

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ
KATEDRA ZAHRADNICTVÍ



MOŽNOSTI EKOLOGICKÉHO PĚSTOVÁNÍ ZELENINY
V CHLADNĚJŠÍCH FÁZÍCH VEGETAČNÍHO OBDOBÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MAREK DRÁPAL

OBOR: EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ (AMEKS)

VEDOUCÍ PRÁCE: DOC. ING. BC. MARTIN KOUDELA, PH.D.

© 2019 ČZU V PRAZE

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci *Možnosti ekologického pěstování zeleniny v chladnějším fázích vegetačního období* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Bc. Martinovi Koudelovi, Ph.D. za obětavé vedení mé diplomové práce a své rodině za trpělivost při jejím vypracování.

Možnosti ekologického pěstování zeleniny v chladnějších fázích vegetačního období

Souhrn

Diplomová práce se zaměřuje na možnosti pěstování zeleniny v chladnějších fázích vegetačního období v systému ekologického zemědělství. Pěstování zeleniny v nevytápěných krytech v zimním období v poslední době získává značnou pozornost mezi ekologickými pěstiteli v USA i v Evropě. Tato práce se věnuje ověření zahraničních postupů v tuzemsku s ohledem na kvalitu i kvantitu produkce.

Za účelem zhodnocení jednotlivých postupů byly založeny maloparcelkové pokusy na venkovních i krytých plochách, na kterých byly ve třech termínech vysety tyto plodiny: špenát setý, kozlíček polníček a batolka prorostlá. Při pěstování byly sledovány a vyhodnocovány vybrané fyzikální veličiny, průběžně vyhodnocován stav porostů a při sklizni bylo provedeno vážení rostlin, stanovení obsahu dusičnanů a vitamínu C.

Z naměřených hodnot vyplývá, že výnosy zeleniny pěstované v chladnějších částech roku v nevytápěných krytech jsou srovnatelné s výnosy polní produkce zeleniny v teplejších fázích vegetace. Nejvyšších výnosů se statisticky věrohodně podařilo dosáhnout v polykarbonátovém krytu a u raných výsevů. Obsah vitamínu C byl mírně podprůměrný, obsah dusičnanů byl v kryté variantě vyšší než na venkovních parcelách.

Dále se ukázalo, že při nedostatku slunečního záření neplní svou funkci techniky dvojitého krytu a další postupy popisované průkopníky pěstování v chladnějších částech roku.

V neposlední řadě se v práci podařilo vytvořit matematicko-fyzikální model, který na základě intenzity slunečního záření a ranní venkovní teploty predikuje teplotu v polykarbonátovém krytu respektive teplotu pod netkanou textilií. Tento model umožňuje z běžně dostupných dat určit, jaký bude průběh teplot při pěstování v chladnějších částech roku ve vybrané lokalitě bez nutnosti stavby krytu a provádění měření.

Klíčová slova

zimní sklizeň, špenát, polníček, batolka, dvojitý kryt, modelování průběhu teploty

Possibilities of organic vegetable production in colder phases of growing seasons

Summary

The master's thesis focuses on the possibilities of growing vegetables in colder phases of growing seasons in the organic farming system. Growing vegetables in the unheated tunnels in the winter time has been receiving considerable attention between organic growers in the US and Europe. This work is devoted to verification of foreign practices in the Czech Republic with regard to the quality and quantity of the production.

In order to evaluate the individual procedures, small-lot trials were established on outdoor and indoor areas where they were planted in three terms these crops: spinach, lamb's lettuce and miner's lettuce. When growing selected physical quantities were monitored and the growth of the plants was evaluated. During harvest, the plants were weighted and the content of the nitrates and ascorbic acid was evaluated.

The measured values show that the yields of vegetables grown in colder parts year in unheated tunnels are comparable to the yield of field vegetable production in warmer stages of vegetation. The highest yields were statistically plausible in polycarbonate tunnel and by early sowing. The content of ascorbic acid was a little lower than average, the content of nitrates was higher under cover than in open field.

Furthermore, it appears that by the deficiency of sunlight the techniques like double cover and other procedures described by the pioneers of growing in the cooler parts of the year are not working properly.

Last but not least, we managed to create a mathematical-physical model which, based on the intensity of sunlight and the morning outdoor temperature, predicts temperature in polycarbonate tunnel or temperature under nonwoven fabric. This model allows us to determine the effectivity of winter-growing in the selected locality.

Keywords

winter harvest, spinach, lamb's lettuce, miner's lettuce, double cover, temperature model

Obsah

1 Úvod	4
2 Cíl práce	5
2.1 Hypotéza	5
3 Literární rešerše	6
3.1 Historie pěstování v zimním období	6
3.1.1 Řecká mytologie	6
3.1.2 Středověk a baroko	6
3.1.3 19. století	6
3.1.4 Počátek 20. století	6
3.1.5 Konec 20. a začátek 21. století	7
3.2 Moderní historie pěstování v nevytápěných krytech v zimním období	7
3.2.1 Four season farm Elliota Colemana (USA)	7
3.2.2 Vídeňské zimní zahrady	7
3.2.3 Česká republika	7
3.3 Vybrané environmentální aspekty pěstování v nevytápěných krytech	8
3.4 Vliv nízkých teplot, větru a intenzity osvětlení na rostliny	8
3.4.1 Účinky chladu a mrazu na zeleninu	9
3.4.2 Vliv délky světelného dne na růst	10
3.5 Choroby a škůdci v zimním období	10
3.5.1 Účinky větru na rostliny v zimním období	10
3.6 Druhy použité pro zimní pěstování	11
3.6.1 Batolka prorostlá (<i>Claytonia perfoliata</i>)	11
3.6.2 Špenát setý (<i>Spinacia oleracea L.</i>)	12
3.6.3 Kozlíček polníček (<i>Valerianella locusta</i>)	13
3.7 Stanovení termínů výsevů pro zimní sklizeň	15
3.8 Ekonomika mimosezónního pěstování	15
3.8.1 Výnosy zimního pěstování na středozápadě USA	16
3.8.2 Zimní produkce jako prostředek komunikace se zákazníkem	17
3.8.3 Cenový průzkum trhu	17

4	Materiál a metodika	19
4.1	Charakteristika stanoviště	19
4.1.1	Poloha	19
4.1.2	Klimatické podmínky	19
4.1.3	Půdní substrát	19
4.1.4	Výsev a výsadba rostlin na pozemcích	19
4.1.5	Nevytápěné kryty a ochranné textilie	20
4.2	Charakteristika rostlinného materiálu	22
4.2.1	Certifikace ekologické produkce	23
4.3	Měření na pozemcích	23
4.3.1	Použitá sběrnice a programové vybavení	23
4.3.2	Měření teploty	23
4.3.3	Relativní měření osvětlení	23
4.3.4	Měření relativní vlhkosti	24
4.4	Laboratorní měření	24
4.4.1	Přesné vážení	24
4.4.2	Měření obsahu dusičnanů a jejich obsah v listové zelenině	24
4.4.3	Měření obsahu kyseliny askorbové	25
4.5	Statistické zpracování dat	25
5	Výsledky	27
5.1	Vzcházivost	27
5.2	Zdravotní stav	27
5.3	Rychlost růstu	28
5.4	Hmotnostní parametry rostlin	30
5.5	Obsah dusičnanů	32
5.6	Obsah vitamínu C	32
5.7	Průběh teplot v pěstební sezóně	33
5.8	Průběh intenzity slunečního záření v pěstební sezóně	34
5.9	Modelování průběhu teplot v polykarbonátovém krytu a pod textilií	35
5.9.1	Modelování průběhu teplot v polykarbonátovém krytu	38
5.9.2	Modelování přestupu tepla přes textilií	39

6	Diskuze	40
6.1	Srovnání výnosu zimního pěstování s běžně dosahovanými výnosy	40
6.2	Obsah dusičnanů	42
6.3	Obsah vitamínu C	43
6.4	Zhodnocení klimatických podmínek v pěstební sezóně	43
7	Závěr	44

1 Úvod

Listová zelenina je i v zimním období běžnou součástí nabídky obchodních řetězců. Jedná se především o zeleninu z dovozu, nebo tuzemskou zeleninu pěstovanou ve vytápěných krytech. Pokud jde o listovou zeleninu z ekologického zemědělství, je nabídka v zimním období velmi omezená a pokud se s ní ve specializovaných prodejnách setkáme, jde výhradně o zahraniční produkci.

Dálková doprava respektive vytápění a osvit skleníků je velmi energeticky náročná záležitost, která jde proti jednomu ze čtyř principů ekologického zemědělství, kterým je vlastní ekologie. Mezi požadavky tohoto principu patří i minimalizace vstupů, která implikuje efektivní využití surovin a energií (Šarapatka et al., 2006).

Logicky tedy vzniká otázka, zda není možné v rámci ekologického zemědělství vyprodukovat i v zimním období listovou zeleninu bez použití výše uvedených vstupů nepříznivých z pohledu životního prostředí.

Při pohledu do zahraniční literatury vidíme, že v USA (Coleman, 2014; Dowding, 2011) i v Rakousku (Palme, 2016) je možné zimní produkce v nevytápěných krytech za určitých podmínek dosáhnout. Tato práce je věnována ověření možnosti pěstování listové zeleniny v zimním období na severu České republiky.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo vyhodnotit možnosti pěstování vybraného sortimentu zeleniny v chladnějším fázích vegetačního období v systému ekologického zemědělství především s ohledem na množství a kvalitu výnosu.

2.1 Hypotéza

Využitím nevytápěných krytých prostor lze při pěstování zeleniny v chladnějším fázích vegetace dosahovat srovnatelných výnosů jako při polní produkci zeleniny v teplejších fázích vegetace.

3 Literární rešerše

3.1 Historie pěstování v zimním období

3.1.1 Řecká mytologie

Z pohledu evropské kulturní tradice je zimní období bráno jako neplodné. Ve starých řeckých bájích a pověstech najdeme příběh o Persefoně, dceři bohyně plodnosti Démétry, která se stala manželkou vládce podsvětí Háda. Hádes si však dívku Persefonu odvezl do podsvětí proti vůli její matky Démétry, která tak litovala ztráty dcery, že se země stala neplodnou. Po vyjednávání došlo k dohodě, díky které Persefona pobývá v podsvětí jen od podzimu do konce zimy. Nicméně pobyt Persefony v podsvětí má na matku Démétru i přes uzavřenou dohodu stále negativní vliv a tak je plodnost omezena jen na období od jara do začátku podzimu (Zamarovský, 2005).

3.1.2 Středověk a baroko

O tom, že pěstování respektive přezimování sazenic zeleniny není v období Persefonina pobytu v podsvětí možné, jsou přesvědčeni zahradníci ještě koncem středověku. Nicméně v úctyhodném 700 stránkovém díle Pflanz-Garten (Rhagor, 1650) nalézáme revoluční zmínku: *Jest všeobecně rozšířen názor, že salát není schopn odolat chladu a ni více překonatí zimu. Zde jsem ale naznal opaku. Uzřel jsem, že na zemině donesené s bulvami řepy jest vyklíčilo semeno, přes zimu rostlina zůstavila zelenou a později v létě velmi velkou stala se.*

Možná že i tato informace přispěla k tomu, že kolem roku 1670 začal slavný vrchní královský zahradník La Quintinie experimentovat s prodlužováním pěstební sezóny s pomocí předchůdců dnešních pařenišť v zahradách zámku ve Versailles (Coleman, 2014).

3.1.3 19. století

Metody započaté na královském dvoře byly dále zdokonalovány do té míry, že kolem roku 1844 najdeme v Paříži 600 ha zeleninových zahrad, ve kterých je i v zimním období pěstována zelenina pod speciálními skleněnými zvony (zvanými *cloches* s průměrem 45 cm) a pařeništními okny. Teplo pro růst zeleniny je zajištěno především tlejícím koňským hnojem. Jeho spotřeba byla obrovská, pohybovala se mezi 200 až 800 tunami na hektar. Aby bylo dosaženo co nejteplejšího klimatu, byl hnůj umisťován i na pěšinky mezi pařeništi. Celý systém byl náročný nejen na velké množství koňského hnoje, ale především na lidskou práci (některá zahradnictví měla až 3000 zvonů). Pařeniště a zvony byly na noc zakrývány slaměnými rohožemi a v případě, že vysvitlo slunce, bylo nutné pařeniště a skleněné zvony větrat, aby nedošlo ke spálení rostlin (Moreau et al., 1844).

3.1.4 Počátek 20. století

Na počátku 20. století začíná francouzský systém zimního pěstování (tou dobou již hojně rozšířený i v Holandsku) přitahovat pozornost zejména ve Velké Británii, kam je z Francie po celou zimu vyváženo nemalé množství hlávkového salátu. De facto nic nebrání tomu, aby byl

systém okopírován. Při pozdějším zkoumání se dokonce ukázalo, že obdobný systém zřejmě v Británii fungoval od konce 17. století, ale začátkem 19. století byl v souvislosti s rušením zahrad v Londýně zapomenut (Coleman, 2014). Dalšímu rozvoji zimního pěstování tedy zdánlivě nic nestojí v cestě. Opak je však pravdou. Nebývalý rozmach hromadné i automobilové dopravy znamená prudký pokles počtu koní (především ve městech), což vede k akutnímu nedostatku dostatečného množství koňského hnoje. Současně rychle klesá výměra zemědělské půdy uprostřed měst z důvodu přeměny na stavební pozemky.

3.1.5 Konec 20. a začátek 21. století

V průběhu 20. století dochází k postupné transformaci na práci a hnůj náročných teplých pařenišť na uměle hnojené vytápěné skleníky. Ačkoliv se tyto přístupy dlouho prolínají, koncem dvacátého století najdeme naprosté minimum komerčních zahradnictví, která by zimní produkci stavěla na technikách Paříže 19. století.

Kruh se však začíná pomalu uzavírat, začíná se ukazovat, že neomezený růst není možný, protože lidstvo začíná narážet na samé limity planety Země a na vyčerpateľnost zdrojů. Objevují se tedy první průkopníci, kteří znovu objevují možnosti šetrného zimního pěstování zeleniny bez závislosti na vytápění a dopravy poháněné fosilními palivy (Coleman, 2014).

3.2 Moderní historie pěstování v nevytápěných krytech v zimním období

3.2.1 Four season farm Elliota Colemana (USA)

Za celosvětově nejaktivnějšího znovuobjevitele a propagátora pěstování zeleniny v nevytápěných krytech je možno považovat amerického zahradníka Eliota Colemana (Palme, 2016), který od 70. let 20. století pátrá po starých technikách zimního pěstování a dodnes je zdokonaluje. Je autorem dnes již běžně využívaných dvojitých krytů, kalendářů pro zimní výsevy i dalších vynálezů souvisejících s pěstováním zeleniny.

3.2.2 Vídeňské zimní zahrady

V Evropě, kterou je možné právem považovat za kolébku zimního pěstování zeleniny, aktuálně úřaduje v pozici největšího propagátora rakouská vyšší odborná škola a výzkumný institut pro zahradnictví v Schönbrunnu, kde pod vedením Wolfganga Palmeho probíhá celá řada výzkumných záměrů (Theurl, 2019). . Tématem zimního pěstování především z pohledu vhodnosti jednotlivých odrůd se zabývá i rakouská genová banka Neomova Archa (Suanjak et al., 2009).

3.2.3 Česká republika

V České republice, stejně jako v okolních státech, samozřejmě existuje dlouholetá tradice různých přezimujících kultur zeleniny. Za tímto účelem byla vyšlechtěna řada odrůd, v případě salátu např. odrůda Humil. Běžně se nechávají přezimovat porosty špenátu, některé kultury získávají mrazem jemnější chuť např. růžičková kapusta. Nicméně objem komerční produkce listové zeleniny v zimním období, viděno optikou nabídky v supermarketech, je minimální.

Nelze však říci, že by tomuto tématu nebyla v odborné literatuře věnována pozornost. V polovině devadesátých let vyšla publikace Malý et al., 1996, která se věnuje možnosti produkce chladuodolných a přezimujících zelenin.

3.3 Vybrané environmentální aspekty pěstování v nevytápěných krytech

Jak již bylo naznačeno v úvodu, v rámci ekologického zemědělství není v popředí jen půda, biodiverzita, zdravotní nezávadnost potravin, krajina atp., ale i šetrný vztah ke zdrojům a minimalizace znečištění (Šarapatka et al., 2006). Produkce zeleniny v nevytápěných krytech v zimním období se z pohledu zdrojů respektive produkce skleníkových plynů zdá být velmi šetrná.

Může být zajímavé tuto šetrnost kvantifikovat. Na základě podkladů švýcarské studie, zabývající se ekologickou bilancí produkce zeleniny a ovoce (Zhiyenbek et al., 2017) můžeme konstatovat, že kamionová přeprava jednoho kilogramu zeleniny ze Španělska vyprodukuje zhruba jeden kilogram ekvivalentních emisí oxidu uhličitého. Přepravu letadlem zde raději ani neuvažujeme, dostali bychom se na stejné vzdálenosti k číslům řádově vyšším. Pokud bychom tedy chtěli minimalizovat negativní efekt dálkové dopravy, nabízí se otázka, jak náročná je tuzemská produkce ve vytápěném krytu. V práci Zhiyenbek et al., 2017 se uvádí, že při vypěstování jednoho kilogramu rajčat ve vytápěném krytu ve Švýcarsku se vyprodukuje více než pět kilogramů ekvivalentních emisí oxidu uhličitého. Přitom ve stejném období je v jižním Španělsku k produkci nutné jen půl kilogramu ekvivalentních emisí oxidu uhličitého. Ovšem k produkci listové zeleniny stačí nižší teploty a tak, v závislosti na kultuře a typu krytu dosahují dle rakouské studie Theurl et al., 2017 ekvivalentní emise oxidu uhličitého hodnot od jedné poloviny do tří kilogramů.

Z výše uvedeného můžeme vyvozovat, že místní produkce zeleniny v nevytápěných krytech v zimním období je z pohledu environmentálního šetrná a může ušetřit až 3 kg ekvivalentních emisí oxidu uhličitého na produkci 1 kg zeleniny. Nicméně jak blíže uvádí Theurl et al., 2017 ušetřená energie respektive emise vyprodukované při vytápění, mohou být, zvláště v některých případech, srovnatelně vysoké jako nároky na balení, nebo na individuální automobilovou dopravu jednotlivých kupujících.

Vezmeme-li definici ekologického zemědělství tedy opravdu vážně a do důsledků, měl by ekologický zemědělec myslet nejen na vlastní produkci, ale i na způsob balení a distribuce, protože jak balení tak distribuce může mít srovnatelnou nebo i větší ekologickou stopu než vlastní produkce listové zeleniny. Snaha o maximálně environmentálně šetrnou produkci listové zeleniny v nevytápěných krytech tak může lehce vzít za své. . .

3.4 Vliv nízkých teplot, větru a intenzity osvětlení na rostliny

Každá rostlina má geneticky dané rozmezí teplot, ve kterých je schopna přežít. Při pěstování v zimním období je povětšinou limitující nejnižší teplota, kterou je schopna rostlina vydržet bez poškození, nebo alespoň tak, aby přežila. O tom, že se nejedná o lineární funkci a dalších podrobnostech pojednává kapitola 3.4.1.

Vedle teploty je dalším limitujícím faktorem intenzita osvětlení, jejíž dostatečná úroveň je předpokladem pro fungování procesu fotosyntézy, této problematice je věnována kapitola 3.4.2.

V kapitole 3.5 je rozebrána problematika chorob rostlin typických pro období chladu.

3.4.1 Účinky chladu a mrazu na zeleninu

Nízké teploty z pohledu působení na rostliny je účelné rozdělit na chladné a mrazivé. O chladu hovoříme při teplotách 0–15 °C, o mrazu při teplotách nižších než 0 °C (Sanghera et al., 2011). Mrazíky jsou jedním ze základních omezujících faktorů zemědělské produkce a vyskytují se na 2/3 zemského povrchu (Hampl, 2016). Mráz má ze všech abiotických vlivů největší dopad z pohledu ekonomických ztrát (Snyder et al., 2005).

Rozdělení na chlad a mráz má praktický význam, protože jednou ze základních substancí rostlin je voda, která při teplotách nižších než 0 °C, normálním tlaku a přítomnosti krystalizačních jader tvoří tzv. ledové krystaly. Bez přítomnosti krystalizačních jader zůstává voda tekutou až do -39 °C (Xin et al., 2000).

Rostlinné druhy jsou různě geneticky vybaveny ke snášení stresu z chladu a mrazu. Zatímco většina tropických rostlin nekrotizuje při teplotách pod 10 °C, existuje řada rostlin, které po aklimatizační fázi, kdy jsou po několik dní rostliny vystaveny nízkým teplotám (typicky 2–6 °C) jsou schopny přežít mrazivé teploty až -60 °C (Xin et al., 2000; Guo et al., 2018).

Rostliny, které jsou vystaveny teplotám nižším, než je jejich teplotní optimum, obecně vykazují zpomalení metabolismu a dochází u nich ke změně struktury a funkce enzymů a buněčných membrán. Rostliny jsou schopny se na tento stav aklimatizovat celou řadou mechanismů, které vedou k plnému obnovení buněčných funkcí ovšem za cenu vyšší energetické náročnosti některých procesů (Yadav, 2010).

Spuštění procesu aklimatizace na nízké teploty není zatím zcela uspokojivě vysvětleno, ale důležitou roli v aktivaci tohoto mechanismu hrají ionty vápníku Ca^{2+} , jejichž koncentrace v cytoplazmě narůstá. Tento nárůst je způsoben změnami na buněčné membráně vyvolané chladem a jeho důsledkem je exprese COR (cold responsive) genů a další kaskády aklimatizačních procesů (např. změna gradientu auxinu), často specificky vázaných na daný rostlinný druh (Lissarre et al., 2010; Rahman, 2013).

Jedním ze zásadních důsledků aklimatizace rostlin na nízké teploty je zvýšení koncentrace metabolitů (sacharidů, proteinů, lipidů, kyselin) v extracelulárním prostoru (Proietti et al., 2009). Vlivem osmotického tlaku se do tohoto prostoru také dostane značná část vody z intracelulárního prostředí. V závislosti na koncentraci metabolitů v extracelulárním prostředí se posouvá hranice mrznutí kapaliny pod bod mrazu. Je-li tato hranice díky mrazivým teplotám překročena, začne docházet ke tvorbě krystalů ledu. Následkem krystalizace je vytvářen na intracelulární prostředí velmi silný osmotický tlak, který např. při -10 °C dosahuje -11,6 MPa, což má za následek, že z intracelulárního prostředí je vytaženo 90% osmoticky aktivní vody. V závislosti na míře vysušení buněk dochází ke změně tvaru, invaginaci nebo rozpadu buněčné membrány. Při ohřátí nastává opačný proces, kdy se voda tlačí do intracelulárního prostředí a pokud je tento proces příliš rychlý, dochází opět k poškození buněčné membrány (Xin et al., 2000; Tarkowski et al., 2015).

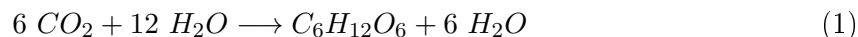
V poslední době se podařilo identifikovat celou řadu COR genů a experimentálně pomocí genové manipulace zvýšit odolnost vůči chladu a mrazu u některých rostlin (Sanghera et al., 2011; Lissarre et al., 2010; Xin et al., 2000; etc.). V ekologickém zemědělství je ale genová manipulace zakázána.

Pro praxi z výše uvedených fakt vyplývá, že pro úspěšné překonání mrazu potřebují rostliny, aby předcházela epizoda chladu. Současně prudký pokles, ale i nárůst teploty u něhož dojde

k překročení hranice 0 °C jedním či druhým směrem má na rostliny letální účinky. Z pohledu kvality produkce může mít chlad a mráz na rostliny pozitivní vliv. Vlivem chladu dochází například ke zvýšení obsahu cukrů, vitamínu C nebo zjemnění struktury, což má vliv na zlepšení chuti. Díky těmto změnám, je zelenina sklízená v období chladu a mrazu u konzumentů oblíbená (Hampl, 2016; Perkons, 2017).

3.4.2 Vliv délky světelného dne na růst

Sluneční záření je, při vyloučení umělého osvětlení, jediný zdroj energie, který umožňuje rostlinám syntézu cukru pomocí fotosyntézy:



Se zvyšující se vzdáleností od rovníku směrem k pólu vzrůstá maximum absolutní hodnoty rozdílu délky dne a noci. I v chladnějších regionech je maximum růstu synchronizováno s nejdelším světelným dnem a nikoliv se dny s nejvyšší (optimální) teplotou (Rossi et al., 2006).

Experimentálně bylo vypořádováno, že běžné zeleninové druhy značně omezují růst, klesne-li délka světelného dne pod hranici 10 hodin (Coleman, 2014). Jedná se ale o praktické pozorování, při kterém nedošlo k eliminaci vlivu nízkých teplot, které značně ovlivňují metabolismus rostlin. Kompromis mezi omezením metabolismu a zvýšením odolnosti vůči chladu a mrazu je zatím nevysvětlenou otázkou biologie rostlin (Guo et al., 2018).

Vlastní délka světelného dne ve středoevropském regionu v období kolem zimního slunovratu jen velmi málo koreluje s počtem hodin slunečního svitu (Beranovský, 2004). Bylo by tedy vhodnější rychlost růstu vztahovat ne k délce světelného dne, ale spíše k denním úhrnům slunečního svitu.

3.5 Choroby a škůdci v zimním období

Nízké teploty v zimním období na jedné straně eliminují výskyt některých škůdců a chorob, na druhou stranu mohou patogeny na rostliny působit mnohem delší dobu díky prodloužení vegetační doby (Wenz et al., 2012).

Hlavním problémem v zimním období bývají houbové choroby. Nízké teploty jejich růst zpomalují, ale nezastavují (Clarkson et al., 2014). Na druhou stranu dochází častěji ke kondenzaci vody na rostlinách a zejména v krytech dosahuje relativní vlhkost vysokých hodnot což podporuje růst a klíčení houbových patogenů (Palme, 2010). Na listové zelenině se tak velmi často i v zimním období šíří plísně *Sclerotinia sclerotiorum* (Clarkson et al., 2014; Suanjak et al., 2009).

Na stanovištích s hůře propustným podložím se zejména v jarním období v souvislosti s přemokřením půdy mohou vyskytnout různé choroby kořenů (Wenz et al., 2012).

3.5.1 Účinky větru na rostliny v zimním období

Vítr má na rostliny v zimním období převážně negativní vliv. Způsobuje vysoušení rostlin, které již většinou vlivem chladu trpí stresem z nedostatku vody. Vysouší i půdu, která v mrazu není schopná přijímat vláhu (Ritchie, 1972).

Vítr působí na rostliny silou, která vede k mechanickému namáhání nadzemních částí rostliny. Při silnějším větru může snadno dojít k nevratnému poškození zmrzlých rostlin (Palme, 2016).

3.6 Druhy použité pro zimní pěstování

3.6.1 Batolka prorostlá (*Claytonia perfoliata*)

Listová zelenina pro podzimní, zimní a časně jarní pěstování. Pochází ze Severní Ameriky, kde roste od podzimu do jara jako podrost v listnatých lesích. Vytváří přízemní růžice, které je možno opakovaně sklízet. Listy s květem jsou velmi dekorativní. Na půdu je batolka velmi nenáročná, jedná se o plodinu II až III trati.



Obrázek 1: Batolka prorostlá – *Claytonia perfoliata* (vlastní snímek).

Batolka nachází využití především ve studené kuchyni jako složka míchaných salátů. Chuť listových růžic je osvěžující, mírně nakyslá.

Před výsevem se půda prokypří tak, aby vznikl dobře urovnaný a drobtovitý povrch.

Batolku pěstujeme z přímých výsevů nebo ze sadby, kterou předkličujeme v lednici v případě, že venkovní teplota je vyšší než 12°C (Palme, 2016). Spon výsadby volíme v rozsahu 10x10 až 15x15 cm. Semeno o HTS 1 g je velmi jemné, abychom předešli příliš hustým výsevům v případě ručního setí je vhodné jeho míchání s jemným křemičitým pískem. Batolka patří mezi nejvíce mrazuodolné zeleniny, bez obtíží zvládá teploty kolem -20°C. Při nedostatečném zásobování listů vodou např. při déle trvajících mrazech nebo větrech dochází ke změně zabarvení listů ze zelené na červenou.

Případnému zaplevelení předcházíme plečkováním a okopáváním.

Počáteční růst je pomalý, listová růžice roste pomalu, optimální sklizňová zralost je asi po 8-10 týdnech. Pokud se tato fáze promešká, začnou se rychle prodlužovat řapíky listů a konzumace takto rozložitých listů je obtížná. Od konce března začíná batolka kvést, semena rychle dozrávají a rostlina má silné sklony k samovýsevu.

- Pro klíčení je nutná teplota nižší než 12°C.
- Zejména v zimním období je třeba dbát na to, aby půda nebyla přemokřena.

3.6.2 Špenát setý (*Spinacia oleracea* L.)

Listová zelenina z čeledi laskavcovitých (*Amaranthaceae*) původem z oblasti Kavkazu. Jednoletá dlouhodobní rostlina s velmi málo rozvinutým křovitým kořenem zasahujícím až 0,4 m hluboko. Původně se jedná o dvoudomé rostliny, šlechtěním ale byly získány jednodomé kultivary (Petříková et al., 2012).



Obrázek 2: Špenát setý – *Spinacia oleracea* L. (vlastní snímek).

Z pohledu teplot je špenát nenáročný, klíčí od 2 do 30°C, roste od 5 do 24°C, optimum je 15-18°C. Velmi dobře snáší teploty hluboko pod bodem mrazu (-20°C). Jedná se o rostlinu druhé trati, která vyžaduje lehké propustné písčitohlinité půdy s vysokým obsahem humusu a půdní reakci v rozsahu 6,5-7,5. Vzhledem k vysokému transpiračnímu koeficientu je špenát velmi náročný na půdní vláhu.

Špenát nachází využití především v teplé kuchyni, kdy se listy zapékají nebo dusí, ale je možné jej využít i ve studené kuchyni pro přípravu salátů. Listy špenátu obsahují velké množství chlorofylu, kyseliny listové, křemičité a šťavelové. Kyselina šťavelová je z pohledu zdravé výživy problematická z důvodu schopnosti vázat v těle vápník, nicméně její obsah 2 g/kg špenátu nepředstavuje při konzumaci běžného množství riziko. Účinky kyseliny šťavelové je možné snížit přidáním mléka či smetany. Špenát patří mezi rostliny, které při silném vyhnojení snadno kumulují velké množství dusičnanů.

Před výsevem se půda prokypří tak, aby vznikl dobře urovnaný a drobtovitý povrch. Vhodné je provést přípravu půdy i výsev v jedné operaci použitím secích kombinátorů. Klíčivost si semena o HTS 8-12 g udržují 4-5 let.

Špenát pěstujeme z přímých výsevů. Můžeme jej vysévat ve třech termínech, na jaře tj. od konce února do začátku dubna pro sklizeň v květnu až červnu, od konce července do poloviny srpna pro sklizeň od září do listopadu a od konce září do poloviny října pro přezimující kultury

sklizené příštím rokem v březnu až dubnu. Vegetační doba 45-70 dní činí ze špenátu skvělou předplodinu respektive následnou plodinu.

V ekologickém zemědělství je důležité pěstování na nezapleveleném pozemku, aby se omezilo náročné ruční pletí resp. třídění při sklizni. Vhodné je provést jedno či dvě plečkování. Špenát se sklízí v době, kdy mají listové růžice 5-9 listů. Výnos činí 8-15 tun na hektar.

- Dlouhodobější pokles teplot pod 5°C může vést k předčasnému vykvetení.
- Nedostatek vláhy a vysoké teploty urychlují nástup kvetení.
- Při výsevu v letním období vytváří pouze velmi malou listovou růžici, proto je vhodnější v tomto termínu vysévat novozélandský špenát (čtyřboč).
- V případě, že odřízneme listovou růžici 2-3 cm nad srdíčkem rostliny, špenát znovu obrazí a můžeme tak dosáhnout opakované sklizně.
- Špenát je velmi citlivý na utužení půdy, které často vzniká na těžkých zavlažovaných půdách. Utužení je signalizováno zpomalením růstu a ztrátou barvy.
- Rostliny jsou citlivé na nedostatek půdního kyslíku v důsledku přemokření při zálivce.
- Špenát pěstovaný v zimním období a sklizený při nízkých teplotách má vynikající nasládlou chuť.

Mezi choroby a škůdce špenátu patří:

- plíseň špenátu - *Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae* - nejzávažnější choroba špenátu, která se projevuje žlutými skvrnami na vrchní straně listů a šedofialovým povlakem na spodní straně, vyvolává hořknutí špenátu
- antraknóza (skvrnitost) špenátu - *Davidiella variabile* - vytváří okrouhlé hnědé skvrny na listech
- mšice maková - *Aphis fabae* - škodí přenášením virů a sáním rostlinných šťáv, což vede k deformaci rostlin
- květilka řepná - vykusování listů a chodbiček v rostlinách

Matadorem v nabídce odrůd osivářských firem je odrůda špenátu Matador. Pro zimní pěstování je zvláště vhodná odolná odrůda Verdil (Palme, 2016).

3.6.3 Kozlíček polníček (*Valerianella locusta*)

Listová zelenina z čeledi kozlíkovité (*Valerianeaceae*) původem z oblasti Středomoří. Jednoletá dlouhodobě rostlina s nízkým vzrůstem (Petříková et al., 2012).

Z pohledu teplot je polníček velmi nenáročný, roste i při teplotách těsně nad bodem mrazu. Dobře snáší teploty hluboko pod 0°C. Jedná se o rostlinu druhé až třetí trati, která vyžaduje lehké půdy se slabě kyselou půdní reakcí (pH 6,5-7). Fotografie rostliny je na obrázku 3.



Obrázek 3: Kozlíček polníček – *Valerianella locusta* (vlastní snímek).

Polníček nachází využití především ve studené kuchyni ve formě salátů. Sklizené lisové růžice obsahují řadu vitamínů a minerálních látek.

Před výsevem se půda prokypří tak, aby vznikl dobře urovnaný a drobtovitý povrch. Semena o HTS 0,8-2g si udržují klíčivost po dobu 3-4 let. Po výsevu dbáme na řádnou zálivku, protože zpočátku je polníček velmi náročný na půdní vláhu.

Polníček pěstujeme z přímých výsevů nebo ze sadby. Můžeme jej vysévat ve třech termínech, na jaře tj. od začátku února do začátku března pro sklizeň v květnu až červnu, od konce července do poloviny srpna pro sklizeň od září do listopadu a začátkem září pro přezimující kultury sklizené příštím rokem v únoru až dubnu.

Případnému zaplevelení předcházíme řádně zapojeným porostem (spon 3x12-20 cm) a plečkováním.

Výnos polníčku po 60-120 dnech vegetace (dle termínu výsevu) je 8-12 t/ha.

- Kozlíček polníček je velmi citlivý na zasolení půdy.
- V zimním období omezíme hnojení na minimum, abychom předešli akumulaci nitrátů v rostlinách.
- Pro urychlení vzházení je vhodné osivo hydratovat po dobu 30 hodin.
- Letní výsevy nakrýváme textilií pro zlepšení vzházení (náročnost na vláhu) a ochranu před škůdci.

Mezi choroby a škůdce polníčku patří:

- mšice - přenáší virózy, sají na rostlinách, deformují tvary rostlin, pokrývají listy medovicí
- *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* - plíseň napadající listy

Pro zimní pěstování je zvláště vhodná odolná odrůda Vit (Palme, 2016).

3.7 Stanovení termínů výsevů pro zimní sklizeň

S nastupujícím zimním obdobím se výrazně zkracuje délka dne a teploty klesají často hluboko pod bod mrazu. Tyto faktory významně ovlivňují fotosyntézu a růst rostlin. Jen několik málo druhů rostlin jako je batolka prorostlá, špenát setý, kozlíček polníček či čínská hořčice jsou schopny růstu i při několika málo stupních nad nulou (Coleman, 2012), ostatní rostliny svůj růst zastavují takřka úplně. Z tohoto důvodu je nutno při plánování termínů výsevů počítat s tím, že v období chladu a temna dojde prakticky k zastavení růstu. To je sice na první pohled nevýhoda, ovšem na stranu druhou se z pohledu sklizňového okna jedná o značnou výhodu. Výsev stačí načasovat tak, aby při zastavení růstu byla plodina takřka připravená ke sklizení. Vlastní sklizeň může proběhnout kdykoliv v tomto období zpomaleného či zastaveného růstu. Coleman, 2014 uvádí jako kritickou hranici zastavení růstu dobu, kdy se doba od východu slunce po jeho západ zkrátí pod 10 hodin.

Na obrázku 4 je graf adaptovaný z práce Coleman, 2014, který vychází z dlouhodobých pozorování z farmy Eliota Colemana, která leží ve státě Maine v USA. Na grafu jsou dvě křivky, jedna pro nevytápěný skleník, druhá pro skleník, který je vytápěn minimalisticky tak, aby v něm nemrzlo. Tyto křivky jsou pouze pro jedinou kulturu, která má v ideálních podmínkách vegetační dobu pouhých 35 dní. Práce s grafem probíhá následovně. Nejprve si zvolíme jaký druh krytu využijeme a dle toho zvolíme křivku. Dále určíme termín, kdy chceme kulturu sklídit. Tento termín vyhledáme na příslušné křivce, v tomto bodě odečteme ze svislé osy datum výsevu a volitelně z osy vodorovné odečteme délku vegetační doby. Obecně lze konstatovat, že v nejméně příznivém období se vegetační doba v nevytápěném skleníku prodlužuje čtyřnásobně, v temperovaném skleníku trojnásobně.

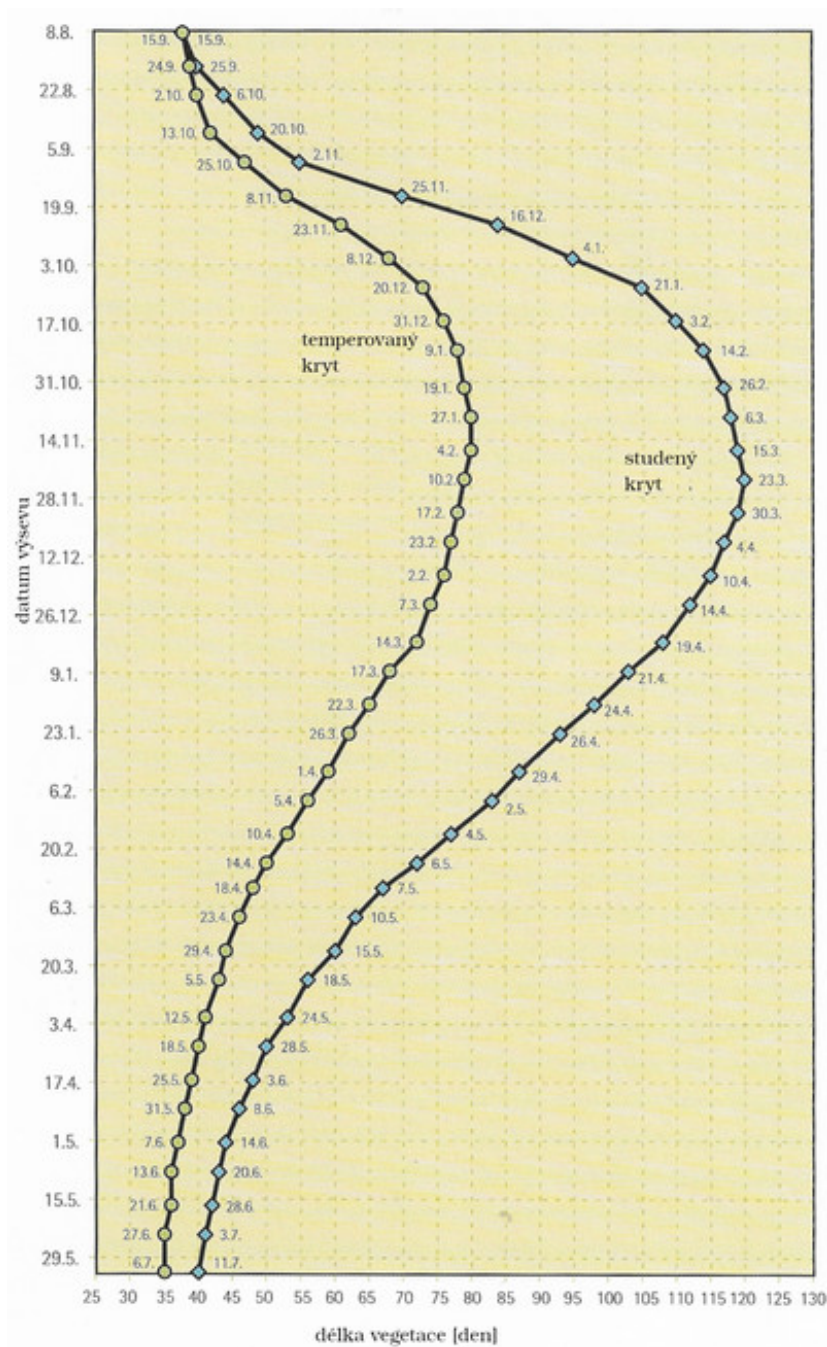
Po přečtení monografií Coleman, 2014 a Palme, 2016 lze lehkou nabýt dojmu, že hlavním limitujícím faktorem zimního pěstování je délka světelného dne. Autoři totiž počítají zcela samozřejmě s tím, že, až na výjimky, přes den svítí slunce. V prosinci a v lednu svítí slunce na farmě Eliota Colemana v průměru téměř 5 hodin denně, na pozemcích Wolfganga Palmeho téměř 3 hodiny denně. V ČR je situace značně jiná, dle Beranovský, 2004 svítí slunce na řadě míst (v prosinci a v lednu) jen půl hodiny denně. Jedná se samozřejmě o průměr, ve skutečnosti tedy slunce vysvitne jen pár dnů v měsíci.

Slunce je přitom hlavním zdrojem energie a pokud nesvítí, nepomůže ani dvojitá či trojitá izolace a kultury trvale zamrznou. V krátkých epizodách, kdy slunce vysvitne, nedodá tolik energie, aby došlo k rozmrznutí hluboce promrzlé půdy. . .

3.8 Ekonomika mimosezónního pěstování

V obecné rovině může být mimosezónní pěstování zeleniny pro řadu podniků ekonomicky zajímavé, protože běžně bývají v tomto období pěstební plochy nevyužity a zároveň trh s lokálně produkovanou zeleninou vykazuje velmi vysoký převis poptávky nad nabídkou.

I z pohledu personálních nákladů může být zimní pěstování velmi výhodné pro podniky, které mají stále kmenové pracovníky, pro které v zimním období často nemají dostatečné uplatnění. Jejich práce při zimním pěstování tedy nijak nezvyšuje stranu nákladů.



Obrázek 4: Graf pro výpočet data výsevu (adaptace z práce Coleman, 2014).

3.8.1 Výnosy zimního pěstování na střeozápadě USA

Podrobněji se ekonomikou zimního pěstování v USA zabývá práce Hecher et al., 2014, ve které jsou porovnány tři varianty krytů pro zimní pěstování salátu a špenátu: jednoduchý foliovník, foliovník s dvojitým pláštěm, který potřebuje pro plnění pláště trvale běžící kompresor a stejný foliovník s dvojitým pláštěm, který je navíc doplněn o černé sudy naplněné vodou. Funkcí sudů

s vodou je akumulace tepla ze slunečního záření přes den a jeho následný výdej v noci. Pokusy probíhaly na čtyřech lokacích, ve dvou výsevních termínech, ve třech opakováních tj. tři roky po sobě.

Zpracování dat proběhlo v ekonomickém simulačním softwaru Risk software ve verzi z roku 2010, jehož výstupem jsou mj. pravděpodobnostní tabulky, které určují pravděpodobnost ziskovosti na základě varianty pěstování, data výsevu a ceny produktu na trhu.

Jako ekonomicky nejjistější se jeví říjnové výsevy salátu i špenátu v jednoduchém foliovníku. Vzhledem k silnému slunečnímu svitu na všech lokalitách se neuplatní výhody vyšší izolace u foliovníku s dvojitým pláštěm, naopak se ekonomicky negativně projeví trvalá spotřeba elektrického kompresoru. Rovněž výhody akumulace tepla nemají takový pozitivní efekt na výnos, aby bylo možno pokrýt ztráty produkce na plochách, kde stojí sudy s akumulacním médiem. Pravděpodobnost ztrátovosti této varianty při cenách 100 Kč/kg dosahuje až 90 procent, zatímco ve stejných podmínkách u jednoduchého foliovníku pravděpodobnost zisku dosahuje téměř 90 procent. U dvojitého foliovníku bez sudů kopíruje pravděpodobnost zisku variantu jednoduchého foliovníku, ale je vždy o pár jednotek procentních bodů níže.

Při interpretaci výsledků studie Hecher et al., 2014 je nutné na prvním místě zohlednit, že v místech pokusů tj. na jihozápadě USA sice v zimním období klesají teploty hluboko pod bod mrazu, ale většina dní je slunečných a tak mají rostliny dostatek světla a díky skleníkovému efektu i dostatek tepla k růstu.

3.8.2 Zimní produkce jako prostředek komunikace se zákazníkem

V dnešní době, kdy je trh zaplaven různými, neustále měnícími se nabídkami a výhodnými slevami, začíná hrát osobní vztah se zákazníkem stále větší roli (Morel et al., 2016). Značně omezí *přelétavost* zákazníka. U běžného zelinářství trvá zimní přestávka v dodávkách na trh půl roku. Díky zimní produkci zeleniny je možné období, kdy zákazník na svého dodavatele *zapomene* prakticky eliminovat na nulu a současně s čerstvou zeleninou je možné na trhu uplatnit trvanlivou zeleninu jako je mrkev, pastináček, celer, brambory, česnek, cibuli atd.

Jak udává Coleman, 2014 další důležitou skupinou zákazníků jsou restaurace, které vyžadují celoroční dodávky zeleniny. V případě lokální produkce je možné realizovat produkci na trhu za mnohem vyšší ceny, než je na globálním trhu běžné.

V zimním období je možné, díky převisu poptávky, uplatnit a trhu v podstatě cokoli, jak je doloženo v monografii Palme, 2016. Palme udává zkušenost jednoho vídeňského zahrádkáře s pěstováním batolky prorostlé. Tuto plodinu, která vytváří listové růžice, je třeba sklídit ve správný čas, jinak má tendenci přerůstat. To se bohužel stalo zmíněnému zahrádkáři, ale ten si zachoval chladnou hlavu, sklídl zvlášť listy a zvlášť dlouhé listové řapíky, které následně prodal za extrémně vysoké ceny pod názvem Spaghetti verde (zelené špagety) do luxusních restaurací po celé Vídni.

3.8.3 Cenový průzkum trhu

V polovině března 2019 byl proveden průzkum cen biozeleniny pěstované v pokusu, která byla aktuálně dostupná na českém trhu. Výsledky šetření jsou shrnuty v tabulce 1, ceny jsou uvedeny včetně DPH.

druh	pěstitel	země původu	prodejce	cena
polníček	Achleitner Biohof	Itálie	Sklizeno	900 Kč/kg
baby špenát	Achleitner Biohof	Itálie	Sklizeno	792 Kč/kg
listový špenát	neuveđen	Itálie	Badeko	210 Kč/kg

Tabulka 1: Ceny vybraného sortimentu biozeleniny v březnu 2019

Jak je vidět, nabídka je velmi omezená. Batolka prorostlá se na našem trhu neprodává vůbec, hledání v německy mluvících zemích rovněž nepřineslo výsledky.

4 Materiál a metodika

4.1 Charakteristika stanoviště

4.1.1 Poloha

Pěstební pozemek se nachází v podhorské obci Kokonín (Jablonec nad Nisou) v nadmořské výšce 540 m.n.m. v široce otevřeném údolí s příznivým mikroklimatem. Průměrná sklonitost pozemku jsou 2° a převládající orientace je jižní. Údolí je otevřeno k západu, z ostatních světových stran je uzavřeno horami. Ačkoliv horské hřbety představují, zvláště v zimním období, překážku pro sluneční paprsky, není tento vliv tak významný pro pozvolnost svahů a vzdálenost hřebenů od pěstebního pozemku. Horská bariéra naopak chrání pozemek před silnějšími větry.

4.1.2 Klimatické podmínky

Pro stanovení průběhu počasí byla využita vlastní meteorologická stanice a další měřící zařízení, která jsou v místě instalována. Výsledky měření jednotlivých veličin za zimní období 2018/2019 jsou uvedeny v oddílech 5.7 a 5.8.

4.1.3 Půdní substrát

Půdní substrát spolu s vodním režimem, teplotou a slunečním zářením hraje zásadní roli pokud jde o růst rostlin. Obsah živin, půdní reakce, koncentrace mikroprvků, humusu a edafonu výrazně ovlivňuje úrodnost stanoviště a tím pádem i případných pěstebních pokusů (Vaněk, 2012). Proto bylo při přípravě pokusu použito značné množství na pozemku deponované, strojně homogenizované ornice, která byla rozprostřena na pěstebních plochách v mocnosti minimálně 15 cm. Tato operace umožnila vytvoření naprosto totožných pěstebních podmínek pokud jde o půdní substrát a tím pádem obsah makro- a mikroprvků. ; Obsah základních živin v zemině byl určen rozborem v laboratoři Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i standardním výluhem dle Mehlicha III a následně pomocí emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Odběr byl proveden v polovině prosince 2018. Výsledky rozboru jsou zachyceny v tabulce 4.1.3. Obsah dusíku, vzhledem k datu odběru, nebyl laboratoří stanoven.

pH (KCl)	C _{ox}	humus	Ca	K	Mg	P
[-]	[%]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
7,43	2,27	3,9	4969	1199	423	227

Tabulka 2: Výsledky půdního rozboru

4.1.4 Výsev a výsadba rostlin na pozemcích

Část výsadby a následných výsevů byla provedena do nevytápěného krytu (podrobnosti jsou uvedeny v následujícím oddílu), část na venkovní záhon. Vzhledem k tomu, že v nevytápěném

krytu dochází k významnějším rozdílům pokud jde o teplotní, světelné a vláhové podmínky, bylo překročeno k rozdělení pozemku na čtyři parcely a každá z nich byla osázena či oseta pomocí metody randomizovaných bloků o rozměrech 12 x 6 buněk. Použitý randomizovaný blok je zachycen v tabulce 3. Čtyři parcely v nevytápěném krytu byly označeny čísly 1 až 4. Parcely číslo dvě a tři, které spolu sousedí v jediném bodě byly zakryty netkanou textilií. Měření teploty půdy a vzduchu (viz příslušný oddíl) bylo prováděno na parcelách dva a čtyři. Výsevy resp. výsadby jsou v dokumentaci kódovány formátem X.Y, kdy X značí číslo parcely a Y číslo v randomizovaném bloku. Spon rostlin v polykarbonátovém krytu byl 20x20 cm. V případě venkovního záhonu byl výsev proveden lineárně, protože rozdíly v teplotě, oslunění nebo vláhovém režimu byly naprosto minimální.

1	4	7	1	6	9
1	4	7	1	6	9
1	4	7	1	6	9
1	4	7	1	6	9
4	2	5	8	2	7
4	2	5	8	2	7
4	2	5	8	2	7
4	2	5	8	2	7
8	5	3	6	9	3
8	5	3	6	9	3
8	5	3	6	9	3
8	5	3	6	9	3

Tabulka 3: Randomizovaný blok použitý pro výsev na pěstebních parcelách.

Výsevy byly provedeny ve třech termínech. První termín 9.9.2018 byl proveden do sadbovačů, protože jak v polykarbonátovém krytu tak na venkovním záhoně rostly ještě předplodiny a jedním z cílů pokusu bylo využít pozemky mimo standardní pěstební dobu. V případě batolky prorostlé byl výsev do sadbovače nutný, protože klíčí až při teplotách nižších než 12 stupňů Celsia. Z tohoto důvodu byl sadbovač umístěn do lednice, kde batolka úspěšně vyklíčila. Výsadba sazenic proběhla 1.10.2018 a hned následující den došlo k výsevu druhé vlny. Poslední vlna výsevů proběhla 23.10.2018. Výsevy i výsadby probíhaly vždy v rozmezí daného dne to jak v nevytápěném krytu tak i na venkovním záhonu. Data výsevů pro nevytápěný kryt jsou zachycena v tabulce 4.

Jak již bylo výše uvedeno, na venkovním záhonu probíhal výsev lineárně, do řádků. Délka jednotlivých řádků byla kolem 6 metrů v případě výsevů špenátu a polníčku, výsadba sazenic a výsevy batolky byly kolem 3 metrů délky. Meziřádková vzdálenost byla kolem 30 centimetrů. Venkovní výsevy byly rozděleny na dvě parcely označené číslicí 1 a 2, přičemž parcela číslo jedna byla nakryta netkanou textilií.

4.1.5 Nevytápěné kryty a ochranné textilie

V současné době je v praxi používána celá řada krytů. Nejhojněji jsou zastoupeny polyetylenové kryty, které jsou většinou jednovrstvé. Používají se i dvouvrstvé polyetylenové kryty,

batolka 9.9.	polníček 9.9.	špenát 9.9.	batolka 2.10.	polníček 2.10.	špenát 2.10.	batolka 23.10.	polníček 23.10.	špenát 23.10.
2.5	2.1	2.7	2.3	2.8	2.4	2.6	2.2	2.9
1.6	1.2	1.8	1.4	1.9	1.5	1.7	1.3	1.1
3.7	3.3	3.9	3.5	3.1	3.6	3.8	3.4	3.2
4.8	4.4	4.1	4.6	4.2	4.7	4.9	4.5	4.3

Tabulka 4: **Umístění a data výsevu v nevytápěném krytu**

První řádek tabulky označuje kulturu, druhý řádek datum výsevu v roce 2018 a řádky tři až šest kódují umístění v nevytápěném krytu, přičemž první číslice značí číslo parcely a druhá umístění vždy osmi rostlin v rámci randomizovaného bloku (viz tabulka 3).

jejichž výhodou je vyšší izolační schopnost, naopak nevýhodou je energetická náročnost tlakovacího zařízení.



Obrázek 5: Polykarbonátový kryt (vlastní snímek).

Vzhledem ke značnému množství sněhových srážek byl pro zimní pěstování použit polykarbonátový kryt o rozměrech 3x6 metrů s kostrou ze žárově zinkované ocelové konstrukce. Fotografie použitého krytu je na obrázku 5.

Opláštění krytu je provedeno z 6 mm polykarbonátových desek, které splňují náročný potravinářský atest. Použití kvalitního polykarbonátu je důležité, protože tato velmi stabilní látka se vyrábí z velmi nebezpečných sloučenin jako je bisfenol-A a fosgen.

Pro nakrytí vybraných ploch byla využita bílá netkaná polypropylenová textilie s plošnou hmotností 19 g/m² od společnosti Rosteto. Na venkovním záhoně byla položena přímo na kulturu, v krytu byla položena na oblouky z betonářské oceli o průměru 6 mm. Výsledná podoba je na obrázku 6.



Obrázek 6: Netkaná textilie upevněná na ocelových obloucích (vlastní snímek).

4.2 Charakteristika rostlinného materiálu

Pro výsevy bylo použito certifikované biosivo od rakouské společnosti ReinSaat. Osivo bylo dodáno v srpnu 2018. Při výběru osiva byly voleny odrůdy, které jsou maximálně odolné chladu a mrazu:

- Kozlíček polníček **Vit** – velmi rychle rostoucí odrůda, která je velmi vhodná pro podzimní a zimní pěstování. Velmi výnosná při pěstování v krytech. HTS 1,3 g, výsevek 200 g/ar (Reinsaat, 2019).
- Špenát setý **Winterriesen Stamm Verdil** – rychle rostoucí odrůda, která tvoří velké růžice se silnými listy. Vyniká aromatickou chutí, která jej předurčuje k použití v salátech. Vhodný k přezimování. HTS 13-15 g, výsevek 300-400 g/ar (Reinsaat, 2019).
- Batolka prorostlá – velmi odolný druh vhodný pro zimní pěstování v nevytápěných krytech. Kultivace by měla probíhat ve stínu. HTS 0,61 g.

4.2.1 Certifikace ekologické produkce

Pokus byl veden na zelinářské zahradě, která se momentálně nachází v přechodném období ekologického zemědělství. Přechodné období pozemku začalo 15. října 2017 a trvá tři roky. I v přechodném období jsou dodržovány všechny zásady ekologického zemědělství (Konvalina et al., 2007). Kontrolu hospodaření provádí organizace Biokont CZ-BIO-003. Pozemek je součástí biohospodářství Kokonín – <https://www.biohospodarstvi.cz/>.

4.3 Měření na pozemcích

4.3.1 Použitá sběrnice a programové vybavení

Pro měření na záhonech i v polykarbonátovém pěstebním krytu byla využita komunikační sběrnice 1-Wire vyvinutá společností Dallas Semiconductors. Vyčítání ze sběrnice 1-Wire a ukládání dat bylo realizováno na hardwaru Banana Pi R1 čínské společnosti Shenzhen Sinovoip Co. Ltd. pod operačním systémem Debian GNU/Linux 8 (jessie).

Vyčítání sběrnice po softwarové stránce bylo zajištěno programem OWFS (open 1-wire file system) a ukládáno do CSV (comma-separated values = středníkem oddělené hodnoty) souboru pomocí logovacího softwaru collectd.

4.3.2 Měření teploty

Veškeré měření teploty bylo realizováno pomocí teploměru DS18B20 vyráběného společností Maxim Integrated (dříve Dallas Semiconductors). Použitá verze polovodičového teploměru je integrována do nerezové hlavice a následně vodotěsně napojena na kabel. Teploměr pracuje v rozsahu od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v oblasti od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ má přesnost $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Data byla vyčítána a ukládána v rozlišení 12 bitů.

Teplota byla měřena celkem sedmi teploměry. Byla měřena teplota půdy v 5 cm pod povrchem a to na těchto místech: ve skleníku na nezakrytém záhoně, ve skleníku na záhoně zakrytém a na venkovním záhoně. Dále byla měřena teplota vzduchu 5 cm nad povrchem půdy a to na těchto místech: ve skleníku na nezakrytém záhoně, ve skleníku na záhoně zakrytém a na venkovním záhoně. Dále byla měřena teplota vzduchu ve výšce 3 m nad povrchem země. Tato naposledy zmíněná teplotní sonda je součástí místní meteorologické stanice sloužila pouze pro referenční měření.

4.3.3 Relativní měření osvětlení

Relativní měření osvětlení s využitím sběrnice 1-Wire bylo realizováno pomocí modulu UNICA společnosti Sedtronic. Tento modul využívá fototranzistor ELPT15, který je kalibrován tak, že hodnota 100% odpovídá stavu, kdy je slunce nad obzorem za podmračeného počasí. Získaná data tedy velmi dobře korelují s délkou světelného dne, ale nejsme pomocí nich schopni rozlišit intenzitu slunečního osvětlení.

Abychom mohli stanovit délku slunečního záření za bezmračného počasí, bylo nutno využít data z fotovoltaických panelů umístěných na pozemku. Z dlouhodobých výsledků měření byla

pro tuto fotovoltaickou elektrárnu stanovena hranice, jejíž překonání odpovídá jasné slunečné obloze. Bylo tak možné přesně spočítat délku slunečního svitu za jasných dní.

4.3.4 Měření relativní vlhkosti

Relativní vlhkost byla měřena opět s využitím sběrnice 1-Wire a modulu UNICA společnosti Sedtronic. Výstupem z měření jsou hodnoty 0-100%. Přesnost měřicího modulu a použitého integrovaného obvodu se nepodařilo dohledat.

4.4 Laboratorní měření

4.4.1 Přesné vážení

Za účelem přesného vážení byla použita přesná laboratorní váha Superior Mini Digital Platform Scale od čínské společnosti CX umožňující kalibraci. Měřicí rozsah váhy je od 0 do 500 gramů, přesnost měření je jedna setina gramu. Před začátkem i v průběhu měření byla prováděna kontrola opakovatelnosti a přesnosti měření pomocí 50 gramového referenčního závaží.

Vzhledem k tomu, že vážení probíhalo přímo v terénu okamžitě po sklizni plodin, byl použit nivelizační stolek pro vodorovné umístění váhy a v případě venkovního měření ještě větrná clona, která zaručila vysokou relativní přesnost vážení i při vážení velmi malých hmotností.

4.4.2 Měření obsahu dusičnanů a jejich obsah v listové zelenině

Pro měření obsahu dusičnanů byl použit systém Reflectoquant od společnosti Merck, který se skládá z reflektometru RQflex 10 a testovacích proužků. Měření pracuje na principu fotometrie, kdy je přístrojem vyhodnocena intenzita a spektrum záření odraženého od dvou plošek napuštěných reakčním činidlem umístěných na testovacích proužcích. Pro stanovení dusičnanů (NO_3^-) byly využity analytické proužky s citlivostí 5-225 mg/l NO_3^- a přesností měření 10% (Merck, 2019).

Analyzovaný vzorek byl nejprve odvážen na přesných analytických vahách a následně umístěn do kádinky. Ke vzorku bylo přilito přesně odměřené množství destilované vody a to v takovém poměru, abychom se pohybovali v rozmezí citlivosti analytických proužků. Vycházeli jsme při tom z odhadu obsahu dusičnanů v listové zelenině, které se pohybuje v řádu jednotek gramů na jeden kilogram zeleniny. Dalším krokem bylo rozdrcení vzorku a jeho homogenizace, což bylo provedeno tyčovým mixérem. Následoval 15 minutový ohřev vzorku při teplotě 70-80 °C. Po vychladnutí na teplotu 30 °C bylo provedeno vlastní měření analytickým proužkem. Před prvním měřením byl přístroj kalibrován na citlivost konkrétní výrobní dávky analytických proužků speciálním kódem, který je součástí balení proužků. Výpočet koncentrace proběhl dle následující rovnice:

$$c = \frac{n \cdot V}{m} \quad (2)$$

kde c je výsledná koncentrace v miligramech na litr, n je hodnota změřená přístrojem RQflex v miligramech na litr, V je objem destilované vody v mililitrech a m je hmotnost vzorku v gramech.

Obsah dusičnanů v listové zelenině bývá ve srovnání s jinými druhy zeleniny vyšší. Faktorů, které zvyšují jejich obsah v rostlinách je celá řada: nedostatek světla, nedostatek vody, vysoké teploty, hnojení dusíkatými hnojivy (Breimer, 1982), pěstování ve vytápěných krytech (Gent, 2002).

Obsah dusičnanů není konstantní během dne, nejvyšší koncentrace je těsně před rozbřeskem (Chang et al., 2013).

Obsah dusičnanů v listové zelenině je v současné době ošetřen nařízením komise (EU) č. 1258/2011 (Komise Evropské Unie, 2011), které novelizuje verzi z roku 2006. V nařízení se mj. uvádí: *Navzdory pokroku dosaženému ve správné zemědělské praxi . . . nelze v některých regionech Unie soustavně dosahovat nižšího množství dusičnanů v hlávkovém salátu a čerstvém špenátu, než jsou stávající maximální limity. Důvodem je, že hlavním faktorem ovlivňujícím přítomnost dusičnanů v hlávkovém salátu a ve špenátu jsou klimatické, a zejména světelné podmínky. Tyto klimatické podmínky nemohou producenti řídit ani změnit.*

Z výše uvedené citace je patrné, že vliv nedostatku světla na zvýšený obsah dusičnanů je ukotven i v zákonné normě. Proto je u některých listových zelenin rozlišen limit maximálního obsahu dusičnanů v závislosti na datu sklizně: od 1. října do 31. března respektive od 1. dubna do 30. září.

4.4.3 Měření obsahu kyseliny askorbové

Pro stanovení obsahu vitamínu C ve vzorcích zeleniny byl použit stejný systém Reflectoquant od společnosti Merck jako pro analýzu dusičnanů. Měření probíhalo obdobně ovšem se dvěma zásadními rozdíly.

Prvním rozdílem je použití jiných analytických proužků, které jsou citlivé na kyselinu askorbovou v koncentraci 25 - 450 mg/l.

Druhý rozdíl spočíval v přípravě vzorku, kdy rozdrčení a homogenizace vzorku nebyla provedena v destilované vodě, ale jednoprocenním roztoku kyseliny šťavelové a trvala přesně 30 sekund, následovala 30 sekundová filtrace PVC sítkem. Vyhodnocení testovacími proužky proběhlo ihned po filtraci, bez ohřevu.

4.5 Statistické zpracování dat

Ke zpracování dat byl vybrán profesionální open-source statistický procesor s názvem projekt R (<https://www.r-project.org/>).

Pro zhodnocení výsledků byla vybrána metoda lineární regrese.

Tato metoda umožňuje najít vztahy mezi proměnnými. Proměnná může být buď tzv. nezávislá, v tom případě se jedná o veličinu, kterou můžeme měnit. V námi studovaném případě patří mezi nezávislé proměnné stanoviště, zakrytí textilií, kultura a datum výsevu. Závislá proměnná je veličina, kterou chceme pomocí regrese predikovat na základě nezávislých proměnných. V našem případě je nezávislou proměnnou hmotnost sklizených rostlin.

Rovnice lineární regrese s jednou nezávislou proměnnou je definována takto:

$$y = \alpha + \beta x + e \quad (3)$$

kde y je závislá proměnná, x závislá proměnná, α a β hledané koeficienty a e je chyba.

Pro analýzu je možno využít následující kostru kódu:

```
library(dplyr)
library(knitr)

df_zelenina = read.csv('mereni.csv')
names(df_zelenina)[1] = 'mereni'

df_vynos = df_zelenina %>%
  filter(mereni == 'vynos')

df_vynos_summarized = df_vynos %>%
  group_by(kultura, ranost, umisteni, zakryti) %>%
  summarise(prumer = mean(vysledek))

lm_summarized = lm(prumer ~ ., data = df_vynos_summarized)
summary(lm_summarized)
```


5 Výsledky

Analýza vzorků pěstovaných plodin proběhla ve dvou po sobě následujících dnech. Poslední zimní den tj. 20. března 2019 byl proveden sběr a okamžité vážení všech pěstovaných plodin. Následující den tj. 21. března 2019 ve 4 hodiny ráno při teplotách blízkých nule (na venkovním záhoně byly naměřeny teploty slabě pod bodem mrazu) byly odebrány vzorky plodin a umístěny do chladicího boxu spolu s lahvemi se zmraženou vodou. Tyto vzorky byly okamžitě převezeny do laboratoře a tam analyzovány.

5.1 Vzcházivost

Vzcházivost jednotlivých plodin na jednotlivých parcelách nebyla přesně kvantifikována, ale z optické kontroly porostů bylo patrné, že se nijak výrazně nelišila v závislosti na stanovišti. Obecně lze konstatovat, že na všech stanovištích rostla semena velmi vitálně.

Specifickým případem, pokud jde o vzcházivost, je batolka prorostlá, která klíčí pouze při teplotách nižších než 12 stupňů Celsia. V případě raného termínu výsevu přímo na stanoviště by klíčení nemuselo nastat, proto byla batolka vyseta do sadbovačů, které byly umístěny do chladničky s teplotou 10 °C a batolka vyklíčila v lednici.

5.2 Zdravotní stav

U všech kultury na všech stanovištích nedošlo během pěstování k výraznějšímu zhoršení zdravotního stavu rostlin. Nebyla zaznamenána žádná plíseň jako např. v pokusu společnosti Arche Noah se zimním pěstováním salátů (Suanjak et al., 2009).

U venkovních kultur bylo zaznamenáno větší množství nažloutlých listů nevhodných ke konzumaci. Tento stav odpovídá dlouhému období strádání rostlin pod souvislou sněhovou pokrývkou, která se na stanovišti udržela s jednou krátkou přestávkou přes tři měsíce.

5.3 Rychlost růstu

Rychlost růstu jednotlivých rostlin na jednotlivých stanovištích nebyla v průběhu vegetace objektivně přesně kvantifikována. Rychlost růstu byla odhadována při pravidelné kontrole porostů. Z pozorování plyne, že v případě venkovních stanovišť se růst pod sněhovou příkrývkou zcela zastavil. Ve skleníku růst nepokračoval v době, kdy byla teplota půdy pod bodem mrazu.



(a) Rostlina z výsevu provedeného dne 9.9.2018.

(b) Rostlina z výsevu provedeného dne 1.10.2018.

(c) Rostlina z výsevu provedeného dne 23.10.2018.

Obrázek 7: Kultura špenátu setého v polykarbonátovém krytu v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).



(a) Rostlina z výsevu provedeného dne 9.9.2018.

(b) Rostlina z výsevu provedeného dne 1.10.2018.

(c) Rostlina z výsevu provedeného dne 23.10.2018.

Obrázek 8: Kultura špenátu setého na venkovním záhoně v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).

V den sklizně byla provedena fotografická dokumentace typicky vyvinutých jedinců rostlin, která je zachycena na obrázcích 7 – 12.

Pro lepší představu o rozměrech je součástí fotografie rostliny i standardní metrické měřidlo se stupnicích v centimetrech. Velikost rostliny velmi dobře koreluje s jeho váhou a proto s těmito rozměry není následně dále operováno. Fotografie jsou zde uvedeny především pro představu, jak jsou jednotlivé kultury vyvinuty.

Z pozorování plyne, že nejvyšší rychlosti růstu bylo dosaženo v polykarbonátovém krytu v únoru a následně především v březnu, kdy po mimořádně tmavém prosinci a lednu sluneční paprsky a nárůst teplot půdy akcelerovaly růst jednotlivých rostlin.

Venkovní kultury byly značně hendikepovány tím, že ještě začátkem března byly ukryté pod sněhem a k akceleraci růstu u nich až do data sklizně de facto nedošlo.

Dynamika rychlosti růstu byla dobře patrná na špenátu, jehož rané výsevy byly v únoru ještě



(a) Rostlina z výsevu provedeného dne 9.9.2018.



(b) Rostlina z výsevu provedeného dne 1.10.2018.



(c) Rostlina z výsevu provedeného dne 23.10.2018.

Obrázek 9: Kultura kozlíčku polníčku v polykarbonátovém krytu v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).



(a) Rostlina z výsevu provedeného dne 9.9.2018.



(b) Rostlina z výsevu provedeného dne 1.10.2018.



(c) Rostlina z výsevu provedeného dne 23.10.2018.

Obrázek 10: Kultura kozlíčku polníčku na venkovním záhoně v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).

ve velikosti baby špenátu, zatímco o měsíc později, v době sklizně, byl raný špenát ve velikosti vhodné k prodeji jako listový špenát.

Pro srovnání byla v polykarbonátovém krytu vyseta spolu s poloranými výsevy asijská hořčice. Její dynamika růstu překonala v podzimním období všechny sledované rostliny, zatímco v období únor, březen dominoval dynamice růstu špenát.



(a) Rostlina z výsevu provedeného dne 9.9.2018.



(b) Rostlina z výsevu provedeného dne 1.10.2018.



(c) Rostlina z výsevu provedeného dne 23.10.2018.

Obrázek 11: Kultura batolky prorostlé v polykarbonátovém krytu v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).



(a) Rostlina z výsevu provedeného dne 9.9.2018.

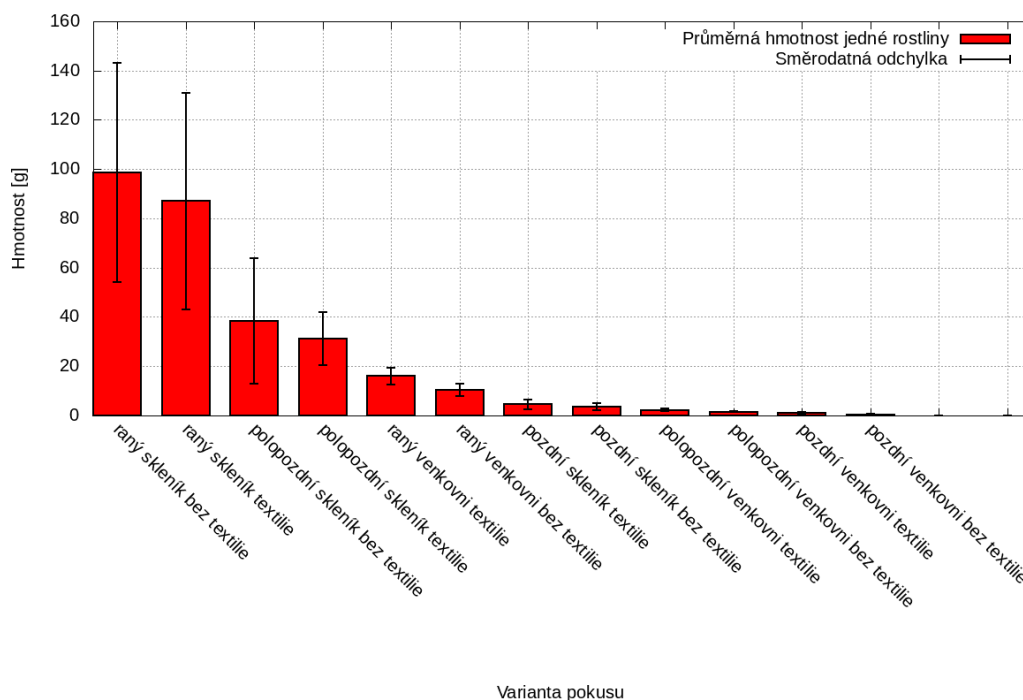
(b) Rostlina z výsevu provedeného dne 1.10.2018.

(c) Rostlina z výsevu provedeného dne 23.10.2018.

Obrázek 12: Kultura batolky prorostlé na venkovním záhoně v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).

5.4 Hmotnostní parametry rostlin

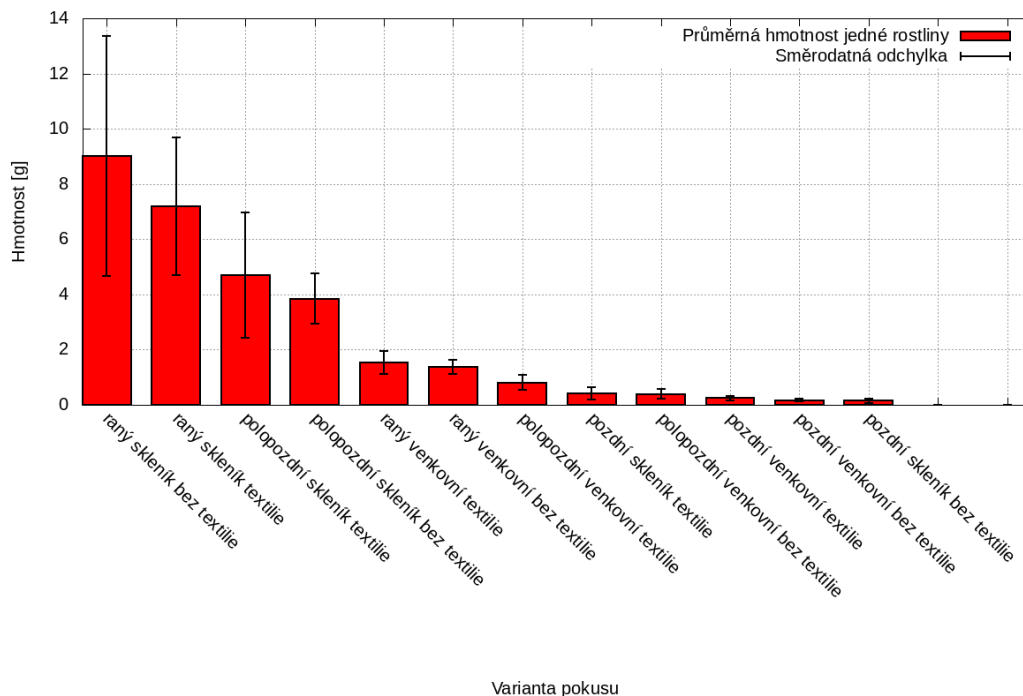
Hlavní sledovanou veličinou celého pokusu byla hmotnost jednotlivých sklizených rostlin, ze které je možné, na základě znalosti sponu rostlin, dopočítat výnos. Aby bylo možno statisticky věrohodně rozhodnout, která z variant pěstování je lepší, byly provedeny stovky vážení rostlin a ty následně statisticky zpracovány.



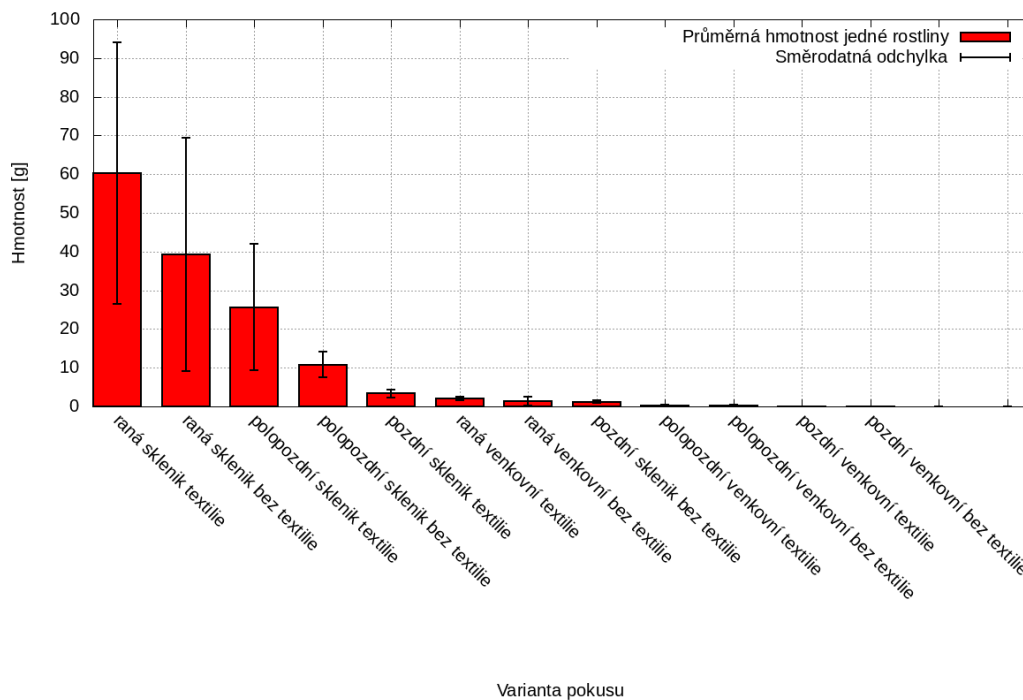
Obrázek 13: Srovnání hmotnosti rostlin špenátu setého v jednotlivých variantách pokusu.

Z výsledků provedené analýzy plyne, že signifikantně vyšší výnos mají rané výsevy (p-hodnota t-testu je 0.000728). Naopak signifikantně nižší výnos mají venkovní výsevy (p-hodnota t-testu je 0.000759). Další statisticky významné jevy nebyly zjištěny.

Na obrázcích 13–15 jsou zachyceny hmotnosti rostlin v jednotlivých variantách pokusu.



Obrázek 14: Srovnání hmotnosti rostlin kozličku polníčku v jednotlivých variantách pokusu.



Obrázek 15: Srovnání hmotnosti rostlin batolky prorostlé v jednotlivých variantách pokusu.

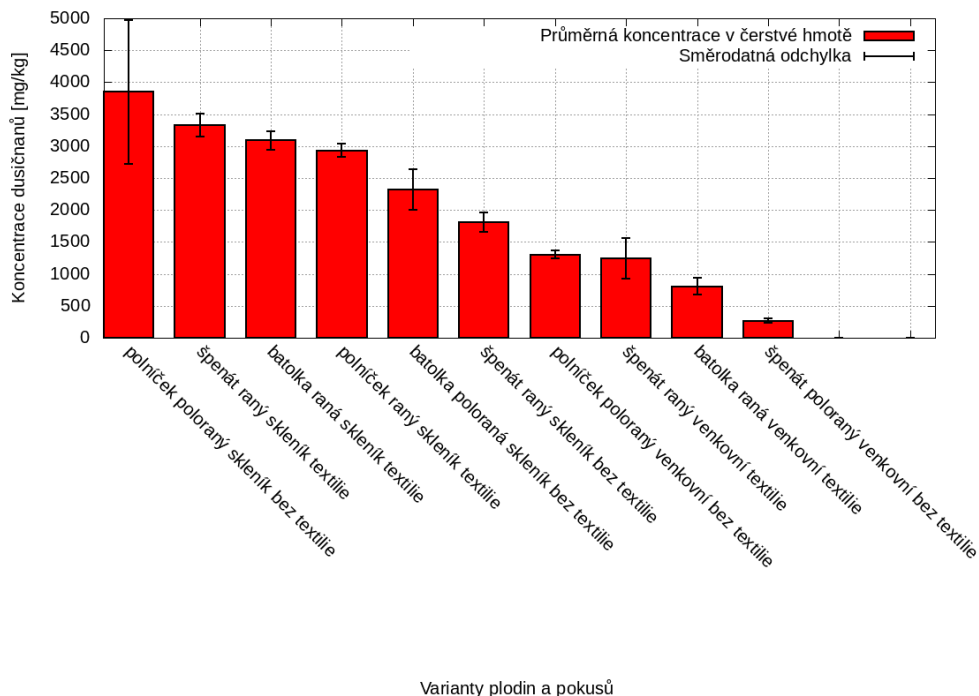
Rozdíl hmotnosti rostlin z venkovních záhonů a ze skleníku je z grafů 13 – 15 dobře patrný, stejně tak jako rozdíl mezi ranými a pozdějšími výsevy.

Na hranici signifikantnosti leží porosty s kulturou špenátu (p-hodnota t-testu je 0.084059), který dosahoval ve srovnání s ostatními kulturami vyšších průměrných hmotností.

5.5 Obsah dusičnanů

Stejně jako u výnosu byl vliv různých variant pěstování na obsah dusičnanů statisticky zpracován pomocí metody zvané lineární regrese. Z výsledků provedené analýzy plyne, že signifikantně nižší obsah dusičnanů mají plodiny pěstované na venkovních záhonech (p-hodnota t-testu je 0.00525). Tento závěr není nijak překvapivý, protože jak již bylo řečeno, venkovní porosty byly přes tři měsíce pod sněhem tzn. velmi vyčerpané a za relativně krátkou dobu nestačily zregenerovat resp. nastartovat růst a příjem dusičnanů z půdy, která měla značně nižší teplotu než teplota ve skleníku.

Koncentrace dusičnanů pro vybrané varianty pěstování je zachycena na obrázku 16.



Obrázek 16: Srovnání koncentrace dusičnanů v jednotlivých variantách pokusu.

5.6 Obsah vitamínu C

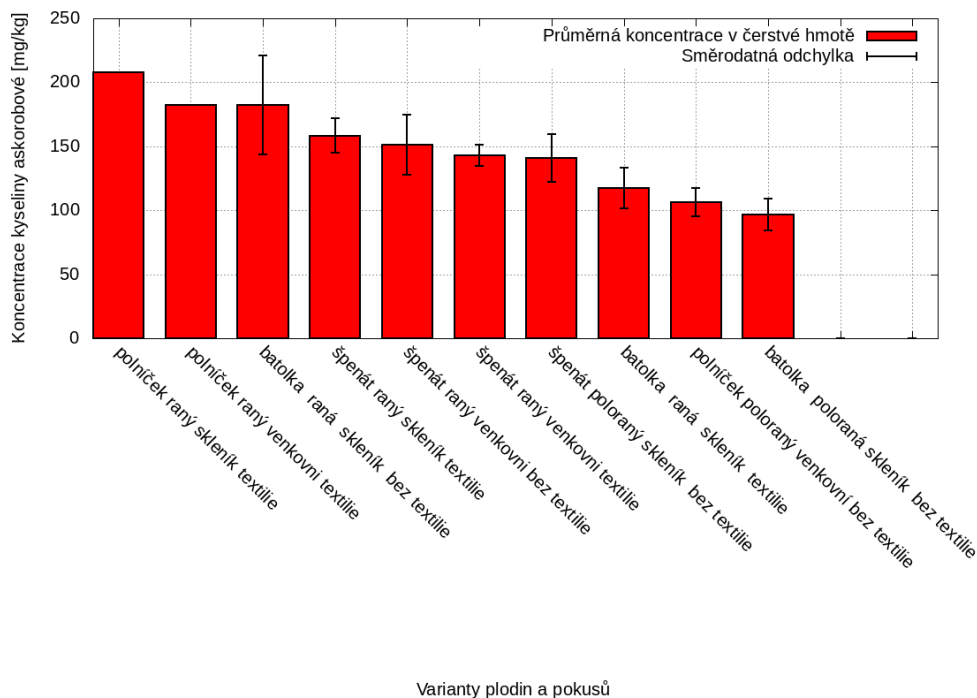
Koncentrace kyseliny askorbové nebo-li vitamínu C v jednotlivých variantách pokusu byla vyhodnocena, stejně jako v předchozích statistických analýzách, metodou lineární regrese. Touto metodou jsem dospěl ke dvěma závěrům.

Kultura kozlíčku polníčku má oproti jiným kulturám signifikantně vyšší obsah vitamínu C (p-hodnota t-testu je 0,0316).

Pokud jde o výsevny termíny, tak polorané výsevy mají signifikantně vyšší obsah vitamínu C (p-hodnota t-testu je 0,1194) ve srovnání s jinými termíny výsevu. Tato skutečnost zřejmě

souvisí s tím, že mladé rostliny mají vyšší obsah vitamínu C než porosty v konzumní zralosti a velmi mladé rostliny ještě tolik vitamínu C neobsahují.

Na obrázku 17 jsou zachyceny koncentrace kyseliny askorbové ve vybraných variantách pokusu.



Obrázek 17: Srovnání koncentrace vitamínu C v jednotlivých variantách pokusu.

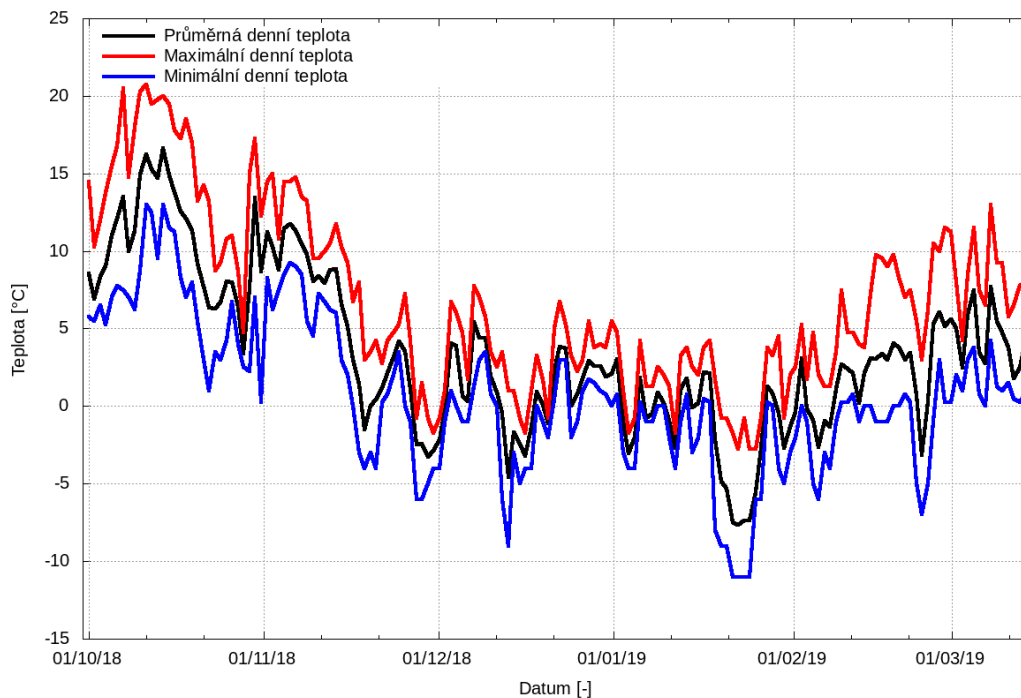
5.7 Průběh teplot v pěstební sezóně

Na obrázku 18 jsou zachyceny průběhy průměrných, minimálních a maximálních denních teplot v rámci sledovaného období. Z grafu je patrné, že ke změnám teplot docházelo pomalu a rozdíl teplot byl relativně malý.

Pokud jde o extrémní nízké teploty ve sledovaném období, tak nejchladnějším dnem v polykarbonátovém krytu byl 23. únor, kdy byla naměřena teplota $-8.94\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nejchladnějším dnem z pohledu venkovní teploty byl 24. únor kdy byla naměřena teplota $-11.75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nejnižší teplota půdy $-1.81\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla naměřena 27. ledna v polykarbonátovém krytu v části nekryté netkanou textilií.

Z dlouhodobějších statistik plyne, že zima 2018/2019 byla velmi mírná, teploty nikdy neklesaly k $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, což bývá v regionu Jizerských hor i v posledních letech běžné.

Zajímavostí vzhledem k průběhu teplot je, že se v této teplé zimě sněhová pokrývka udržela přes tři měsíce. Pod sněhovou pokrývkou se držela mimořádně stabilní teplota, která v průběhu mnoha dní kolísala jen v řádu setin stupně Celsia, což je již mimo přesnost měřidla. Průměrná teplota v 10 cm pod povrchem půdy pod sněhovou pokrývkou se pohybovala v rozmezí od $-0,1$ do $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

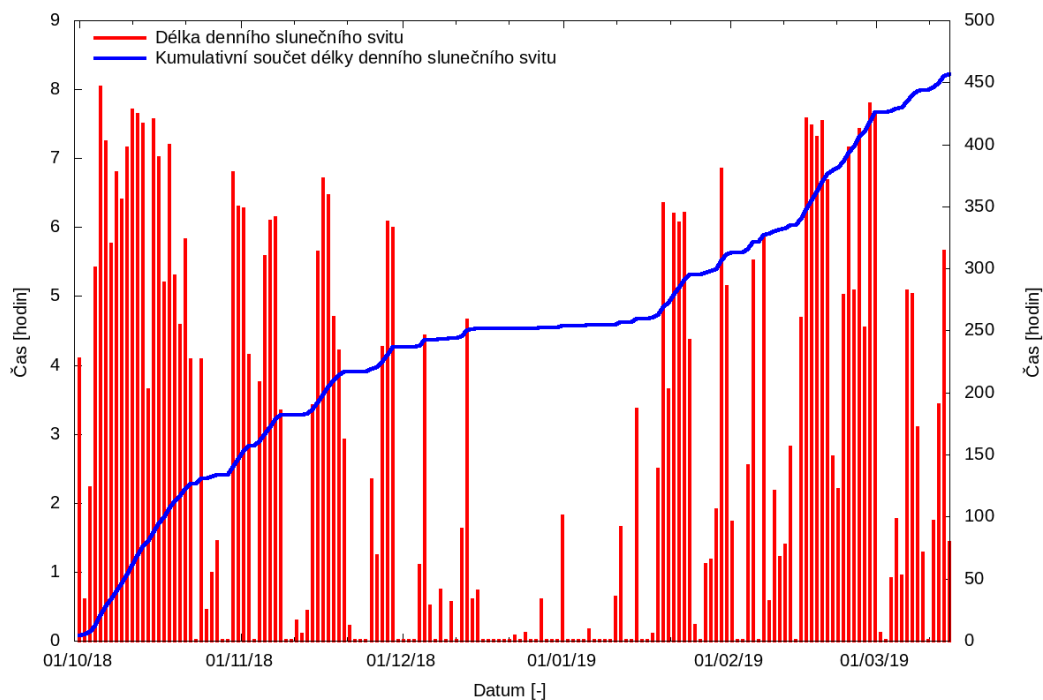


Obrázek 18: Graf průměrných, minimálních a maximálních denních teplot.

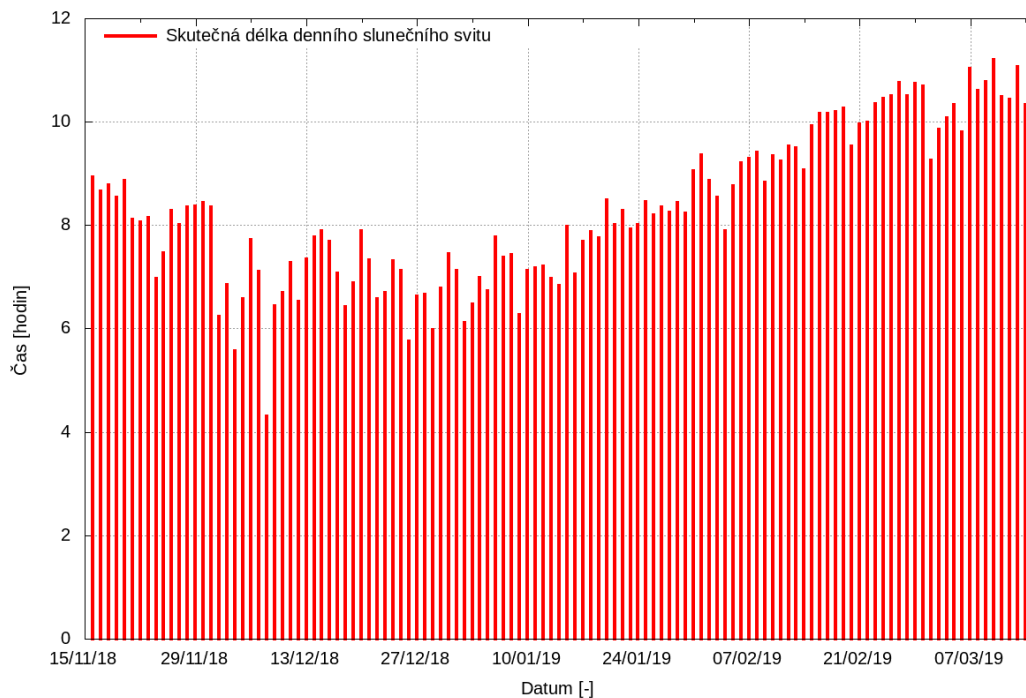
5.8 Průběh intenzity slunečního záření v pěstební sezoně

Na obrázku 19 je zobrazen počet slunečných hodin v jednotlivých dnech pěstební sezóny a současně kumulativní součet za celé období. Z grafu je dobře patrné, že v průběhu prosince byla tzv. bílá tma, kdy slunce v podstatě vůbec nesvítilo. Tato absence slunečního svitu měla zásadní vliv na teploty v polykarbonátovém krytu i na zastavení růstu rostlin.

Ačkoliv je možné délku dne vypočítat pomocí známých fyzikálně-astronomických vzorců, prováděli jsme pokusně její měření. Data ze senzoru osvitů, která velmi přesně při jasné obloze korelují s délkou dne, jsou vynesena do grafu na obrázku 20. Je z nich patrné, že vlivem např. husté oblačnosti dochází ke zkracování délky dne nad rámec daný polohou Slunce a Země.



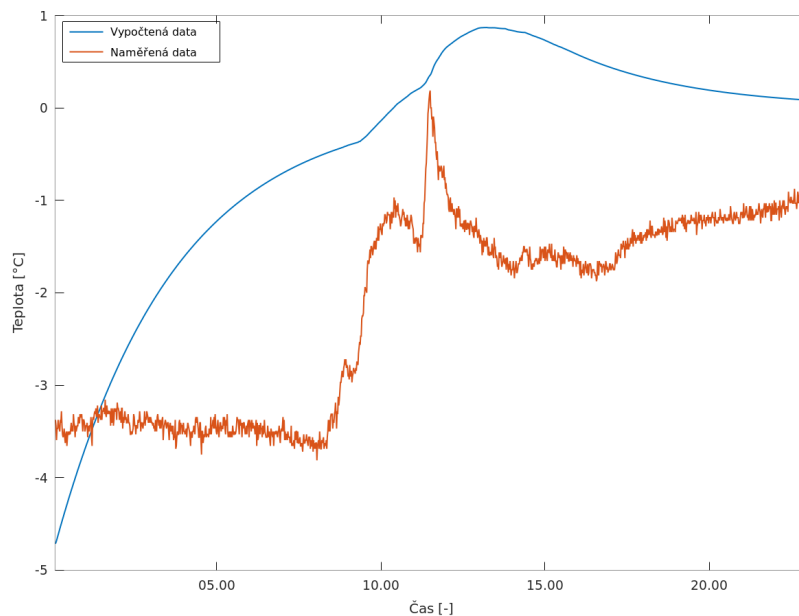
Obrázek 19: Délka slunečního svitu odvozená z výkonu fotovoltaických panelů.



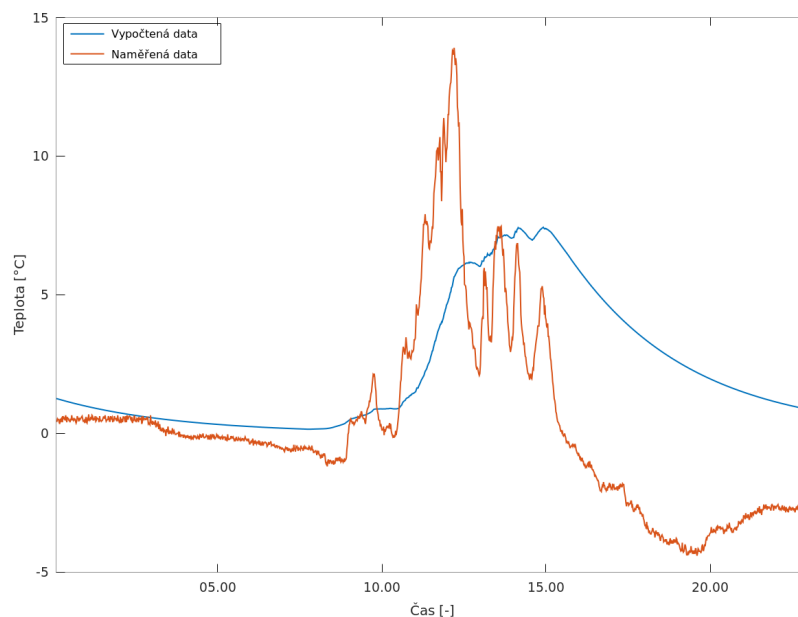
Obrázek 20: Délka dne změřená experimentálně v polykarbonátovém krytu.

5.9 Modelování průběhu teplot v polykarbonátovém krytu a pod textilií

Modelování umožňuje predikci funkce systémů aniž by bylo nutné systémy fyzicky realizovat. K modelování je možné přistupovat v zásadě dvěma postupy. První pracuje podrobně s fyzi-



(a) Graf naměřených a vypočtených teplot 4.1.2019

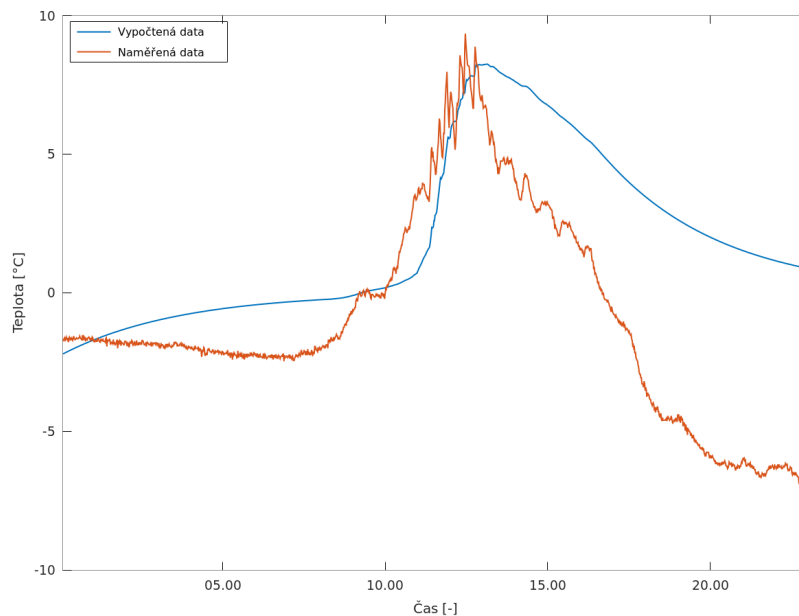


(b) Graf naměřených a vypočtených teplot 14.1.2019

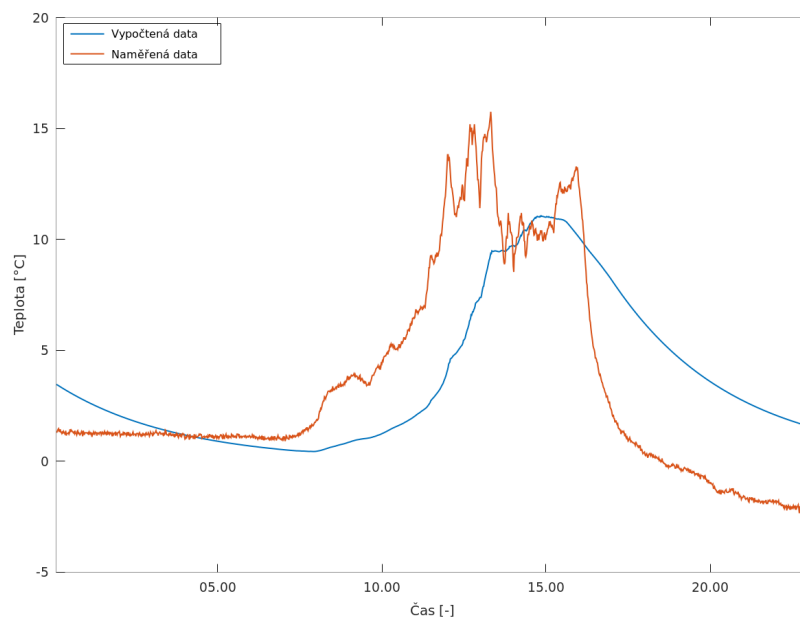
Obrázek 21: Teploty ve skleníku naměřené a vypočtené z intenzity osvětlení a ranní venkovní teploty.

kálními vlastnostmi jednotlivých subsystémů a s jejich vazbami, které jsou často mimořádně složité a jejich modelování je často nemožné. Tento přístup označujeme jako analytický.

Druhou možností je model experimentální, který pracuje s naměřenými vstupními a výstupními veličinami a na jejich základě se vytváří mechanismus, který je schopen s využitím známých vstupních veličin predikovat veličiny výstupní. V případě tohoto přístupu není tedy



(a) Graf naměřených a vypočtených teplot 4.2.2019



(b) Graf naměřených a vypočtených teplot 14.2.2019

Obrázek 22: Teploty ve skleníku naměřené a vypočtené z intenzity osvětlení a ranní venkovní teploty.

nutná znalost vlastní struktury modelovaného objektu. Pokud o systému nevíme nic hovoříme o tzv. *black box* systému.

Výše popsané přístupy je možno označit za extrémní, v praxi dochází povětšinou k jejich kombinaci.

Jak již bylo uvedeno výše, v případě pěstování zeleniny v nevytápěných krytech zásadně ovlivňuje teplotu v krytu respektive pod netkanou textilií intenzita slunečního záření.

Aby bylo možno odhadnout, jakých teplot bude v zimním období v krytu dosaženo bez jeho nákupu a stavby, vytvořil jsem matematický model, který je schopen teplotu určit na základě venkovní teploty a výkonu fotovoltaické elektrárny. Obě tyto vstupní veličiny jsou velmi dobře dostupné v rámci celé České republiky díky velikému množství měřených objektů. I případné vlastní měření těchto veličin je velmi jednoduché a ekonomicky nenáročné. Dále byl vytvořen model, který na základě teploty v krytu predikuje teplotu pod netkanou textilií umístěnou ve skleníku přímo nad pěstovanou kulturou. Obdobně je možné vytvořit modely, které predikují teplotu půdy ve krytech a podobně.

Pro modelování přenosové funkce byl využit svobodný software Octave, který je open-source variantou programu MATLAB. K identifikaci systému byl použit ARX model využívající QR faktorizaci (Lennart, 1999). Funkce `arx` hledá řešení rovnice

$$A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t) \quad (4)$$

kde $y(t)$ je výstup v čase t , $e(t)$ hodnota disturbance bílým šumem, matice $A(q)$ a $B(q)$ obsahují charakteristické polynomy systému, q je operátor zpoždění a $u(t)$ je vstup v čase t . Zjednodušeně lze v kódu použít funkci `arx` takto:

```
rad = 2;
dat = iddata (vystup, vstup, perioda);
[sys, x0] = arx (dat, rad);
t = 0:perioda:(length(vstup)-1)*perioda;
```

Pole `dat` ve skutečnosti může obsahovat celou řadu vzorků, pro které jsou následně vypočteny parametry přenosové funkce, které jsou následně uloženy do struktury `sys`.

Strukturu `sys` následně použijeme společně s vstupními veličinami `vstup` a inicializačním vektorem zkonstruovaným z ranní teploty uložené v proměnné `teplota` k výpočtu průběhu výstupní teploty:

```
[y, t, x] = lsim (sys, vstup, t, [teplota,0]);
```

Pole `y` obsahuje výpočet výstupní teploty z modelu.

5.9.1 Modelování průběhu teplot v polykarbonátovém krytu

Pro modelování průběhu teploty v polykarbonátovém krytu byla použita data z období leden až polovina března 2019. Jako vstupní hodnota byly použity hodnoty výkonu fotovoltaické elektrárny umístěné v těsné blízkosti polykarbonátového krytu. Tato data dle vlastní zkušenosti dobře korelují s intenzitou slunečního záření. Fotovoltaická elektrárna využívá panely společnosti Evergreen Solar Ltd. o výkonu 210 Wp a regulátor nabíjení Morningstar MPPT. Jako výstupní hodnoty pro výpočet přenosové funkce bylo použito měření teploty vzduchu v polykarbonátovém krytu.

Data byla rozdělena na polovinu (sudé a liché dny). Jedna polovina byla použita na *trénování* modelu, druhá polovina na ověření jeho správnosti. Na obrázku a jsou zachyceny některé denní průběhy teploty v krytu a současně teplota vypočtená.

Pro každý den z modelovaného období byl vypočten rozdíl skutečné a vypočtené teploty. V inicializačním vektoru byla použita venkovní teplota pro daný den měřená v 6.00 hodin.

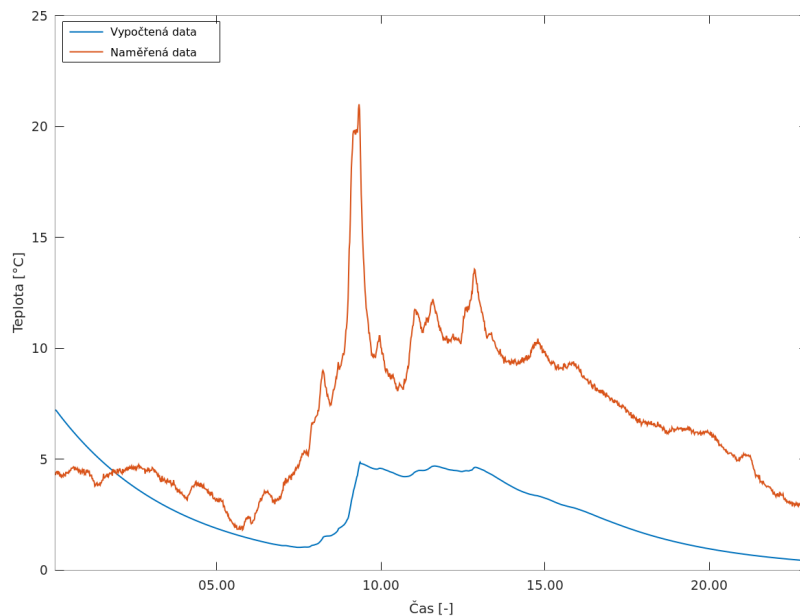
Průměrná chyba ve výpočtu teploty ve sledovaném období je 0,44 °C a směrodatná odchylka činí 1,85 °C.

5.9.2 Modelování přestupu tepla přes textilii

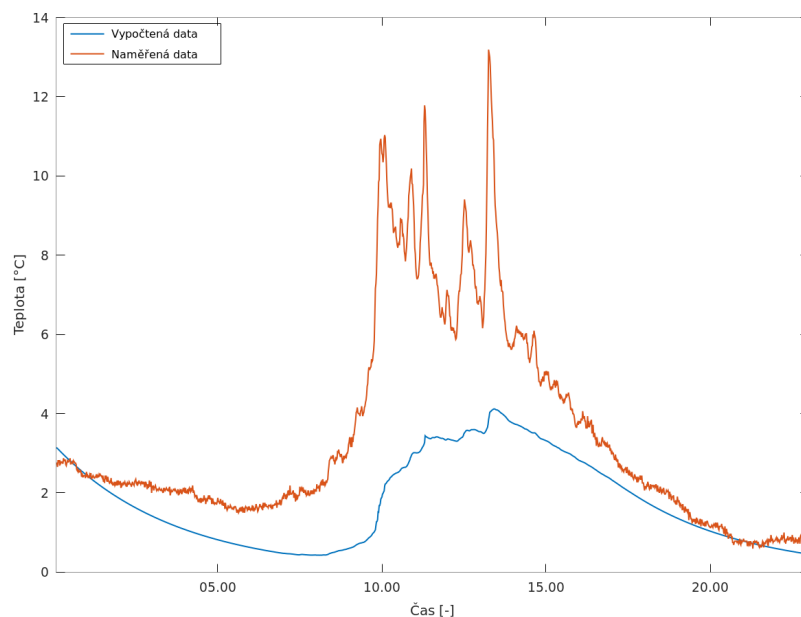
Pro modelování průběhu teploty pod netkanou textilií umístěnou v polykarbonátovém krytu byla použita data z období leden až polovina března 2019. Jako vstupní data byly použity hodnoty teploty vzduchu ve krytu. Jako výstupní hodnoty pro výpočet přenosové funkce bylo použito měření teploty vzduchu pod netkanou textilií.

Data byla rozdělena na polovinu (sudé a liché dny). Jedna polovina byla použita na *trénování* modelu, druhá polovina na ověření jeho správnosti. Na obrázku jsou zachyceny některé denní průběhy teploty pod textilií a současně teplota vypočtená.

Průměrná chyba ve výpočtu teploty ve sledovaném období je -0,28 °C a směrodatná odchylka činí 0,73 °C.



(a) Graf naměřených a vypočtených teplot 4.3.2019



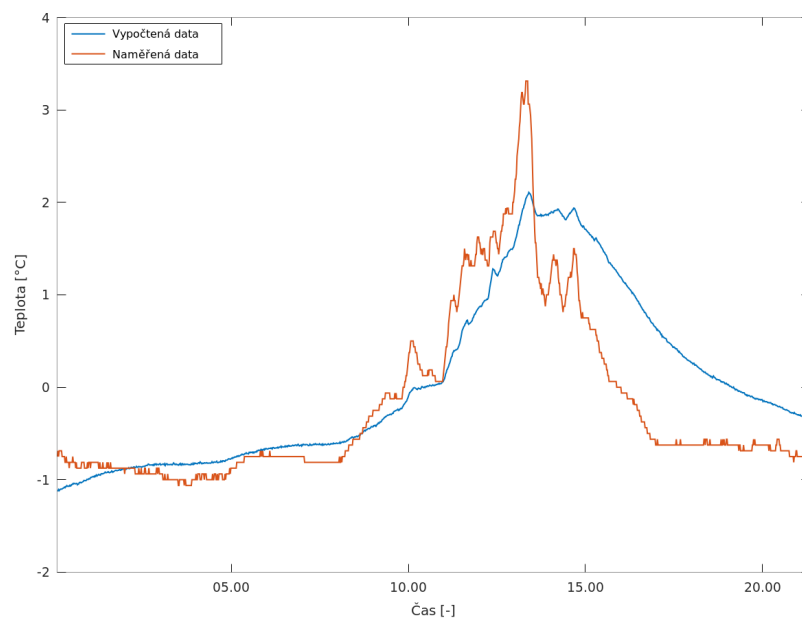
(b) Graf naměřených a vypočtených teplot 14.3.2019

Obrázek 23: Teploty ve skleníku naměřené a vypočtené z intenzity osvětlení a ranní venkovní teploty.

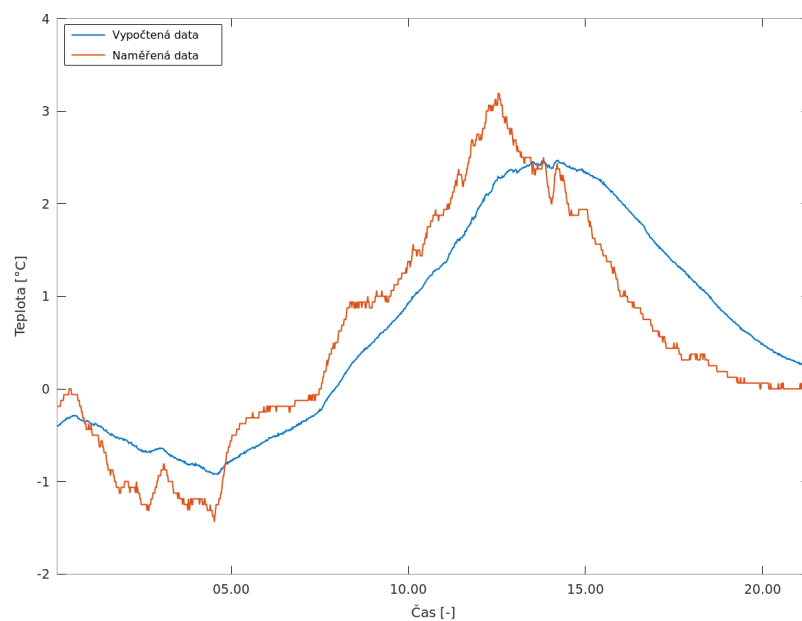
6 Diskuze

6.1 Srovnání výnosu zimního pěstování s běžně dosahovanými výnosy

Z naměřených průměrných hmotností rostlin a jejich směrodatné odchylky uvedených v oddílu 5.4 byl vypočten výnos na ar u variant, které alespoň částečně dosáhly konzumní velikosti. Výsledky výpočtu jsou v tabulce 5.



(a) Graf naměřených a vypočtených teplot 28.1.2019



(b) Graf naměřených a vypočtených teplot 10.2.2019

Obrázek 24: Teploty pod textilií naměřené a vypočtené z teploty ve skleníku.

kultura	varianta	výnos [kg/ar]
špenát listový	raný v krytu bez textilie	13,5-35,7
špenát listový	raný v krytu bez textilie	10,7-32,7
baby špenát	poloraný v krytu bez textilie	3,2-16
baby špenát	poloraný v krytu s textilií	5-10,5
špenát listový	tabulkový výnos	10-13
polníček kozlíček	raný v krytu bez textilie	7,8-22
polníček kozlíček	raný v krytu s textilií	7,8-16
polníček kozlíček	poloraný v krytu s textilií	4-11
polníček kozlíček	tabulkový výnos	8-12
batolka prorostlá	raná v krytu s textilií	6,5-23,5
batolka prorostlá	raná v krytu bez textilie	2,3-17,3

Tabulka 5: Srovnání výnosu s tabulkovým výnosem dle Petříková et al., 2012.

Jak z tabulky 5, tak z grafů 13 – 15 vyplývají dvě skutečnosti.

Prvním a z pohledu celé práce zásadním faktem je, že **výnosy zeleniny pěstované v chladnějších částech roku jsou srovnatelné s výnosy polní produkce zeleniny v teplejších fázích vegetace.**

Druhou skutečností, která z tabulky a grafů plyne, že v pokusu bylo dosaženo značně nevyrovnaných výnosů. Tato nevyrovnanost znemožnila vyvodit další statisticky průkazné závěry. Pokus by bylo vhodné upravit na základě získaných dat a opakovat s nižším počtem variant a vyšším počtem rostlin. Mohlo by být účelné zvýšit odstup řádků od stěn krytu jak uvádí Hecher et al., 2014.

6.2 Obsah dusičnanů

Odběr rostlinného materiálu proběhl těsně před rozbřeskem, kdy je obsah dusičnanů nejvyšší. Naměřené hodnoty je tedy nutno interpretovat jako maximální.

K překročení limitu dusičnanů došlo v pokusu pouze u jednoho vzorku špenátu, kdy došlo o překročení limitu 3500 mg/kg o pouhých 30 mg/kg což je překročení v rámci chyby měření, které dosahuje 10%.

Absolutně nejvyšších hodnot obsahu dusičnanů bylo dosaženo u polníčku (4645 mg/kg), nicméně pokud by byl posuzován jako listový salát, zimní normě 5000 mg/kg by vyhověl.

Ačkoliv jsou dusičnany vnímány ze zdravotního hlediska jako nežádoucí, v poslední době se objevují důkazy, že nepůjde o takto černobílou problematiku. Již několik studií prokázalo, že konzumace dusičnanů vede ke snížení krevního tlaku (Bailey et al., 2010; Larsen et al., 2006).



Obrázek 25: Sněhová pokrývka na venkovním záhoně v první dekádě března (vlastní snímek).

6.3 Obsah vitamínu C

Změřený obsah kyseliny askorbové plně nedosahoval hodnot uváděných v literatuře (Bender, 2016; Petříková et al., 2012). Hodnoty byly o 20-40% nižší v závislosti na kultuře. Do určité míry může jít o chybu měření, protože obsah vitamínu C po sklizni relativně rychle klesá.

Pokud by sklizeň probíhala dříve, za trvale mrazivého počasí, dá se předpokládat, že by obsah vitamínu C byl vyšší, protože jeho obsah narůstá pokud je rostlina vystavena oxidačnímu stresu (Brandt et al., 2001).

6.4 Zhodnocení klimatických podmínek v pěstební sezóně

Zima 2018/2019 byla pozoruhodná tím, že od konce listopadu do poloviny března ležel trvale na pozemcích sníh s výjimkou dvou dní o vánočních svátcích.

Díky izolačním schopnostem sněhu tak prakticky nedošlo k výraznějšímu promrznutí půdy na venkovních záhonech, kde se teplota půdy po celou dobu držela jen několik desetin pod bodem mrazu. V polykarbonátovém krytu, kde tato izolační vrstva chyběla, byla půda dlouhodobě chladnější bez ohledu na zakrytí netkanou textilií.

Prosinec a první dekády ledna byly mimořádně oblačné a intenzita slunečního svitu byla minimální. Díky absenci přísunu tepelného záření v tomto období se nijak výrazně neprojevil rozdíl v teplotách mezi nakrytými a nenakrytými plochami v polykarbonátovém krytu.

7 Závěr

V této práci se podařilo dokázat, že výnosy zeleniny pěstované v chladnějších částech roku v nevytápěných krytech jsou srovnatelné s výnosy polní produkce zeleniny v teplejších fázích vegetace. Nejvyšších výnosů se podařilo dosáhnout v polykarbonátovém krytu u raných výsevů. Výnosy z venkovních parcel byly podprůměrné z důvodu více než 3 měsíčního pokryvu sněhem.

Dále se podařilo ukázat, že růst zeleniny v našich zeměpisných šířkách a délkách v prosinci a lednu nezávisí zdaleka jen na délce dne a noci, ale především na intenzitě slunečního záření dopadající na pěstované kultury. Při nedostatku slunečního záření neplní svou funkci techniky dvojitého krytu popisované průkopníky pěstování v chladnějších částech roku.

Především pro potřeby plánování byl vytvořen matematický model, který umožňuje predikovat teplotu ve skleníku v zimním období na základě ranních teplot a intenzity slunečního záření.

V experimentu by bylo vhodné pokračovat ve slunečnější lokalitě, aby bylo možno otestovat efekt dalších opatření používaných pro pěstování v zimním období a současně odkrýt nové faktory ovlivňující výnos.

O tom, že se stále jedná o téma aktuální, svědčí mimo jiné i pozornost, jakou má tato problematika v Rakousku nejen na poli publikačním, ale i pokud jde o podporu výzkumu ze strany státu.

Seznam literatury

- BAILEY, Stephen J; FULFORD, Jonathan; VANHATALO, Anni; WINYARD, Paul G; BLACKWELL, Jamie R; DIMENNA, Fred J; WILKERSON, Daryl P; BENJAMIN, Nigel; JONES, Andrew M, 2010. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*.
- BENDER, Arnold E, 2016. *Dictionary of nutrition and food technology*. Elsevier.
- BERANOVSKÝ Jiří et Truxa, Jan, 2004. *Alternativní energie pro váš dům*. Brno: ERA. ISBN 80-86517-89-6.
- BRANDT, Kirsten; MØLGAARD, Jens Peter, 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Roč. 81, č. 9, s. 924–931.
- BREIMER, Tibbe, 1982. Environmental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. *Fertilizer research*. Roč. 3, č. 3, s. 191–292.
- CLARKSON, John P; FAWCETT, Laura; ANTHONY, Steven G; YOUNG, Caroline, 2014. A model for Sclerotinia sclerotiorum infection and disease development in lettuce, based on the effects of temperature, relative humidity and ascospore density. *PloS one*. Roč. 9, č. 4, s. e94049.
- COLEMAN, Eliot, 2012. *Four-season harvest: organic vegetables from your home garden all year long*. White River Junction: Chelsea Green Publishing. ISBN 9781890132279.
- COLEMAN, Eliot, 2014. *Handbuch Wintergärtnerei: Frisches Biogemüse rund ums Jahr*. Innsbruck: Löwenzahn Verlag. ISBN 978-3-7066-2565-4.
- DOWDING, Charles, 2011. *How To Grow Winter Vegetables*. Cambridge: UIT Cambridge. ISBN 978-1-900322-88-1.
- GENT, Martin, 2002. Growth and composition of salad greens as affected by organic compared to nitrate fertilizer and by environment in high tunnels. *Journal of plant Nutrition*. Roč. 25, č. 5, s. 981–998.
- GUO, Xiaoyu; LIU, Dongfeng; CHONG, Kang, 2018. Cold signaling in plants: Insights into mechanisms and regulation. *Journal of integrative plant biology*. Roč. 60, č. 9, s. 745–756.
- HAMPL, Stefan, 2016. *Möglichkeiten der Ertrags und Qualitätssicherung bei alternativem Wintergemüse*. Wien. Universität für Bodenkultur.
- HECHER, Emmanuel Alves Dos Santos; FALK, Constance L; ENFIELD, Juliette; GULDAN, Steven J; UCHANSKI, Mark E, 2014. The economics of low-cost high tunnels for winter vegetable production in the Southwestern United States. *Horttechnology*. Roč. 24, č. 1, s. 7–15.
- CHANG, Audrey Chingzu; YANG, Tsz Yi; RISKOWSKI, Gerald L, 2013. Ascorbic acid, nitrate, and nitrite concentration relationship to the 24 hour light/dark cycle for spinach grown in different conditions. *Food chemistry*. Roč. 138, č. 1, s. 382–388.
- KOMISE EVROPSKÉ UNIE, 2011. *Nařízení komise (EU) č. 1258/2011* [online] [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>.

- KONVALINA, Petr; MOUDRÝ, Jan; KALINOVÁ, Jana, 2007. *Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-7394-031-7.
- LARSEN, Filip J; EKBLÖM, Björn; SAHLIN, Kent; LUNDBERG, Jon O; WEITZBERG, Eddie, 2006. Effects of dietary nitrate on blood pressure in healthy volunteers. *New England Journal of Medicine*. Roč. 355, č. 26, s. 2792–2793.
- LENNART, Ljung, 1999. System identification: theory for the user. *PTR Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ*, s. 1–14.
- LISSARRE, Mickael; OHTA, Masaru; SATO, Aiko; MIURA, Kenji, 2010. Cold-responsive gene regulation during cold acclimation in plants. *Plant signaling & behavior*. Roč. 5, č. 8, s. 948–952.
- MALÝ, Ivan; PETŘÍKOVÁ, Kristína, 1996. *Možnosti pěstování chladuodolných a přezimujících zelenin*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-85120-75-5.
- MERCK. *Rapid on-site determination of Nitrate in vegetables with Reflectoquant RQeasy Nitrate and RQflex* [online] [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: https://www.merckmillipore.com/CZ/cs/product/Nitrate-Test,MDA_CHEM-116971#anchor_TI.
- MOREAU, J. G.; DAVERNE, J. J., 1844. *Manuel pratique de la culture maraîchère de Paris*. Paris: Librairie Scientifique, Industrielle et Agricole.
- MOREL, Kevin; LÉGER, Francois, 2016. A conceptual framework for alternative farmers' strategic choices: the case of French organic market gardening microfarms. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. Roč. 40, č. 5, s. 466–492.
- PALME, Wolfgang, 2010. Energie-effizienter Ganzjahresanbau von Spezialsalaten. *Biogemüsefibel*, s. 26–29.
- PALME, Wolfgang, 2016. *Frisches Gemüse im Winter ernten: Die besten Sorten und einfachsten Methoden für Garten und Balkon*. Innsbruck: Löwenzahn Verlag. ISBN 978-3-7066-2592-0.
- PERKONS, Ute, 2017. Erzeugung einer regionalen Salat-Mischung im ungeheizten Folientunnel. *Landtechnik*, s. 386–389.
- PETŘÍKOVÁ, Kristína; HLUŠEK, Jaroslav, 2012. *Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-50-2.
- PROIETTI, Simona; MOSCATELLO, Stefano; FAMIANI, Franco; BATTISTELLI, Alberto, 2009. Increase of ascorbic acid content and nutritional quality in spinach leaves during physiological acclimation to low temperature. *Plant Physiology and Biochemistry*. Roč. 47, č. 8, s. 717–723.
- RAHMAN, Abidur, 2013. Auxin: a regulator of cold stress response. *Physiologia plantarum*. Roč. 147, č. 1, s. 28–35.
- REINSAAT. *Katalog 2019* [online] [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: https://www.reinsaat.at/fileadmin/Bibliothek/Allgemeine/RS_KAT_2019_web.pdf.
- RHAGOR, Daniel, 1650. *Pflanz-Garten: darinn gründlicher Bericht zu finden, welcher Gestalten, 1. Obstgärten, 2. Krautgärten, 3. Weingärten mit Lust und Nutz, anzustellen, zu bewahren, und zu erhalten*. Bern. Dostupné také z: <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10298567-8>.

- RITCHIE, Joe T, 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water resources research*. Roč. 8, č. 5, s. 1204–1213.
- ROSSI, Sergio; DESLAURIERS, Annie; ANFODILLO, Tommaso; MORIN, Hubert; SARACINO, Antonio; MOTTA, Renzo; BORGHETTI, Marco, 2006. Conifers in cold environments synchronize maximum growth rate of tree-ring formation with day length. *New phytologist*. Roč. 170, č. 2, s. 301–310.
- SANGHERA, Gulzar S; WANI, Shabir H; HUSSAIN, Wasim; SINGH, NB, 2011. Engineering cold stress tolerance in crop plants. *Current genomics*. Roč. 12, č. 1, s. 30–43.
- SNYDER, Richard; MELO-ABREU, Paulo de, 2005. *Frost Protection: fundamentals, practice, and economics*. Rome: Food a Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-105328-6.
- SUANJAK, Michael; LERCH, Franziska, 2009. Grüne Salate als Überwinterungskultur. *Arche Noah Magazin*. Roč. 2, s. 10–11.
- ŠARAPATKA, Bořivoj; URBAN, Jiří, 2006. *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců. ISBN 978-80-903583-0-0.
- TARKOWSKI, Łukasz P; VAN DEN ENDE, Wim, 2015. Cold tolerance triggered by soluble sugars: a multifaceted countermeasure. *Frontiers in Plant Science*. Roč. 6, s. 203.
- THEURL, Michaela Clarissa (ed.). *Operationelle Gruppe Weiterentwicklung Bio-Wintergemuese: Loesung von konkreten Problemstellungen beim Anbau von Bio-Wintergemuese* [online] [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://www.zukunftstraumland.at/index.php?inc=project%5C&id=1481>.
- THEURL, Michaela Clarissa; HÖRTENHUBER, Stefan Josef; LINDENTHAL, Thomas; PALME, Wolfgang, 2017. Unheated soil-grown winter vegetables in Austria: Greenhouse gas emissions and socio-economic factors of diffusion potential. *Journal of cleaner production*. Roč. 151, s. 134–144.
- VANĚK, Václav, 2012. *Výživa zahradních rostlin*. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2147-2.
- WENZ, Jakob; WENGER, Matthias, 2012. *Die Überwinterung von Gartensalat (Lactuca sativa L.) im Freiland*. Freising. Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.
- XIN, Zhanguo; BROWSE, John, 2000. Cold comfort farm: the acclimation of plants to freezing temperatures. *Plant, Cell & Environment*. Roč. 23, č. 9, s. 893–902.
- YADAV, Sudesh Kumar, 2010. Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. *Agro-nomy for Sustainable Development*. Roč. 30, s. 515–527.
- ZAMAROVSKÝ, Vojtěch, 2005. *Bohové a hrdinové antických bájí*. Praha: Brána. ISBN 80-724-3266-4.
- ZHIYENBEK, Abdikaiym; BERETTA, Claudio; STOESSEL, Franziska; HELLWEG, Stefanie, 2017. *Ökobilanzierung Früchte-und Gemüseproduktion*. Zürich: Institut für Umweltingenieurwissenschaften.

Seznam obrázků

1	Batolka prorostlá – <i>Claytonia perfoliata</i> (vlastní snímek).	11
2	Špenát setý – <i>Spinacia oleracea</i> L. (vlastní snímek).	12
3	Kozlíček polníček – <i>Valerianella locusta</i> (vlastní snímek).	14
4	Graf pro výpočet data výsevu (adaptace z práce Coleman, 2014).	16
5	Polykarbonátový kryt (vlastní snímek).	21
6	Netkaná textilie upevněná na ocelových obloucích (vlastní snímek).	22
7	Kultura špenátu setého v polykarbonátovém krytu v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).	28
8	Kultura špenátu setého na venkovním záhoně v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).	28
9	Kultura kozlíčku polníčku v polykarbonátovém krytu v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).	29
10	Kultura kozlíčku polníčku na venkovním záhoně v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).	29
11	Kultura batolky prorostlé v polykarbonátovém krytu v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).	29
12	Kultura batolky prorostlé na venkovním záhoně v den sklizně 20.3.2019 (vlastní snímky).	30
13	Srovnání hmotnosti rostlin špenátu setého v jednotlivých variantách pokusu. . .	30
14	Srovnání hmotnosti rostlin kozlíčku polníčku v jednotlivých variantách pokusu. .	31
15	Srovnání hmotnosti rostlin batolky prorostlé v jednotlivých variantách pokusu. .	31
16	Srovnání koncentrace dusičnanů v jednotlivých variantách pokusu.	32
17	Srovnání koncentrace vitamínu C v jednotlivých variantách pokusu.	33
18	Graf průměrných, minimálních a maximálních denních teplot.	34
19	Délka slunečního svitu odvozená z výkonu fotovoltaických panelů.	35
20	Délka dne změřená experimentálně v polykarbonátovém krytu.	35
21	Teploty ve skleníku naměřené a vypočtené z intenzity osvětlení a ranní venkovní teploty.	36
22	Teploty ve skleníku naměřené a vypočtené z intenzity osvětlení a ranní venkovní teploty.	37
23	Teploty ve skleníku naměřené a vypočtené z intenzity osvětlení a ranní venkovní teploty.	40
24	Teploty pod textilií naměřené a vypočtené z teploty ve skleníku.	41
25	Sněhová pokrývka na venkovním záhoně v první dekádě března (vlastní snímek). .	43