

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv závlivky na klíčení a růst rostlin rodu *Capsicum*
a jejich plody**

Diplomová práce

Bc. Gabriela Kostková

Rostlinná produkce

PharmDr. Jan Kubeš, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv závlivky na klíčení a růst rostlin rodu Capsicum a jejich plody" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala PharmDr. Janu Kubešovi, Ph.D. za vedení během vypracování práce a jeho trpělivost, cenné rady i připomínky. Dále bych také ráda poděkovala členům katedry botaniky a fyziologie rostlin a také katedře chemie za pomoc při analýze vzorků. V neposlední řadě patří také poděkování celé rodině za podporu během mých studií.

Vliv zálivky na klíčení a růst rostlin rodu *Capsicum* a jejich plody

Souhrn

Diplomová práce i její výsledky byly zaměřeny především na oblast malopěstitelskou a laboratorní, kdy je možno ovlivňovat rostliny i jejich plody pomocí kontrolované zálivky. Během pokusu byla použita neupravená voda z řadu, voda převařená v rychlovarné konvici, převařená v mikrovlnné troubě a destilovaná voda. Závěry je velmi dobře možné aplikovat také na hobby pěstování chilli paprik, které je v současné době velmi populární a má i nadále narůstající tendenci. Vzhledem k absenci chemických látek, je také možno výsledky aplikovat na ekologické pěstování.

Rešeršní část uvádí poznatky vztahující se k samotné rostlině chilli papriky, jejímu původu i vlastnostem. Zaměřuje se na metabolické pochody v rostlinách od klíčení a dormance semen až po syntézu sekundárních metabolitů, zejména kapsaicinoidů, jejich metabolických drah, účinků a možnosti dalšího využití v humánní medicíně.

V práci bylo sledováno působení rozdílné zálivkové vody na klíčení rostlin, jejich výšku, počet listů i listovou plochu. Hodnocena byla také energie uložená v listech pomocí kalorimetrie. U generativních orgánů byl zaznamenáván a hodnocen jejich počet, ale také obsahy metabolitů kapsaicinu a dihydrokapsaicinu podílejících se na pikantní chuti chilli, fenolických látek a flavonoidů.

Pikantní chuť chilli je zapříčiněna obsahem kapsaicinoidů, přičemž v největší míře je zastoupen kapsaicin a dihydrokapsaicin, které byly v práci sledovány a stanoveny v plodech.

Rozdílný typ zálivky výrazně neovlivnil sledované vegetativní parametry rostlin papriky, ale byl zjištěn vliv zálivkové vody převařené pomocí mikrovlnné trouby na obsažené látky, kdy obsah kapsaicinoidů v plodech *Capsicum frutescens* 'African devil' byl nejvyšší. Dále byl zjištěn u této varianty výrazný rozdíl oxidačně-redukčního potenciálu oproti ostatním skupinám, z čehož je možno vyvodit další doporučení pro studium.

Klíčová slova: paprika křovitá, vliv zálivky, klíčivost, kvalita plodů, obsah kapsaicinu

Effect of watering on germination and growth on genus *Capsicum* and its fruits

Summary

The diploma thesis along with the results were focused mainly on the small-scale area and laboratory, where it is possible to influence plants and their fruits by means of controlled watering. Untreated tap water, boiled water, microwave boiled water, and distilled water were used during the experiment. The conclusions can be well applied to the hobby of growing chilli peppers, which is very popular so far and continuous growing. Due to absence of chemicals, it can be also applied to organic farming.

The research part presents findings related to the chilli pepper plant itself, their origin and properties. It focuses on metabolic processes in plants from seed germination and dormancy to the synthesis of secondary metabolites, with regard to capsaicinoids, their metabolic pathways, effects and possibilities for further use in human medicine.

In the research part the effect of different watering is monitored by plants germination, their height, leaf numbers and leaf area. The energy stored in the leaves is determined by calorimetry. The number of generative organs is recorded and evaluated, including fruit metabolites capsaicin and dihydrocapsaicin, which participate on the spicy taste of chilli, phenolic and flavonoid compounds.

The different type of watering did not significantly affect the observed vegetative parameters of pepper plants, but the effect of watering water boiled using a microwave oven on the substances was found, when the content of capsaicinoids in the fruits of *Capsicum frutescens* 'African devil' was the highest. A significant difference in the redox potential was found in this variant compared to other groups, from which further recommendations for the study can be deduced.

Keywords: chilli peppers, capsaicin, effect of watering, bell pepper, fruit quality, water, ingredients

Obsah

1	Úvod	10
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	12
3	Literární rešerše	13
3.1	Rod <i>Capsicum</i>	13
3.2	Paprika křovitá	15
3.2.1	Kultivar 'African devil'	17
3.3	Alkaloidy	17
3.3.1	Kapsaicinoidy	18
3.3.2	Kapsaicin	21
3.3.3	Scovilleova stupnice	22
3.4	Voda	23
3.4.1	Voda ve vodovodním řadu	23
3.4.2	Destilovaná voda	24
3.4.3	Tvrdost vody	24
3.5	Mikrovlnné záření a jeho využití	25
3.6	Faktory ovlivňující růst rostlin	25
3.6.1	Prvky ve výživě rostlin	27
3.6.2	Makroprvky	27
3.6.3	Mikroprvky	28
3.6.4	Prvky užitečné	29
3.6.5	pH a jeho změny v půdě	29
3.6.6	Teplota	30
3.6.7	Osvětlení a vodní režim v rostlině	30
3.7	Klíčení	31
3.7.1	Dormance	31
3.7.2	Kyselina abscisová (ABA)	32
3.7.3	Semeno a jeho stavba	32
3.7.4	Fyziologie klíčení	33
4	Metodika	35
4.1	Osivo	35
4.2	Výsev semen	36
4.3	Pěstební podmínky	36
4.4	Zálivka, hnojení a ochrana rostlin	37
4.5	Sledované růstové charakteristiky	39
4.5.1	Výpočet listové plochy	39
4.6	Odběr a zpracování vzorků	39

4.7	Stanovení pigmentů v listech	39
4.8	Stanovení energie v listech	40
4.9	Stanovení obsahu kapsaicinoidů	40
4.10	Stanovení obsahu celkových fenolů a flavonoidů v plodech	41
4.11	Stanovení pigmentů v plodech.....	42
4.12	Chemicko-fyzikální rozbor vody	42
4.13	Sledování klíčivosti na Petriho miskách	42
4.14	Statistické zpracování hodnot	43
5	Výsledky	44
5.1	Chemicko-fyzikální vlastnosti vody	44
5.2	Počet klíčících rostlin během pěstebnímu pokusu	46
5.3	Výška rostlin.....	46
5.4	Počet listů a jejich plocha	47
5.5	Počet květů a plodů	49
5.6	Pigmenty v listech	52
5.7	Stanovení energie v listech	55
5.8	Obsah kapsaicinu	56
5.9	Obsah celkových fenolických látek a flavonoidů v plodech	58
5.10	Pigmenty v plodech	59
5.11	Mnoharozměrná analýza plodů	62
5.12	Výsledky klíčení v Petriho misce	63
6	Diskuse	64
6.1	Změny v chemicko-fyzikálních vlastnostech vody	64
6.2	Klíčení rostlin při pěstebním pokusu	64
6.3	Ovlivnění výšky rostlin.....	65
6.4	Změny v počtech listů a jejich průměrné ploše	65
6.5	Vliv na generativní orgány	66
6.6	Zhodnocení obsahu pigmentů a energie v listech	67
6.7	Zhodnocení obsažených látek v plodech	67
6.8	Hodnocení samostatného klíčení	68
7	Závěr	69
8	Literatura.....	70
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	74
10	Samostatné přílohy	75

1 Úvod

Diplomová práce navazuje na předchozí bakalářskou práci, zabývající se obdobnou problematikou. Konkrétní pokus byl v této navazující práci rozšířen a mírně obměněn tak, aby bylo možno získat další data a dosáhnout konkrétnějších údajů. Díky zpřesnění a rozšíření získaných dat, bylo možno určit, zda je stanovená hypotéza skutečně platná či nikoli.

Základem práce je sledování klíčení, růstu a tvorby generativních orgánů rostliny *Capsicum frutescens* kultivaru 'African devil'. Stejně jako v bakalářské práci Vliv záливky na rostlinu *Capsicum annuum* kultivaru 'Jalapeño Jalastar' a její plody, je i zde základem porovnání sledovaných faktorů u rozdílně zalévaných skupin rostlin. Jako základ výzkumu je považována možnost ovlivnění vlastností rostlin či jejich plodů vodou převařenou v mikrovlnné troubě. Experimentální práce byla stanovena na hypotéze o škodlivosti záливky získané v mikrovlnné troubě. Tato původní myšlenka byla zveřejněna na blogu (Reynoldsová 2006), kde byl popsán středoškolský experiment, ukazující úhyn rostlin během záливky takto získanou vodou. Na prokázání či vyvrácení škodlivosti zmíněné záливky byla vypracována bakalářská práce, kde bylo toto tvrzení v podstatě vyvráceno. Během pokusu s rostlinami *Capsicum annuum* kultivaru 'Jalapeño Jalastar' bylo naopak poukázáno, že je zde možnost ovlivnění rostlin i jejich plodů opačným způsobem. Vzhledem k výsledkům téměř srovnatelným s hnojenou variantou bylo naznačeno, že je zde možnost ovlivnění v pozitivním ohledu a tím nastíněna možnost budoucího využití vody, jež prošla varem v mikrovlnné troubě (Kostková 2019).

Práce zpracovává samotný vliv záливkové vody na rostliny, je však důležité propojení jednotlivých komponent systému voda, rostlina a půda. Vliv záливkové vody na půdu a také následné ovlivnění půdy vodou zde nebyl zjišťován.

V bakalářské práci bylo hlavním záměrem prokázání či vyloučení vlivu rozdílného druhu záливky na rostliny. V této diplomové práci je naopak hlavním záměrem sledování konkrétních rozdílů vedoucích k možnostem v praktickém využití poznatků. Dalším ohledem je také vnesení dalších seriózních poznatků do širšího povědomí, tak aby se i nadále neopakovaly ne zcela přesné či dokonce nereálné myšlenky a obavy související s využíváním mikrovlnné energie v běžném životě. Ačkoli je mikrovlnné záření známo již od roku 1946 a jeho využití v mikrovlnné troubě pro komerční využití od roku 1952 (Horikoshi a Serpone 2013), stále panují ve společnosti obavy a různé mýty o jejím používání. Mezi ty nejznámější patří mýty ohledně škodlivosti potravin či vody, které mikrovlnnou troubou prošly. O jejich negativním působení na organismus, zapříčinění rozličných onemocnění až dokonce k tvrzení o ovlivnění DNA lidí, konzumující potraviny upravené pomocí mikrovln. Tyto obavy přetrvávají i dnes, v roce 2021, ačkoli byly provedeny mnohé testy ohledně nezávadnosti potravin při používání mikrovlnné trouby. I když výzkum z roku 1980 jednoznačně prokázal, že mikrovlnné záření nejen že není pro potraviny škodlivé, ale dokonce snižuje přítomnost nežádoucích organismů v připravovaných potravinách oproti přípravě klasickým ohřevem. Tato skutečnost je založena na rychlejší hubení případných nežádoucích patogenů při využití mikrovln oproti bodovému zdroji tepla (Fung a Cunningham 1980). Veškerá bezpečnostní hlediska používání této technologie v rámci potravinářství je neustále pod dohledem světové zdravotnické organizace (WHO). Ta je ve svých postojích velmi jednoznačná a dle jejího stanoviska, při vyzdvižení důležitosti používání přístrojů dle pokynů jednotlivých výrobců, je použití zcela bezpečné.

Samozřejmostí je používání zcela neporušeného přístroje a zamezení jakýchkoliv neodborných zásahů do přístroje. Stejně tak poukazuje na nemožnost zůstatkového záření v přístroji či ohříváních potravinách po jeho vypnutí (Pekárek 2006).

Ačkoli je nemožné, aby záření přetrvalo ve vodě prošlé mikrovlnnou troubou, je však možné určité působení a mírné ovlivnění fyzikálně-chemických a mikrobiologických vlastností takto připravené vody. To může vést k určitým změnám u rostlin zalévaných touto vodou a následným kvalitativním či kvantitativním odlišnostem při porovnání skupin rostlin zalévaných rozdílnou zálivkou při zajištění ostatních shodných podmínek. Důležitým faktorem při srovnání je pak využití statistických nástrojů, a co možná nejobjektivnější vyhodnocení získaných údajů vedoucích k možným praktickým doporučením.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je zjistit vliv závlivkové vody na klíčení, růst a plody rostliny rodu *Capsicum*. Práce bude posuzovat skupiny rostlin s rozdílně upravenou závlivkovou vodou: běžnou vodou z vodovodního řadu, vodou z řadu, která prošla varem v rychlovarné konvici nebo v mikrovlnné troubě určené pro použití v domácnostech a destilovanou vodou.

Nulová hypotéza: Není statisticky průkazný rozdíl v žádném ze sledovaných znaků mezi jednotlivými skupinami zalévanými rozdílně upravenou vodou.

Alternativní hypotéza: Je statisticky průkazný rozdíl minimálně v jednom sledovaném znaku mezi minimálně dvěma sledovanými skupinami zalévanými rozdílně upravenou vodou.

3 Literární rešerše

3.1 Rod *Capsicum*

Odhaduje se, že na světě je přes 500 000 rostlinných druhů, přičemž známa a popsána je stále jen část z nich. Z tohoto množství je jedlých přibližně 30 000 druhů, ale pouze 7 000 z nich bylo dále domestikováno, šlechtěno a využíváno pro lidskou obživu. Ačkoli je současný jídelníček světové populace poměrně pestrý, z 95 % je tvořen pouze 30 rostlinnými druhy, přičemž převážnou část zde zastává trojice plodin: kukuřice, pšenice a rýže. Výživa lidstva je homogenizována, dochází ke změnám národních stravovacích návyků, některé potraviny mizí, jiné se dostávají do popředí zájmu i v oblastech, kde nejsou zcela tradičními. Děje se tak díky rozvoji obchodu se semeny, dostupnosti exotických potravin v nadnárodních prodejních řetězcích, ale také s nárůstem migrace obyvatel a etnických menšin. Jednou z takových plodin je i rod *Capsicum* i s celou svou rozmanitostí, od sladkých plodů papriky seté až po extrémně pálivé plody papriky křovité (Lebot & Walter 2007).

V čeledi lilkovitých (*Solanaceae*) se nalézá pestrá řada různých zástupců. Jedná se zhruba o 90 rodů s 2500 druhy (Ramchiary & Kole 2019). Jsou zde jak druhy vhodné ke konzumaci, tak také druhy okrasné či dokonce jedovaté, někdy jsou to jedny a ty samé. Z těch, které se staly součástí našeho jídelníčku lze jmenovat běžně konzumované rajče (*Lycopersicon esculentum* P Miller), papriku setou (*Capsicum annuum* L.) či lilek brambor (*Solanum tuberosum* L.) (Prugar 2008), ale také druhy méně známé jako mochyni peruánskou (*Physalis peruviana* L.), tomatillo čili plod mochyně dužnoploché (*Physalis philadelphica* Lam.), pepino (*Solanum muricatum* Aiton) či papriku křovitou (*Capsicum frutescens* L.) označovanou lidově jako tabasko nebo chilli paprika. K významným zástupcům čeledi patří rovněž tabák (*Nicotiana tabacum* L.). Napříč touto čeledí se u mnohých zástupců vyskytuje obsah rozličných alkaloidů, mezi něž jsou řazeny kapsaicinoidy (Siddiq & Uebersax 2018). Označení rodu *Capsicum* bylo poprvé použito roku 1543 a znovu objeveno Linném roku 1753. Název je odvozen z řeckého slova „Capsa“ označující jeho neobvyklý tvar (Ramchiary & Kole 2019).

Rod *Capsicum* sp. byl jedním z prvních domestikovaných druhů, a to již před více než 6 000 lety v oblasti střední a jižní Ameriky. Z celkového počtu 38 známých druhů se stala kulturními druhy pouze šestice z nich: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. pubescense*, *C. chinense*, *C. baccatum* a *C. assamicum*. V oblasti Karibiku zdomácněla především paprika křovitá (Ramchiary & Kole 2019).

Lidé již od pradávna těmto barevným, více či méně pikantním plodům přisuzovali kromě chuťových, také léčivé vlastnosti. Zevně se využívaly k utlumení bolesti, prohřátí a uvolnění svalové tkáně. Vnitřně pak k ředění krve, stimulaci krevního oběhu i imunitního systému nebo jako lék proti nevolnosti. Jak napovídá jejich původ, jedná se o teplomilné rostliny, které potřebují teplotu minimálně 19 °C, aby vykvetly a byly schopny plodit (Storl 2016). Citlivost na teplo dokládá také fakt, že teplota pod 12 °C je schopná rostlinu zahubit (Maguierová 2015). V tropických oblastech se jedná o trvalky, v podnebí chladnějším jsou pěstovány jako jednoleté rostliny. Jejich plody obsahují kromě kapsaicinu také vitamíny. Především vitamín C v 6krát až 8krát větším množství než citrusové plody a nalézá se v nich také provitamín A.

Jako lék byly chilli papriky používány již starými Aztéky, kdy se po smíchání s kukuřičnou moukou nazývali „chillatolli“ a byly podávány při nemocech z nachlazení.

V některých kulturách se setkáváme s chilli při méně obvyklých rituálech jako vyhánění zlých duchů nebo při léčbě hadího uštknutí. Jinde pak byly plody papriky využívány obvykleji, jako prostředek snižující horečku, tišící bolest či zmírňující záněty v krku (Bosland et al. 2012).

České slovo „paprika“ pochází z maďarštiny a je odvozeno ze srbochorvatštiny. V Maďarsku se traduje, že paprika dokáže ochránit před zlem a také před upíry. Dokonce zde bylo zvykem vkládat paprikový lusk pod polštář rodící ženy, aby jí i dítěti byla zabezpečena ochrana. Ačkoli se jedná o maďarské národní koření, bylo do střední Evropy dovezeno teprve na přelomu 18. a 19. století (Storl 2016).

Samotné objevení rodu *Capsicum* sp. je datováno poměrně dříve, do doby, kdy Kryštof Kolumbus doplul do Ameriky v letech 1492 až 1493. Konkrétně za den „objevení chilli papriky“ se považuje 1. leden 1493 (Anreus 1999). Koření označované domorodci na Haiti „ají“ bylo v této oblasti používáno při přípravě mnohých jídel. Dle archeologických nálezů je také patrné, že starověcí Aztékové chovali na maso menší psy, jejichž maso kořenili právě rozdrcenými sušenými plody chilli paprik (Storl 2016). Dnes je použití samotných chilli paprik jako koření velmi rozšířeno, ale jsou také součástí kořenících směsí, jimž dodávají palčivost a také barvu. Nejznámější takovou směsí je pravděpodobně kari. Na blízkém východě je hojně využíván baharat, v severní Africe berbera, v Mexiku mole nebo tabasco omáčka. Všechny tyto kořenící přípravky spojuje jejich hlavní složka, pálivé plody paprik (Lorencová 2007).

Poté, co byla v 15. století přivezena paprika z Ameriky do Evropy, došlo k jejímu dalšímu šíření do Asie a Afriky. Také podle místa, kde došlo k dalšímu rozšíření se utvářel jejich specifický charakter. Papriky, které zdomácněly v mírném pásmu Evropy a Severní Ameriky, jsou většinou konzumovány jako zelenina a mají minimální obsah kapsaicinoidů. Naopak papriky z horkých, suchých oblastí jsou malé, tenkostěnné a velmi pálivé. Je až podivuhodné kolik různých variant lze v tomto rostlinném druhu nalézt. Obr. 1 předkládá široké spektrum variant, které tento rostlinný taxon vytváří (Ramchiary & Kole 2019).



Obr. 1 – Rozmanitost druhu *Capsicum* (Ramchiary & Kole 2019)

Z konzumního pohledu je rod *Capsicum* sp. rozdělen pouze na dvě skupiny, a to na papriku kořeninovou a zeleninovou. Toto rozdělení se používá přibližně od 18. století. Do zeleninových odrůd patří papriky tlustostěnné, velkoplodé a s minimálním či žádným obsahem kapsaicinu. Do druhé skupiny pak jsou zahrnuty všechny ostatní, pálivé papričky. Zpravidla se jedná o plody menší, s vyšším až velmi vysokým obsahem kapsaicinu, používané především jako koření k dochucení pokrmů či pro své léčebné vlastnosti (Pekárková 2001). Právě díky tomuto historickému zařazení se často setkáváme i v současné literatuře s rozdělením rodu *Capsicum* na papriku sladkou *C. annuum* a pálivou papriku či chilli, kde jsou zařazeny ostatní druhy *C. frutescens*, *C. chinense* i *C. pubescens* (Lorencová 2007).

Genetický výzkum zaznamenal blízkost domestikovaných druhů s jejich divokými příbuznými a dle příbuznosti rozlišil rod *Capsicum* sp. na tři genetické komplexy: *C. annuum*, *baccatum* a *pubescens*. Hlavním rozlišovacím kritériem je stupeň jejich genetické příbuznosti a reprodukční slučitelnost. Pro další šlechtění domestikovaných druhů je velmi důležitá schopnost těchto komplexů poskytovat primární, sekundární a terciální genetické zdroje. Hlavními šlechtitelskými cíli je vytvoření komerčně zajímavých a žádaných typů plodů a také vytvoření rostlin odolných proti různým biotickým i abiotickým faktorům. Jedním ze šlechtitelských zásahů je polyploidizace pomocí kolchicinu, kdy z původně diploidních odrůd vznikají polyploidní s více kopiemi chromozomů v jádře. U rodu *Capsicum* sp. toto navýšení ploidity nevede k významnějším agronomickým výhodám a není podstatné ani z pohledu křížení. Obvykle vede k menšímu vzrůstu rostliny s velkými silnými a tmavě zbarvenými listy. Toto tmavé zbarvení je způsobeno navýšením počtu chloroplastů, které jsou také větší než u původních rostlin. U tetraploidů bylo zaznamenáno zpožděné nasazení květů a jejich menší počet. Daleko větší význam má klasické záměrné křížení dvou haploidních jedinců, které bylo prováděno částečně nevědomky již našimi předky a pokračuje nadále při vytváření rozmanitých kultivarů (Ramchiary & Kole 2019).

3.2 Paprika křovitá

Paprika křovitá (*C. frutescens*) bývá také někdy zařazována jako poddruh papriky seté (*C. annuum*). Běžněji se však řadí jako samostatný druh rodu *Capsicum* spolu s již zmíněnou paprikou setou, paprikou čínskou (*C. chinense*), *C. baccatum* a dalšími (Mongkolporn 2018).

Historicky je původ papriky křovité shodný s oblastí prvních nálezů rodu *Capsicum* sp., nicméně je odhadováno, že jeho oblast je položena mírně jižněji, v oblasti povodí Amazonky odkud se dále rozšířila přes Evropu do Asie, především západní Indie. Zdejší klimatické podmínky byly pro tento druh papriky velmi vyhovující a díky horkému a suchému podnebí se zde vyvinuly velmi pálivé chilli papriky. Zajímavostí je, že v oblasti Pacifiku byla paprika křovitá pěstována velmi často jako okrasná rostlina v rámci tradičních zahrad (Lebot & Walter 2007).

Morfologicky je *C. frutescens* velmi podobná *C. chinense* a poměrně dlouhou dobu nebylo s jistotou možno říct, zda se jedná o dva rozdílné druhy či jde o dvě variety druhu jednoho. Dokonce i jejich pylová zrna jsou si velice podobná jak tvarem a velikostí, tak i při studiu pod mikroskopem (Baral & Bosland 2004). Rozdíly mezi pylovými zrny jednotlivých druhů rodu *Capsicum* byly popsány pomocí morfologických znaků a na základě genetické odlišnosti rozděleny do skupin. Morfologická rozmanitost pylových zrn je používána

často jako doplňková metoda pro taxonomické třídění. Studie pylových zrn podporuje klasifikaci do tří hlavních skupin, kde *C. annuum*, *C. chinense* a *C. frutescens* tvoří jeden komplex *annuum* (Martins et al. 2013).

K rozeznávacím znakům tak patří především zúžení kalichu a postavení květů. K rozluštění přispělo až studium DNA a jejích markerů, které je jednoznačně od sebe odlišilo na základě konceptu fylogenetických druhů. Rozdílnost mezi druhy je tak zjevná především na molekulární úrovni (Baral & Bosland 2004).

Jak je zmíněno výše, je paprika křovitá morfologicky velmi podobná paprice seté. Jedná se o rozvětvený keř s nazelenalými květy a protáhlými plody, rostoucími často ve dvojicích (Lebot & Walter 2007). Z botanického hlediska jde o bobuli, ačkoli je často označována nesprávně za lusk. Ta je sklízena v různém stupni zralosti a konzumována (Prugar 2008). Právě zde v plodech lze najít značnou rozmanitost jak ve zbarvení, tak také ve velikosti, chuti i pálivosti (Lebot & Walter 2007). V plodech jsou obsaženy fytoncidy, mezi které patří u různých rostlin z chemického hlediska rozdílné látky od rafaninu (glukosinolát) v ředkvi seté (*Raphanus sativus* L.) přes tomatin (steroidní pseudoalkaloid) v plodech rajčete jedlého až po skupinu kapsaicinoidů (protoalkaloidy) u rodu *Capsicum* sp. Jejich význam je především při obraně rostlin, jak před býložravci, tak také před možnou nákazou mikroorganismy (Kopec 2010).

Pěstování papriky křovité a její nároky jsou prakticky srovnatelné s ostatními rody *Capsicum*, včetně nejrozšířenějšího rodu *C. annuum*. Hlavními podmínkami je dostatek světla a tepla. Proto se nejlépe daří rostlinám na slunném místě a při suchém počasí. Velmi náchylné jsou na bakteriální vadnutí i kořenové hniloby, což je umocněno nepřiměřenou zálivkou. Ze škůdců pak nejvíce trpí na nákazy hlísticemi (*Nematoda*). Při vhodných podmínkách bývá dosahováno vysokých výnosů, a to v závislosti na konkrétní pěstované odrůdě. Méně obvyklou technikou při sklizni je ponechání plodů na rostlině až do jejich vysušení a teprve potom nastává jejich sklizeň. V tomto případě jsou sklizené plody vhodné pro použití jako koření ve formě pasty či prášku (Lebot & Walter 2007).

Při technologii pěstování je nutno dbát na půdní podmínky s dostatečnou mikrobiální aktivitou, vyšším obsahem humusu i živin v podobě makro i mikroprvků. Půdní pH nesmí být vysoce zásadité, vhodnější je spíše mírně kyselější půdní reakce s menším obsahem solí. Kromě zasolených půd jsou rostliny papriky nepříznivě ovlivňovány také přítomností chlóru, jenž brání ukládání asimilátů do plodů. Rovněž je nutno dbát na antagonismus draslíku s vápníkem, kdy by nadbytek draslíku bránil dostatečnému příjmu vápníku, což by mohlo mít za následek špičkovou hnilobu plodů (Vaněk 2012). Tato apikální nekróza se projevuje pouze na špičkách plodů jako hnědé, později zasychající skvrny právě v důsledku nedostatku vápníku. Případně se může jednat také o nedostatečnou závlahu. Pokud skvrny nejsou lokalizovány pouze ve špičkách plodů, ale lze je nalézt také po stranách, je s největší pravděpodobností plod napaden bakteriální chorobou. Zde je vhodné následné chemické ošetření (Pekárková 2001). Mezi další doporučení patří organické hnojení statkovými hnojivy s důrazem na obsah fosforu (Vaněk 2012).

Obecně vyhovuje druhu *C. frutescens* pěstování v nádobách, kde působí velmi dekorativně, především díky kompaktnímu keříkovitému vzrůstu a množství drobných sytě zbarvených vzprímených plodů s pálivostí mezi 50 000 až 100 000 SHU, tedy Scovillových

jednotek (Scoville heat units). Jedinou podmínkou pro využití svého plného potenciálu je dostatek přímého slunečního záření.

Mezi nejznámější kultivary papriky křovité patří 'Tabasco' a 'Piri piri' (Maguierová 2015). Často je ve spojitosti s paprikou křovitou používáno označení kayenský pepř, nejedná se však o kultivar, ale o obecné označení sušených plodů papriky, především právě odrůdy *C. frutescens*, ale může zahrnovat i jiné pálivé odrůdy. Kayenský pepř je tedy synonymem pro označení chilli (Lorencová 2007).

3.2.1 Kultivar 'African devil'

K paprice křovité se řadí také kultivar 'African devil' někdy označovaný také jako 'Zimbabwe bird'. Tento kultivar roste jak divoce, tak také domestikovaně. Vyrůstem patří k menším odrůdám, pálivostí se však řadí spíše k velmi pikantním. Často se tak před jeho použitím odstraňují semena společně s placentou, jakožto části s největší koncentrací kapsaicinu (Oboh & Ogunraku 2010). Na Scovilleově stupnici je uváděna pálivost 200 000 – 350 000 SHU. Jak napovídá samotný název, pochází tento kultivar z Afriky, kde je velmi oblíbený, a to především jako koření v podobě prášku získaného rozemletím sušených plodů (Pepperheads for life). Za konkrétní místo původu i názvu tohoto kultivaru je pokládána jižní Afrika, území Zimbabwe (Kosina 2012).

Plody jsou menší, oválné a při plné zralosti jasně červené barvy. Stejně jako jiné druhy rodu *Capsicum* je v příhodných podmínkách rostlina vytrvalá. V podnebí chladnějším je pak pěstována jako jednoletá. V rámci rychlosti růstu a dozrávání patří k náročnějším odrůdám. Ideální pH půdy je 7,5 až 8,5 a teplota pro růst okolo 24 °C. Ideální je neustále vlhký substrát a slunné stanoviště (Pepperheads for life).

Velikost Jehlancovitých plodů je poměrně malá, v průměru mají 20×6 mm. Samotná rostlina pak nedorůstá výšky více než 40 cm. Klíčivost je 95 % (Kosina 2012).

3.3 Alkaloidy

Termín alkaloidy byl poprvé použit a zaveden farmaceutem W. Meissnerem roku 1819 jako označení pro skupinu zásaditých dusíkatých organických sloučenin (Kar 2000). Vznikají převážně přeměnou aminokyselin především při rostlinných biochemických pochodech. Pokud se jedná o sloučeniny, které nevznikly jako derivát aminokyselin (AMK), jsou označovány za pseudoalkaloidy. Podle přítomnosti či absence heterocyklu je lze rozlišit na pravé alkaloidy a protoalkaloidy. Tyto dvě skupiny jsou dále tříděny dle struktury cyklického řetězce či podle AMK ze které byly odvozeny (Siddiq & Uebersax 2018). Celkem je známo přes 1000 alkaloidů, a ačkoli se jedná o látky dominující rostlinné říši, v malé míře je lze nalézt také u hub či živočichů. Nelze však říct, že jsou zastoupeny ve všech rostlinných čeledích. Konkrétně se vyskytují především u čeledí: toješťovitě (*Apocynaceae*), dřišťálovité (*Berberidaceae*), makovité (*Papaveraceae*), pryskyřníkovité (*Ranunculaceae*), mořenovité (*Rubiaceae*) a již zmiňované lilkovité.

V jejich názvech se často odráží původ, kupříkladu u atropinu nacházejícímu se v rulíku zlomocném (*Atropa belladonna* L.). Jindy je odvozen od fyziologických účinků, jako je tomu

u emetinu vyvolávajícímu zvracení či narkotinu nacházejícím se u čeledi *Papaveraceae* a způsobujícím útlum (Kar 2000).

Do skupiny výše zmíněných protoalkaloidů řadíme také kapsaicinoidy jako je kapsaicin, dihydrokapsaicin a další. Všechny tyto sloučeniny vyvolávají u rodu *Capsicum* sp. pálení, ačkoli převážnou část tvoří kapsaicin a dihydrokapsaicin. Syntézu jednotlivých kapsaicinoidů kontrolují různé geny, což je zodpovědné za jejich rozdílný podíl v rámci druhu i variabilitu v celkovém obsahu kapsaicinoidů mezi různými odrůdami (Siddiq & Uebersax 2018).

Již ve starověké Indii byly tyto palčivé sloučeniny známy a jejich vlastností využíváno k léčení. V rámci učení ayurvédy se ke čtyřem základním chutím řadí pálivost jako pátá chuť. V současnosti nalézají uplatnění tyto sekundární metabolity v kosmetice, farmacii, ale také v chemickém průmyslu či jako součást obranných vojenských látek (Lapčík et al. 2011). Zde se lze kromě kapsaicinoidů setkat i s jinými alkaloidy vykazujícími schopnost vyvolat pocit pálení. V černém pepři (*Piper nigrum* L.) se nachází piperidin vyvolávající rovněž podráždění receptoru TRV1 stejně jako kapsaicinoidy, nicméně s přibližně 1000× menší účinností (Provost et al. 2016).

3.3.1 Kapsaicinoidy

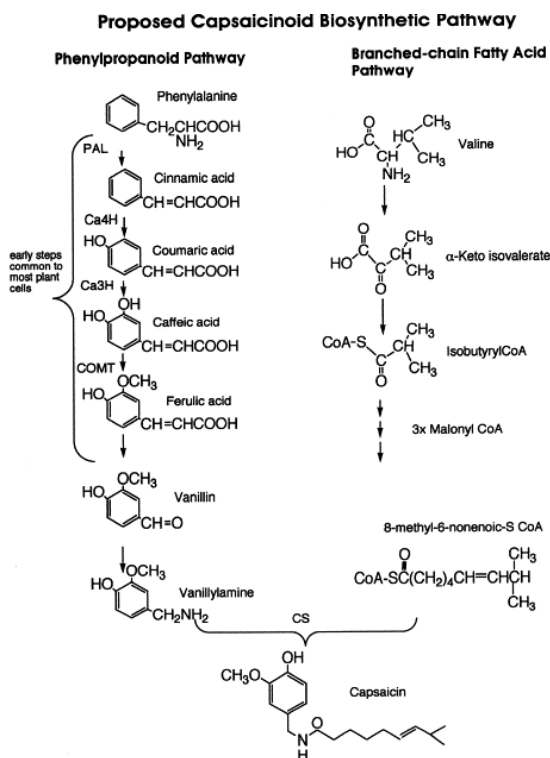
Chilli papriky bývají označovány jako superpotravina právě díky schopnosti syntetizovat jejich sekundární metabolity, kapsaicinoidy. Typická štiplavost či pálivost stojí pravděpodobně za velkou mírou jejich používání. V celosvětovém měřítku předčí konzumaci chilli paprik pouze sůl (Andrews 1999). Obsah kapsaicinu je tedy jedním z hlavních kvalitativních znaků všech plodů rodu *Capsicum* sp. (Curry et al. 1999).

Kapsaicinoidy a jejich vznik jsou široce studovány od počátku 19. století (Liu et al. 2013). Ačkoli kapsaicin samotný byl objeven a pojmenován ve Spojených Státech Amerických J. C. Treshem již v roce 1876, struktura jeho molekuly a popis chemické struktury jako *trans*-8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamidu se uskutečnil v roce 1923 (Reyes-Escodigo et al. 2011).

Za tvorbu kapsaicinoidů je zodpovědný gen na lokusu *Pun1* druhého chromozomu. Genetické mapování ukázalo, že existují rozdíly v genetickém základu různých kapsaicinoidů a na šesti chromozomech bylo identifikováno dvanáct lokusů zodpovědných za řízení jejich tvorby. Několik z těchto dvanácti lokusů se nachází na čtvrtém chromozomu. Regulační funkce při biosyntéze kapsaicinu má šest genů uložených na chromozomech 1, 3 a 6 (Ramchiary & Kole 2019).

Obecná biosyntetická dráha vzniku kapsaicinoidů byla sestavena později, a to až v 60. letech 20. století. Během studia této dráhy došlo k pochopení jejich tvorby jako kondenzace vanillylaminu odvozeného od L-fenylalaninu. Tato kondenzace probíhá společně s mastnou kyselinou (MK) s rozvětveným řetězcem, kdy se jedná o MK odvozenou od valinu či leucinu. Zároveň je do dráhy zapojena sekvenční syntéza fenylalaninu a některých kyselin, jako kyseliny *p*-kumarové, skořicové či kávové. Následně se tvoří vanilin a vanillylamin. Do tohoto složitého biochemického procesu vstupuje řada enzymů katalyzujících vznik kapsaicinoidů. Jedná se o enzymy související s kyselinou kávovou jako fenylalaninamonium lyáza (PAL), O-methyltransferáza (COMT) či cinamát 4-hydroxyláza (Ca4H). Později byly identifikovány i další enzymy podílející se na tvorbě kapsaicinoidů. Jedná se především o hydroxycinnamoyl

transferázu, 4-kumaroyl-CoA ligázu, kafeoyl-CoA-O-methyltransferázu a hydroxycinnamoyl-CoA hydratázu/lyázu (Liu et al. 2013). Díky těmto dílčím poznatkům byla sestavena pravděpodobná cesta syntézy kapsaicinu (Obr. 2) (Curry et al. 1999).



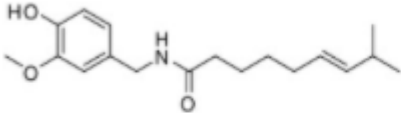
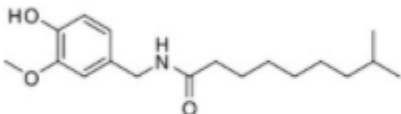
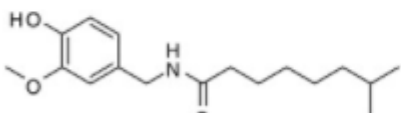
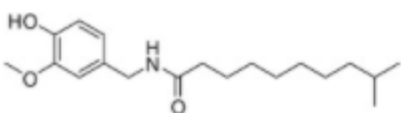
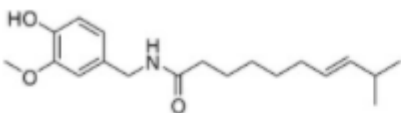
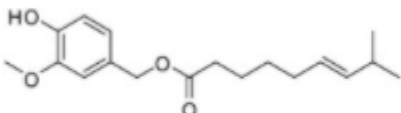
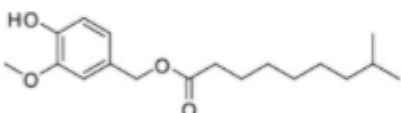
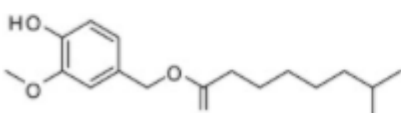
Obr. 2 – Navržená cesta vzniku kapsaicinu (Curry et al. 1999)

Nejběžnějšími kapsaicinoidy jsou kapsaicin a dihydrokapsaicin. Dále se přirozeně vyskytuje dalších pět metabolitů: nordihydrokapsaicin, homodihydrokapsaicin, homokapsaicin, norkapsaicin a nornorkapsaicin. Jednotliví zástupci se od sebe liší délkou postranního řetězce a přítomností dvojných vazeb. Z genetického hlediska je pálivost řízena dominantním genem, naopak plody bez štiplavé chuti jsou znakem recesivním. Jednotlivé geny, které řídí množství syntetizovaných kapsaicinoidů i jejich poměr, jsou dále zkoumány. Samotná syntéza probíhá v epidermálních buňkách placenty, v jejichž vakuolách jsou kapsaicinoidy primárně hromaděny. Následně jsou vyloučeny z buněk do extracelulárního prostoru mezi kutikulou a placentou, což lze pozorovat především u velmi pálivých odrůd jako žluté až oranžové kapky (Curry et al. 1999). Mimo placenty se nacházejí kapsaicinoidy i v samotných semenech a v menší míře také v dužině plodů (Parthasarathy et al. 2008).

Samotná tvorba kapsaicinoidů je ovlivňována více faktory, přičemž základ tvoří genetické předpoklady rostliny samotné. Další vliv má umístění konkrétního plodu a v neposlední řadě významně zasahuje interakce rostliny a vnějšího prostředí. Bylo prokázáno, že při pěstování v chladnějším prostředí se významně snižuje pálivost plodů (Curry et al. 1999).

Díky intenzivnímu studiu jejich farmakologických účinků bylo prokázáno působení při léčbě bolesti, rakoviny, ale také při hubnutí. Nesporné jsou rovněž účinky na kardiovaskulární systém a zažívací ústrojí. Obdobné vlastnosti vykazují také nově objevené kapsaicinoidy. Na rozdíl od kapsaicinoidů jsou však méně pálivé a jsou rozpustné ve vodě, čeho

by v budoucnu mohlo být využito především v humánní medicíně. Komplexní přehled prokázaných účinků kapsaicinoidů a některých kapsinoidů uvádí obr. 3 (Luo et al. 2011).

Chemická struktura	Molekulární vzorec	Vlastnosti
	$C_{18}H_{27}NO_3$	Analgezie, protirakovinné, protizánětlivé, antioxidační, proti obezitě
Kapsaicin		
	$C_{18}H_{29}NO_3$	Analgezie, protirakovinné, protizánětlivé, antioxidační, proti obezitě
Dihydrocapsaicin		
	$C_{17}H_{27}NO_3$	Přímé důkazy nejsou k dispozici
Nordihydrocapsaicin		
	$C_{19}H_{31}NO_3$	Přímé důkazy nejsou k dispozici
Homodihydrocapsaicin		
	$C_{19}H_{29}NO_3$	Přímé důkazy nejsou k dispozici
Homocapsaicin		
	$C_{18}H_{26}O_4$	Protirakovinné, protizánětlivé, antioxidační, proti obezitě
Capsiate		
	$C_{18}H_{28}O_4$	Protirakovinné, protizánětlivé, antioxidační
Dihydrokapsát		
	$C_{17}H_{26}O_4$	Protirakovinné protizánětlivé látky
Nordihydrokapsát		

Obr. 3 – Přehled účinků kapsaicinoidů a některých kapsinoidů (Luo et al. 2011)

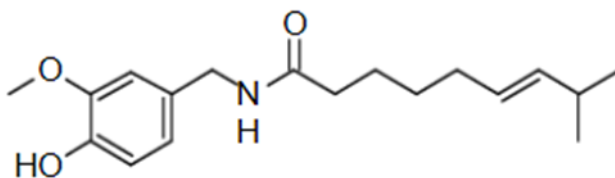
3.3.2 Kapsaicin

Nejvýznamnějším kapsaicinoidem je bezbarvý, krystalický kapsaicin ($C_{18}H_{28}NO_3$). Tato sloučenina bez zápachu s molekulovou hmotností $305,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ se přirozeně vyskytuje pouze jako *trans*-izomer (Reyes-Excodigo et al. 2011). U savců ovlivňuje receptory Transient receptor potential vanilloid 1 (TRVP1) tak, že snižuje teplotu pronikání vápníku do buněk, což vyvolává nervovou odezvu v podobě bolestivého vjemu. Za nepřítomnosti kapsaicinu je standardně vnímána bolest při překročení teploty $42,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Ve Scovillově stupnici pálivosti je čistý kapsaicin považován za nejpálivější substanci s hodnotou $16\,000\,000 \text{ SHU}$. Další vlastnosti se odvíjejí od jeho hydrofóbního charakteru, kdy jej nelze rozpouštět ve vodě, ale pouze v alkoholu anebo tucích. Ve skupině kapsaicinoidů tvoří okolo 69 % (McDonald et al. 2016). V trávicím traktu je po konzumaci kapsaicin vstřebáván jen velmi málo a v nezměněné podobě prochází tělem, což může vést až k bolestivému vyměšování. Během svého působení v těle však aktivuje obranný systém a povzbuzuje trávení. Obezřetnost v konzumaci chilli je na místě především u osob s poruchami trávicí soustavy, především při poškození žaludeční sliznice (Andrews 1999).

Kapsaicin má nesporně mnohé léčivé účinky. Kromě výše zmíněného působení na kardiovaskulární soustavu či při tlumení bolesti, působí proti nemocem z nachlazení, při úpravě trávení a také proti střevním parazitům. Díky schopnosti zvýšit prokrvení tkání je jedním z možných oblastí využití léčba artritidy a revmatismu. Kromě léčivých účinků a chuťových vlastností jsou při používání či nadměrné konzumaci chilli paprik i určité negativní dopady. Poměrně často dochází při delším kontaktu s pokožkou k jejímu podráždění. Daleko nebezpečnější je však vniknutí kapsaicinu do očí, doprovázené značnou bolestí, kdy hrozí až nebezpečí zánětu (Lorencová 2007). Kapsaicin by rovněž neměl přijít na poraněnou pokožku, jak je uvedeno v příbalových letáčích kapsaicinových náplastí.

V oblasti veterinárního využití byl zaznamenán antikocidický účinek, zvýšení stravitelnosti živin z krmné dávky a možnost snížení množství podávaných antibiotik. Fyziologicky působí na zvýšení prokrvení sliznic a sekrece žaludečních kyselin pomocí uvolnění endogenních gastrických sekretogenů (Opletal & Skřivanová 2010).

Ze vzorce na obr. 4 lze pozorovat jeho relativně velkou molekulu v jejímž středu se nachází atom dusíku. Další součástí je polární funkční skupina. Díky své struktuře je molekula kapsaicinu schopna vytvářet s vodou vodíkové můstky, což způsobuje větší stabilitu, menší těkavost a jeho větší účinnost (Provost et al. 2016).



Obr. 4 - Strukturní vzorec kapsaicinu (Velíšek 2014)

Výzkumy ukazují, že ve srovnání s rostlinami pěstovanými v jiných částech světa je v paprikách rostoucích v Africe daleko větší koncentrace kapsaicinu, čehož je využíváno především ve farmaceutické výrobě (Andrews 1999). V rámci jedné rostliny je pak koncentrace

navýšena u menších plodů a při jejich plné zralosti (Velíšek 2014). Další navýšení obsahu kapsaicinu způsobí stres způsobený suchem. Především za silnějšího slunečního záření dochází k vysušení plodů, ve kterých je pak kapsaicin nahromaděn (Andrews 1999).

Detekce kapsaicinu v těle savců probíhá pomocí vanilloidních receptorů TRVP1. Jedná se o důležité molekulární senzory, jejichž výzkum pomáhá pochopit vnímání bolestivých podnětů a tím také otevírá nové možnosti pro vývoj analgetik (Gomtsyan & Faltynek 2010). Pokud je TRVP1 v buňce aktivován, nastává zvýšení vnitrobuněčné koncentrace kationtů Ca^{2+} jakožto odpověď na extracelulární podráždění. To může být zapříčiněno více způsoby. Jedná se o zvýšení teploty, snížení pH, kontakt s vanilloidy včetně kapsaicinu nebo působení metabolitů kyseliny arachidonové. Receptor se nachází nejen v buněčné membráně, kde slouží jako neselektivní iontový kanál, ale také na endoplazmatickém retikulu. Jeho regulace působí na více úrovních. Je pravděpodobné, že také sehrává roli při působení významných látek jako nikotin, bradykinin a ethanol. Dalším předpokladem je blokáce právě těchto receptorů při podávání lokálních anestetik jako je lidokain. Intenzivní studium TRVP1 odhalilo velkou složitost jejich regulačních mechanismů a také jeho expresi napříč organismem (Cortright & Szallasi 2004). Farmaceutické využití tak nabízí širokou škálu možností. Mimo jiné je v současnosti využíván krém s obsahem kapsaicinu u pacientů po amputacích ke zmírnění fantomových bolestí. Slibně se jeví také použití u specifických bolestí hlavy, jako cluster headache (Bosland et al. 2012).

Stanovení kapsaicinu v laboratoři je poměrně obtížné. Samotná látka je bez chuti a bez zápachu. Z tohoto důvodu byl vyvinut Scovillův organoleptický test. Vzhledem k subjektivnosti metody byla později nahrazena kapalinovou chromatografií. Nicméně jsou výsledky stále prezentovány i v jednotkách SHU (Andrews 1999).

3.3.3 Scovilleova stupnice

Scovillův test pálivosti byl sestaven americkým farmaceutem, Wilburgem Lincolnem Scovillem v roce 1912. Míra pálivosti chilli paprik je v tomto testu stanovena pomocí organoleptického hodnocení a následného zařazení do tabulky dle jednotek SHU (Velíšek 2014). Tyto jednotky odpovídají množství potřebných zředění, aby byl vzorek vyhodnocen při ochutnávce jako nepálivý. Samotné hodnocení probíhá v podobě ochutnávání cukerného roztoku a stanovovaného vzorku a jeho následné ředění až do bodu, kdy je takovýto roztok označen za nepálivý. Z uvedeného tak vyplývá, že s větším množstvím nutného ředění roste také obsah kapsaicinu ve vzorku (Parthasarathy et al. 2008).

Čistý kapsaicin je označován za maximálně pálivý se 16 000 000 SHU, homokapsaicin má přibližně poloviční pálivost 8 600 000 SHU (Velíšek 2014). Jedna z nejpálivějších chilli paprik 'Carolina reaper' dosahuje 2 200 000 SHU. Středně pálivé 'Tabasco' má přibližně 50 000 SHU. K přímé konzumaci se hodí papriky s nízkými hodnotami, jako 'Jalapeno' s maximem okolo 8 000 SHU (Maguierová 2015).

Stupnice jednotek SHU je od 0 do 16 000 000, přičemž se vždy postupuje po 100. Hlavním předpokladem je schopnost ochutnávačů správně rozlišit bod, kdy je vzorek označen za nepálivý. Je tedy nutné zaškolení a určité schopnosti těchto dobrovolníků. I přes určité nevýhody vyplývající ze subjektivnosti testování, nachází tento způsob stanovení obsahu kapsaicinu stále uplatnění. Přesnější metodou je stanovení obsahu kapsaicinoidů pomocí

HPLC. Nespornou výhodou je možnost rozlišení jednotlivých kapsaicinoidů a přesné měření bez subjektivního ovlivnění. Nevýhodou pak nároky na laboratorní vybavení (Parthasarathy et al. 2008).

3.4 Voda

Základním předpokladem pro úspěšný růst rostlin je dostatečné zásobení vodou. Při pěstování chilli by substrát měl být neustále zvlhčený, ale nikoli přemokřený, kdy by docházelo k uhnívání kořenů (Maguierová 2015). Voda pro závlivku by měla mít vhodné složení a neměla by obsahovat škodlivé složky. V opačném případě by mohlo dojít ke snížení produkce či dokonce k poškození rostlin.

Závlivková voda by v žádném případě neměla zapáchat ani být zakalena. Hodnota pH by měla být neutrální, případně mírně kyselá. Zásadité pH je v tomto případě nevhodné, stejně jako koncentrace solí nad 1 g.l^{-1} . Při pěstování by se mělo také dbát na vhodnou teplotu vody v rozmezí $10\text{--}25 \text{ }^\circ\text{C}$ v závislosti na ročním období a okolní teplotě (Vaněk 2012).

3.4.1 Voda ve vodovodním řadu

Pitná voda je složena nejen ze samotných molekul H_2O , ale také z množství rozpuštěných organických i anorganických látek. Vzhledem k množství rozpuštěných vícemocných kationtů kovů alkalických zemin je voda zdrojem životně důležitých prvků, jako je vápník a hořčík. V několika studiích byla prokázána souvislost mezi tvrdou vodou a sníženým výskytem cévních onemocnění. Dalšími prokázanými účinky je ochrana před zubním kazem, strumou, amyotrofickou laterální sklerózou či protektivní účinek v oblasti neurologických poruch způsobených vyšším věkem. Další studie poukazují na souvislost mezi vyšším obsahem hořčíku ve vodě a sníženým výskytem těhotenské preeklampsie i diabetu. Ze zdravotního hlediska existuje však určité optimum celkové tvrdosti pitné vody $2\text{--}4 \text{ mmol.l}^{-1}$ s obsahem hořčíku $20\text{--}30 \text{ mg.l}^{-1}$ a vápníku okolo 50 mg.l^{-1} (Kožíšek 2001).

Voda z řadu musí splňovat přísné hygienické limity, které jsou pravidelně kontrolovány. Sledovány jsou nejen vlastnosti fyzikální, jako obsah nebezpečných látek, ale také přítomnost nežádoucích mikroorganismů. Určité parametry musí být splněny také v oblasti chuťových vlastností (Ministerstvo zdravotnictví 2000).

Konkrétní hodnoty jednotlivých parametrů v rámci povoleného rozmezí jsou rozdílné, vždy v závislosti na hlavním zdroji pitné vody pro danou oblast. Kvalita vody se na území České republiky odlišuje především obsahem solí a rozpustných sloučenin vápníku a hořčíku, které určují tvrdost vody. Z dezinfekčních důvodů přidávaný chlór není pro rostliny významnějším problémem. Jeho koncentrace v pitné vodě nepřekračuje $1,5 \text{ mg}$ na litr a po stočení se okamžitě mění na chlorid.

Voda z řadu u nás dosahuje velmi vysoké kvality a má stabilní složení, což z ní činí pro rostliny velmi kvalitní závlivku (Vaněk 2012). Aby bylo možno udržet stanovenou kvalitu, je nutná úprava pitné vody před vstupem do řadu. Za tímto účelem jsou využívány schválené chemické látky jako hydroxid sodný, soda, manganistan draselný, oxid uhličitý, ozón, kyslík, síran hlinitý nebo polyfosforečnany zabraňující korozi vodovodního potrubí a následnému možnému uvolňování rzi. Hodnoty jsou pravidelně stanovovány na vybraných odběrných

místech a jsou veřejně přístupné. Nejbližší místo, ze kterého byly prováděny rozbory a jejich hodnoty jsou v tab. 1 (Severočeské vodovody a kanalizace 2021).

Tab. 1 – Naměřené hodnoty ze dne 23.9.2020, V Domcích 2427, Louny 440 01

Dusičnany	1,4 mg.l ⁻¹
Vápník	28,5 mg.l ⁻¹
Hořčík	3,67 mg.l ⁻¹
Tvrdost	0,86 mmol.l ⁻¹
Tvrdost v německých stupních	4,8° dH

3.4.2 Destilovaná voda

Jeden z prvních farmaceutických spisů *De materia medica* zmiňuje již okolo roku 78 př. n. l. pojem destilace. Autorem je lékař a farmaceut Dioskorides jemuž je přisuzován objev samotného destilačního procesu, kdy vyráběl tímto postupem z vína alkohol. Destilace byla hojně používaným procesem také v období středověku v alchymistických dílnách, stejně jako v počátcích vzniku chemie (Dohnal 2014).

Podle definice moderní chemie se jedná o čistící proces, kdy se oddělují od sebe kapaliny s rozlišnou těkavostí. Za tímto účelem je využita destilační kolona, kdy se v jedné nádobě přivede k varu směs kapalin, páry jsou po zchlazení vysráženy a stáčeny do vedlejší nádoby, čímž dojde k pročištění a oddělení kapaliny ze směsi (Duroudier 2016).

Ačkoli by mělo být použití destilované vody z pohledu nežádoucích látek zcela bezpečné, byly zaznamenány její nežádoucí účinky při využití jakožto zálivkové vody již na počátku 20. století. Jednou z možných příčin jsou její hypotonické vlastnosti, tedy snížení obsahu elektrolytů, které jsou pak následně vyluhovány z kořenů rostlin, čímž dochází k odběru živin z kořenů. Následné zvýšení propustnosti buněčných membrán vede k dalším ztrátám. Proces lze zvrátit přidávkem vápenaté soli do destilované vody, čímž se zabrání dalšímu poškozování tímto typem zálivky, jak popsal True (1914) již na začátku 20. století.

3.4.3 Tvrdost vody

Jedna ze sledovaných hodnot u pitné vody je její tvrdost, jelikož nevhodné hodnoty mohou nepříznivě ovlivňovat organismus. Stejně jako živočichové, reagují na vysoké hodnoty také rostliny. Z pohledu zálivky je vhodná voda měkká, a to vzhledem k možnému působení tvrdé vody jako alkalizujícího a zaselujícího faktoru. Lze rozlišit tři hlavní typy tvrdosti vody a to přechodnou, trvalou a celkovou. Vzhledem k tomu, že první typ způsobuje přítomnost hydrogen uhličitanu vápenatého a hořečnatého, je při jejich vyšší koncentraci možno využít alkalizující vlastnosti při zálivce na půdách kyselých (Vaněk 2012).

Tvrdá voda může mít negativní sensorické vlastnosti jako je nepříjemná pachůť, tvorba povlaků na hladině či prodloužení doby varu zeleniny a masa. Z technického pohledu snižuje životnost potrubí i nádrží. Z těchto důvodů by mohlo být přistoupeno k technické úpravě vody v řadu, a to především ve smyslu jejího změkčování. Metody způsobující celkovou demineralizaci jsou pro pitnou vodu zcela nevhodné. Patří zde destilace a deionizace. Další

postupy jako nanofiltrace, reverzní osmóza a využití iontoměníčů mohou být jako úprava pitné vody sporné. Výjimečně je využíváno dávkování fosforečnanů a polyfosforečnanů. Z pohledu zdravotních rizik se doporučuje úprava pouze ojedinele, a to pouze u vody s tvrdostí nad 5 mmol.l⁻¹ (Kožíšek 2001).

3.5 Mikrovlnné záření a jeho využití

Soubor všech vlnových délek je označován jako elektromagnetické spektrum, které lze dále dělit na jednotlivé oblasti. Tab. 2 uvádí toto rozdělení podle rozmezí vlnových délek (Lázníčková & Kubíček 2014).

Tab. 2 – Oblasti elektromagnetického spektra (Lázníčková & Kubíček 2014)

Oblast	Rozmezí vlnových délek
Gama záření	< 0,1 nm
Roentgenové záření	0,1–0 nm
Ultrafialové záření	10–400 nm
Viditelné spektrum	400–800 nm
Infračervená oblast	800 nm–4 mm
Mikrovlny	4 mm–0,25 m
Radiovlny	> 0,25 m

Mikrovlny jsou tedy zářením o frekvenci 30 GHz–300 MHz. Jako první interakce mezi těmito vlnami a materiálem je označeno roztavení čokolády v laboratoři v roce 1946. Tento proces byl následně zdokonalen a veřejnosti představen v podobě mikrovlnné trouby již v roce 1952. Principem ohřevu pomocí mikrovln je převod elektromagnetické energie na teplo. Molekuly vody, která je v potravinách zastoupena se rozvíjejí, následně nárazy i tření zvýší elektromagnetický stav těchto molekul a tím zvýší teplotu (Horikoshi & Serpone 2013).

Pro běžné použití v domácnostech jsou konstruovány mikrovlnné trouby tak, aby byly bezpečné a zdravotně nezávadné. Zdroj, tedy magnetron, rozptyluje vlny všemi směry. Po nárazu na stěny zařízení jsou pak zcela beze zbytku odráženy zpět a konstrukce přístroje znemožňuje jakékoli zdravotní poškození. Stejně tak nezávadnost potravin odpovídá stavu jako po jakékoli jiné tepelné úpravě. Celková kontrola je zajištěna WHO a jejím dozorem (Pekárek 2006).

3.6 Faktory ovlivňující růst rostlin

Rostliny jsou ovlivňovány především půdními a klimatickými vlivy. Z půdních vlastností jsou to hlavně její fyzikální vlastnosti, sorpce živin a půdní reakce. Fyzikální vlastnosti půdy, jakými jsou půdní struktura, objemová hmotnost či pórovitost ovlivňují řadu dalších procesů. Nejvýznamněji zde zasahuje právě struktura půdy (Vaněk et al. 2016). Jedná se především o uspořádání jednotlivých půdních částic a s nimi spojených pórů, což vede k ovlivnění transportu a zadržování půdního roztoku, plynů i tepla. Stejně tak je půdní strukturou ovlivněn růst kořenů, mikrobiální aktivita a rozklad organického materiálu (Huang et al. 2011).

Další oblastí je schopnost samotné půdy zadržovat živiny. To se děje pomocí biologické, chemické a výměnné sorpce. Dochází tak k vázání živin, omezení jejich ztrát vyplavením, a následné možnosti využití rostlinami (Vaněk et al. 2016). Tyto esenciální nenahraditelné prvky ve výživě rostlin jsou rozděleny dle svého zastoupení a vlastností na čtyři skupiny, které popisuje tab. 3 (Marschner & Marschner 2011).

Tab. 3 – Přehled esenciálních prvků ve výživě rostlin (Marschner & Marschner 2011)

Skupina	Prvky	Hlavní funkce
1.	C, H, O, N, S	Hlavní stavební prvky živých organismů. Jsou nezbytné při všech enzymatických reakcích.
2.	P, B, Si	Nezbytné při určitých reakcí, především ve spojení s přenosem energie.
3.	K, Na, Ca, Mg, Mn, Cl	Regulace membránové propustnosti, aktivace enzymů a kontrola elektrochemického potenciálu buněk.
4.	Fe, Cu, Zn, Mo	Součást enzymů. Umožňují transport elektronů.

S příjmem živin a celkovým ovlivňováním růstu rostlin je také spojena půdní reakce, tedy pH půdy. Hodnota je dána koncentrací vodíkových iontů, která je ovlivněna obsahem sloučenin v půdě. Nejvíce ovlivňují koncentraci vodíkových protonů CaCO_3 , H_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, huminové kyseliny a fulvokyseliny. Pokud je stanoveno pH menší než 7, jedná se o kyselou půdu s převládajícími H^+ . V opačném případě, při pH nad 7 je zde převaha OH^- a půda je zásaditá. Hodnota pH je stanovena buď jako aktivní pH nebo jako potencionální, do kterého jsou zahrnuty mimo volných vodíkových protonů, také ty, které jsou vázané na půdní koloidy. Ačkoli jsou mírné rozdíly mezi jednotlivými druhy, je z obecného hlediska pro růst rostlin nejvhodnější pH mezi 6 až 6,5 (Vaněk et al. 2016).

Klimatické podmínky rostliny nejen ovlivňují, ale také formují jejich evoluční vývoj, jako odpověď na globální změny. Současný nárůst průměrné teploty ovlivňuje nejen skladbu plodin, ale také jejich vegetační délku a výnos. Globální klimatické změny jsou společně s nárůstem populace a tlakem na zvyšování produkce, jedním z hlavních ekologických problémů současnosti (Yadav et al. 2011).

Samotné rostliny jsou ovlivněny především teplotou, světelnou periodou a ovzduším. Konkrétní podmínky stanoviště odpovídají poloze, nadmořské výšce a expozici. V kulturních porostech pak do těchto vlivů zasahuje také agrotechnika pěstování, kdy například orientace řádků ovlivní míru osvětlení rostlin. Světlo patří k jednomu z nejvýznamnějších vnějších faktorů (Vaněk et al. 2016).

Společně s měnícími se podmínkami prostředí se poté mění i samotná rostlina. Během těchto proměn dochází k přizpůsobování, které může vést až k tvorbě nových orgánů a změnám genetické výbavy rostliny (Kincl & Krpeš 2006).

3.6.1 Prvky ve výživě rostlin

Z pohledu fyziologie je vhodné dělení prvků dle jejich množství zastoupení v rostlinném těle na makroprvky, mikroprvky a prvky užitečné. Hlavní příjem živin probíhá pomocí kořenů. Mimokořenová, především foliární výživa, je pouze doplňkovým způsobem příjmu živin, který lze v praxi využít okrajově, například při řešení akutního nedostatku hořčíku u polních plodin během vegetace (Vaněk et al. 2016).

Pokud se některý z těchto prvků v půdě vyskytuje v nedostatečném množství, dochází k jeho deficitu v rostlině a ve většině případů také k následným vizuálním projevům. Podle charakteristických symptomů lze často určit, který z prvků rostlině chybí. Nejčastěji se jedná o chlorózy, nekrózy, zpomalený růst, deformace a netypické zbarvení. Rovněž poloha těchto abnormalit může vést k rozklíčování výživového problému. Stejně jako nedostatek, tak i výrazný nadbytek živiny může vést k negativním projevům. Často se lze setkat s nadbytečným množstvím dusíku u nepřiměřeně hnojených polních plodin, což vede k větší náchylnosti na napadení chorobami i škůdci. Pokud je hlavním zdrojem dusíku amonná forma, může nastat toxické působení v jehož důsledku dochází k rozpadu vodivých pletiv (Jones 2012).

3.6.2 Makroprvky

Makroprvky z tabulky č.3 jsou skupinou, která je v rostlině zastoupena v největší míře, od desetin po desítky procent. Společně jsou základnou veškeré rostlinné hmoty i biochemických pochodů. Patří zde základní stavební kameny živé hmoty: vodík, kyslík a uhlík (Vaněk et al. 2016). Společně s dusíkem jsou součástí aminokyselin, enzymů, nukleových kyselin, alkaloidů i purinových bází.

Dusík je v rostlině zastoupen v obou formách. Organická forma převládá ve vysokomolekulárních bílkovinách. Jeho anorganická, nitratová forma, může být hromaděna ve stoncích a vodivých pletivech (Jones 2012). Nedostatek vede k omezené tvorbě chlorofylu, což má za následek omezení růstu. Nachází se jako složka pigmentových komplexů, enzymu Rubisco, elektronových přenašečů a mnoha dalších složek se stavební, metabolickou, transportní i zásobní funkcí (Kincl & Krpeš 2006).

Fosfor tvoří součást vybraných enzymů a proteinů. V podobě ATP se účastní energetického přenosu v buňce. Rovněž je nepostradatelnou součástí obou nukleových kyselin, DNA i RNA (Jones 2012). Hlavní forma fosforu v semenech je v podobě fytinu, tedy směsné soli kyseliny fytové. Tvoří zde spolu s mikroprvky zásobu živin a energie pro klíčící rostlinu. Převážná část jejího obsahu se nalézá v povrchových vrstvách semena, což může být významné především z nutričního pohledu pro jeho pozitivní i negativní působení. Na jedné straně stojí její antinutriční působení při snižování využitelnosti fosforu a dalších prvků z potravy. Na straně druhé působí jako antioxidant, snižuje riziko kolorektálního karcinomu a podporuje metabolismus lipidů (Opletal & Skřivanová 2010).

Draslík sehrává klíčovou roli ve vodním režimu rostlin, regulaci buněčného turgoru a také při otevírání a zavírání průduchů (Jones 2012). V pletivech zajišťuje iontovou rovnováhu a aktivuje enzym Rubisco, proto také dochází k jeho hromadění v místech s intenzivním metabolismem. Zvýšenou pozornost je nutno věnovat antagonismu s vápenatým kationtem.

Vápník zpevňuje buněčnou stěnu a ovlivňuje hospodaření s vodou regulací hydratace základní cytoplazmy (Kincl & Krpeš 2006). Je součástí buněčné integrity a také membránové propustnosti, aktivuje mnoho enzymů, účastní se syntézy proteinů a je nápomocen při detoxikaci těžkých kovů (Jones 2012). Má schopnost vázat se na kyselinu šťavelovou, což má za následek neutralizaci organických kyselin. V případě nedostatku dochází k poruchám růstu, především vegetačních vrcholů a také k poškození plodů. Nadbytek se běžně negativně neprojevuje, pouze v souvislosti s alkalickým působením v zásaditých půdách, kde tuto jejich vlastnost umocňuje (Vaněk et al. 2016).

Hořčík se nachází v molekule chlorofylu, čímž je zakomponován do procesu fotosyntézy. Dále slouží jako kofaktor v mnohých enzymech a při stabilizaci ribosomů (Jones 2012). Přes 70 % hořčíku je v rostlině vázáno na anionty. Stejně jako fosfor je také součástí výše zmíněného fyтину a dochází ke konci vegetace k jeho transportu do semen. Vzhledem k široké škále působení, dochází při jeho dlouhodobém nedostatku k narušení základních procesů v rostlině, od fotosyntézy až biosyntézu bílkovin. Omezuje se růst a dochází k hromadění sacharidů v nadzemních částech. Nadbytek není běžný, pouze na silně zásaditých půdách by působil obdobně jako nadbytek vápníku, tedy by přispíval ke zvyšování pH (Vaněk et al. 2016).

Síra se vyskytuje jako součást aminokyselin cysteinu a methioninu, koenzymu A, glutathionu i některých glykosidů a silic. Účastní se tvorby proteinů a obraných reakcí před různými onemocněními (Jones 2012). Nachází se v thylakoidech jako součást sulfolipidových membrán, v podobě thiolové (-SH) skupiny ve vitamínu B₁ nebo v podobě začlenění do polysacharidů v agaru. Ačkoli se nachází běžně v atmosféře jako SO₂, její hlavní příjem probíhá přes kořenový systém v podobě SO₄²⁻ (Marschner & Marschner 2011).

3.6.3 Mikroprvky

Mikroelementy jsou v rostlinách obsaženy zpravidla v množství pod 0,05 % a často jsou proto jejich množství vyjadřována v jednotkách ppm, tedy jako miliontina základu (Vaněk et al. 2016).

Železo je druhým nejhojnějším prvkem zemské kůry hned po hliníku. Jeho rozpustnost je však extrémně nízká, což ztěžuje jeho příjem rostlinami obzvláště v půdách se zásaditým pH. V rostlině je z 80 % uložen v chloroplastech, kde se účastní fotosyntézy. Společně se sírou tvoří Fe-S proteiny z nichž je nejznámější ferredoxin účastní se mnohých metabolických procesů jako přenašeč elektronů. Existuje řada dalších enzymů, ve kterých je železo vázáno. Účastní se redoxních reakcí jako kovový komponent a vytváří přemostění mezi enzymem a substrátem. Při jeho nedostatku dochází především k poruchám fotosyntézy, ale také ke snížení aktivity dalších metabolických procesů (Marschner & Marschner 2011).

Mangan je v rostlinách přítomen velmi variabilně. Existují značné rozdíly mezi jednotlivými druhy, a to nejen v nárocích, ale také ve schopnostech osvojení z půdy. Účastní se redukčních a oxidačních reakcí, kde se uplatňuje jeho schopnost příjmu a přesunu elektronů. Aktivuje řadu enzymů, přičemž byla zaznamenána vzájemná zástupnost s hořčíkem. Významná je účast při tvorbě glycidů a bílkovin, ale také při syntéze vitamínu C, v Krebsově cyklu, při fotolýze vody v Hillově reakci a v mnoha dalších pochodech (Vaněk et al. 2016).

Měď se účastní fotosyntézy, dýchání, metabolismu dusíku i uhlíku, má ochrannou funkci před oxidačním stresem a katalytkou v redoxních reakcích. 98 % mědi v rostlině je přítomno v podobě komplexních sloučenin a okolo 50 % je nahromaděno v chloroplastech. V rostlinách se nachází přes 100 různých Cu-proteinů. U leguminóz ovlivňuje její nedostatek počet hlízek a snižuje tak fixaci vzdušného dusíku. U ostatních rostlin způsobuje její nedostatek metabolické změny vedoucí ke zpomalení růstu. Toxický nadbytek se může dostavit ve spojení s antropogenním působením na půdu, především pokud dojde k významnější kontaminaci půdy (Marschner & Marschner 2011).

U zinku jsou také zaznamenány větší rozdíly mezi druhy rostlin. Je součástí některých enzymů a působí jako aktivátor reakcí, především v chloroplastech. Je součástí RNAPolymerázy, superoxidismutázy (CuZnSOD) a fosfolipázy. Stejně tak je v rostlinách kolísavé množství zastoupeného bóru, který má především stavební a transportní funkci. Příjem obou těchto prvků je závislý na pH půdy (Vaněk et al. 2016).

Chlór se účastní enzymatických reakcí, fotosyntézy i fotolýzy vody. Ovlivňuje růst rostlin a otevírání průduchů, čímž je ovlivněna regulace výdeje vody. Při nadbytku působí u citlivých druhů jako stresující faktor, což může vést až k růstové deprivaci.

Nikl vytváří stabilní komplexy s látkami jako je histidin, cystein či citrát. Je součástí proteinů a hraje významnou roli v metabolismu dusíku. Nedostatek se projevuje často jako listové nekrózy a další poruchy růstu.

Molybden se v litosféře nachází pouze v malém množství a rovněž požadavky rostlin na tento prvek jsou velmi nízké. Nachází se v rostlinách jako součást enzymů a účastní se valenčních změn při přenosu elektronů. Při fixaci vzdušného dusíku symbiotickými bakteriemi je jako kofaktor nitrogenázy (Marschner & Marschner 2011).

3.6.4 Prvky užitečné

Tato skupina se od předcházejících liší, jelikož prvky řadící se k užitečným nejsou esenciální, případně jsou nezbytné pouze pro některé rostlinné druhy. Je zde zařazen například sodík, křemík, kobalt, selen a hliník. Postavení užitečných prvků lze velmi dobře popsat na příkladu sodíku, který je nepostradatelný pro halofyty, rostliny snášející vysoké zasolení půdy. U ostatních rostlin sice podporuje jejich růst, ale není nezbytný. Obdobně je kobalt nezbytný při fixaci vzdušného dusíku jako součást koenzymu kobalaminu potřebného pro metabolismus probíhající v hlízkách. Pro ostatní rostliny není příliš významný (Marschner & Marschner 2011).

Vzhledem k variabilitě jejich nezbytnosti, je velmi proměnlivý i jejich zastoupení v rostlinách. V některých případech může být jejich obsah i velmi vysoký. Často doprovázejí makro i mikroprvky a v určitých případech jsou schopny přebrat jejich nespécifické funkce (Vaněk et al. 2016).

3.6.5 pH a jeho změny v půdě

Pojem *pondus hydrogenia*, známý spíše jako zkratka pH byl zaveden již v roce 1909, kdy S.P.L. Sørensen vnesl do studia chemických procesů v kapalném prostředí klíč k jejich pochopení. Tímto důležitým objevem byla koncentrace vodíkových iontů a následné zavedení záporné hodnoty dekadického logaritmu jejich molární koncentrace jako vodíkový exponent.

Hodnota pH půdy odpovídá tedy koncentraci vodíku v půdní vodě. Jeli toto pH rovno 7, jedná se o rovnovážný stav. Při odchylce k nižším či vyšším hodnotám je půda kyselá či alkalická.

Zásadní význam má hodnota pH půdy v dostupnosti živin pro rostliny, čímž významně ovlivňuje jejich příjem. Každý z prvků má určité rozmezí, kdy je přijímán rostlinami nejlépe. Nejedná se však jen o příjem živin, ale také rizikových prvků, které jsou v rostlinách, především v kulturních, určených ke konzumaci, nechtěné (Rejšek & Vácha 2018).

Ovlivnění rostlin hodnotou půdní reakce je přímé i nepřímé. Jedná se o působení na jednotlivé ionty půdního roztoku, jejich koncentraci i zastoupení vlivem působení na rozpustnost sloučenin v půdě. Dále je také ovlivněna sorpce, koloidní částice i mikrobiální aktivita. Nevhodné pH způsobuje nepříznivé podmínky pro růst kořenů a s tím související omezený příjem vody i živin. To je příčinou zpomaleného růstu a klesá výnos i kvalita produkce (Vaněk et al. 2016).

Půdní reakce je velmi dynamickou a proměnlivou vlastností. Odráží se tak velká proměnlivost intenzity půdních biochemických procesů, což je příčinou změn pH v průběhu nejen roku, ale také dne (Rejšek & Vácha 2018).

3.6.6 Teplota

Každá rostlina má své teplotní optimum a od něj odvozené minimální a maximální teploty při nichž je schopna udržovat své metabolické pochody. Pokud jsou tyto hranice překročeny, dochází k potlačení příjmu CO₂. Tím je definována souvislost mezi okolní teplotou a hlavním metabolickým procesem, fotosyntézou. Čím více se teplota prostředí blíží optimu, tím je rychlost fotosyntézy větší. Naopak při podmínkách blízcích se hraničním hodnotám rychlost významně klesá až ustává zcela. Tento průběh změn lze velmi dobře pozorovat u rostlin na slunných stanovištích, které vlivem poledních vysokých teplot vykazují významné snížení rychlosti fotosyntézy. Důležitým faktem je také rychlost návratu příjmu CO₂ při úpravě teploty. Opětovný příjem nastává zpravidla až po několika hodinách. Míra poškození také závisí na délce expozice extrémním teplotám (Kincl & Krpeš 2006).

3.6.7 Osvětlení a vodní režim v rostlině

Jedním z nejdůležitějších faktorů je světlo. Ovlivňuje fotosyntézu, vývoj rostliny a také sekundární metabolismus. Do světelných podmínek je zahrnuta intenzita čili hustota fotosyntetického toku fotonů, kvalita světla odpovídající vlnovým délkám, fotoperioda a směr osvětlení. Pro rostlinu nejsou důležité pouze jednotlivé faktory, ale také jejich vzájemné interakce. Reakce na osvětlení je rozdílná u jednotlivých druhů, a dokonce i u jednotlivých kultivarů (Kozai et al. 2020).

Pro fotosyntézu je nejdůležitější záření spadající svou délkou do oblasti modrofialové a červené, přičemž jeho účinnost je závislá na schopnosti listu absorbovat jej. Toto fotosynteticky účinné záření (FAR) v praxi odpovídá dennímu světlu o vlnové délce 380 až 780 nm.

Kromě fotosyntézy ovlivňuje záření také dýchání a především transpiraci. Odpařování vody probíhá dvojím způsobem. Difúze přes skuliny průduchů se nazývá stomatární. U kutikulární transpirace dochází k odpařování vody přes kutikulu celého povrchu listů, ale významněji se uplatňuje pouze u rostlin s velmi tenkou kutikulou. Obvykle však nepřesáhne

10 % celkového objemu transpirované vody. Zásoba vody v listu je poměrně krátkodobá, u bylin průměrně vystačí na 30 minut transpirace. Celková zásoba vody v rostlině je obnovena až 12krát za den (Kincl & Krpeš 2006).

3.7 Klíčení

Ve chvíli, kdy dochází k porušení dormantního stavu semene a začínají v něm probíhat metabolické procesy, dochází ke klíčení. Díky dormanci, dokážou semena přečkat období, které není pro jejich další růst a vývin zcela příznivé. Schopnost klíčení je také odvislá od zralosti semene. Pokud je tedy semeno odděleno z mateřské rostliny v době, kdy ještě není plně zralé, často není schopno klíčení a dalšího vývoje. U některých druhů musí být semena dokonce vysušena, aby byla schopna následného vyklíčení (Baskin & Baskin 2014).

3.7.1 Dormance

Dormance semen v zásadě znamená, že životaschopné semeno neklíčí vlivem nepříznivých vnějších faktorů či vzhledem k určitým vlastnostem daného semene. Z vnějších vlivů může být dormance vyvolána rozličnými faktory od nedostatku vláhy, světla, kyslíku až po nevhodnou okolní teplotu. Organická či jinak označovaná biologická dormance je vyvolána genetikou rostliny a je jednou z intenzivně studovaných oblastí v biologii rostlin (Baskin & Baskin 2014). Dormantní stav, tedy období klidu a minimální metabolické činnosti, umožňuje rostlinám přečkat i dlouhá nepříznivá období, a tím je tato schopnost významným ekologickým mechanismem pro přežití rostlin (Bentsink & Koornneef 2008).

Pro klasifikaci dormance je nejčastěji používáno Harperovo schéma, které rozlišuje pouze přirozenou, vynucenou a vyvolanou dormanci, kdy tím naráží na určité obtíže. Jiným způsobem třídění je Langův univerzální systém rozlišující ektodormanci, endodormanci a ekodormanci. Ani jeden z těchto systémů však nezahrnuje fyziologii ani intenzitu dormance. Tyto faktory zahrnuje do svého systému až v roce 1977 ruská vědkyně Mariana G. Nikolaevová. V průběhu dalšího studia, a v návaznosti na hloubku poznatků fyziologie semen byl tento systém mírně upraven a dnes využívaná klasifikace čítá tři hierarchické vrstvy: třída, úroveň a typ. Zahrnuje celkem pět tříd dormance: fyziologickou, morfologickou, morfofyziologickou, fyzikální a kombinovanou (Baskin & Baskin 2014).

Fyziologická dormance je rozlišena na primární a sekundární, které zahrnují tři úrovně: nehlubokou, střední a hlubokou. Nejčastěji jsou semena v dormanci nehluboké, kdy za vhodných podmínek gibereliny startují klíčení. Naopak u hluboké dormance je nutné, aby semeno prošlo několikaměsíčním obdobím chladu. Primární dormance je navozena ještě na mateřské rostlině během procesu zrání semene a dělí se dále na obalovou a embryonální. Jde o určitý druh bezpečnostního mechanismu, kdy je zabráněno vyklíčení semene přímo na mateřské rostlině (Baskin & Baskin 2014). Sekundární dormance je navozena nevhodnými okolními podmínkami jako je nevyhovující teplota, vlhkost či intenzita osvětlení. Semena mohou přecházet mezi nedormantním stavem a sekundární dormancí i vícekrát, a dokonce zde byly odhaleny určité periodické cykly. Obecně je sekundární dormance zcela závislá na interakci mezi vnitřními faktory semene, jako je jeho genetická a fyziologická dispozice, a vnějším prostředím. Sekundární dormance je velkou měrou řízena teplotou. Její vnímání

je zprostředkováno pomocí buněčných membrán, proto jsou právě biomembrány pokládány za jeden z hlavních účastníků řízení sekundární dormance (Hilhorst 1998).

Podle faktoru vyvolávajícího sekundární dormanci, lze rozlišit několik jejích typů.

- Termodormance – působením okolních teplot. Velmi efektivní u semen, jež jsou uložena buď přímo na půdě, nebo v jejích horních vrstvách, kde dochází k výraznému kolísání teplot.
- Skotodormance – vystavení temnu u semen vyžadujících pro klíčení světlo. Dochází tak k velmi silné dormanci a často také ke snížené senzitivitě na světlo.
- Fotodormance – při nadměrné expozici bílému či červenému světlu.
- Osmodormance – působením osmotického stresu při nedostatku vody (Jursík 2011).

3.7.2 Kyselina abscisová (ABA)

Kyselina abscisová byla objevena souběžně při studiu opadu listů a zároveň při studiu dormance pupenů stromů. Od latinského *abscise* (opad) je také odvozen její název. Chemicky se jedná o seskviterpen s 15 uhlíkovými atomy a cyklickou částí molekuly. Existuje ve formě několika izomerů, přičemž fyziologicky aktivní je pouze jeden. Její tvorba je umocněna nedostatkem vláhy a zkrácením dne. Největší koncentrace ABA je v dormantních částech rostlin a v mladých listech. Z buněčného pohledu je volná ABA hromaděna v chloroplastech. Její biosyntéza má část biosyntetické cesty společnou s gibbereliny a vychází také ze společných prekurzorů. Odbourávání probíhá oxidačně za vzniku kyseliny fazeové a dihydrofazeové (Procházka et al. 1998).

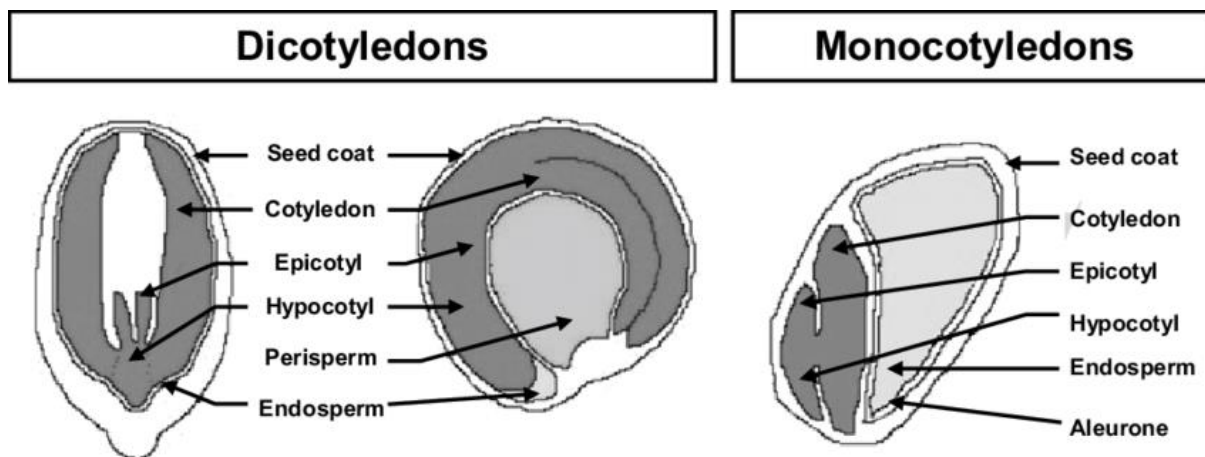
ABA je životně důležitý rostlinný hormon, který umožňuje rostlinám přežití nepříznivých období a zároveň vyrovnává abiotický stres. Její působení je založeno na schopnosti inhibice působení gibberelinů, jakožto růstových hormonů, což má za následek znemožnění klíčení. Hladina tohoto hormonu se v rostlině zvyšuje působením nepříznivých okolních vlivů, což slouží jako signál buňkám k jejich přizpůsobení. Stresový faktor tedy signalizuje zahájení exprese enzymů, které započnou syntézu ABA. Patří k nim například zeaxanthin epoxidáza či abscisová aldehydoxidáza. Syntéza ABA z karotenoidů probíhá v několika stupních. Její koncentrace vně buněk je určena rovnováhou mezi syntézou, transportem do míst působení a katabolickým odbouráváním na neaktivní produkty. Transport do buňky probíhá jak pasivně, tak aktivně pomocí přenašečů a následná detekce probíhá pomocí PYL receptorů a následně inhibují enzym protein fosfatázu 2C. Díky pochopení tohoto přenosu, je možno pomocí genetického inženýrství zvyšovat toleranci rostlin na stres, což by mohlo přinést omezení spotřeby vody při zachování výnosu, a tak napomoci řešení globálních problémů spojených s nárůstem populace a klimatickými změnami (Ng et al. 2014).

3.7.3 Semeno a jeho stavba

Vývoj semene zahrnuje dvě části, vývoj embrya a zrání semene. Embryogeneze začíná vytvořením jednobuněčné zygoty a končí ve chvíli, kdy jsou vytvořeny všechny embryonální struktury. V další fázi embryo roste, až naplní semenný vak a dělení buněk se v embryu zastaví. Následně semeno s takto připraveným embryem prochází zráním. Během této doby se stává

semeno odolným vůči vnějším podmínkám a hromadí živiny, potřebné k následnému vyklíčení a výživě mladé rostliny (Bentsink & Koornneef 2008).

Stavba semene je rozdílná u jednoděložných a dvouděložných rostlin. Jednotlivé odlišnosti jsou popsány na obr. 5 (Catusse et al. 2012).



Obr. 5 – Stavba semene u jednoděložných a dvouděložných rostlin (Catusse et al. 2012)

Hlavní a nejběžnější zásobní látkou je škrob, ale také tuky či bílkoviny v závislosti na rostlinném druhu. Pro uvolnění potřebné energie jsou tyto zásobní látky rozkládány enzymy, především amylázami, fosforylázami a maltázami při štěpení škrobu. Tuky jsou rozkládány lipázami za vzniku MK, které se dále štěpí až na acetyl-CoA vstupující do citrátového cyklu. V jiném případě vzniká z tuků glycerol při odštěpení AMK, což souvisí s metabolismem sacharidů a vede k jejich nárůstu při klíčení olejnatých semen. Složité struktury bílkovin jsou rozkládány proteázami na jednodušší sloučeniny, které následně štěpí peptidázy až na AMK a amidy. Mezi takto vnikající látky patří také AMK glutamin a asparagin, z nichž se při klíčení hydrolyticky odštěpuje amonný kationt NH_4^+ . Ten je následně zabudován do mnohých organických struktur včetně nukleových kyselin (Procházka et al. 1998).

Semeno vzniká z oplozené vaječné buňky a centrální buňky zárodečného vaku. Obal semene tvoří osemení vzniklé z diploidního obalu vajíčka. Pokud je semeno zralé, lze u zárodku rozeznat embryonální kořínek se základem kořenové čepičky, hypokotyl, dělohy a plumuly, čili pírka jakožto základ nadzemních částí. V místě, kde přisedalo semeno k poutku je jizva nazývaná pupek. V některých případech z osemení vyrůstají chlupy související se způsobem rozšiřování diaspory. Vybrané druhy mají na svých semenech výrůstky nazývané masíčko lákající hmyz, čímž dochází k transportu a jejich šíření od mateřské rostliny (Kubát et al. 2003).

3.7.4 Fyziologie klíčení

Klíčení je dalším krokem po dormanci a je zahájeno absorpcí vody, přičemž příjem vody je třífázový. Následuje expanzivní růst embrya, krycí vrstvy praskají a objevuje se kořínek, čímž je proces klíčení ukončen a následuje růst. Během tohoto procesu sehrává klíčovou roli právě ABA, ale také gibereliny ovlivňující rovnovážný stav mezi klíčením a dormancí (Nicolás et al. 2003).

První známkou klíčení je obnova základních buněčných a metabolických procesů. Probíhá zde především transkripce, translace a oprava DNA, prodlužování a dělení buněk (Bentsink & Koornneef 2008). Při klíčení začíná vždy nejprve růst kořínků, což v počátku brání růstu nadzemních částí. Následuje růst nadzemní části, který je odlišný v závislosti na tom, zda se jedná o jednoděložné či dvouděložné rostliny. U jednoděložných, například trav, je jedna děloha zakrnělá a druhou dělohu tvoří štítek obilky, jenž ovlivňuje čerpání výživy z endospermu a také tvorbu hormonů. U dvouděložných rostlin jsou vyvinuty dvě dělohy, které jsou během počátku růstu buď vyneseny na povrch a slouží jako první asimilační orgán, nebo zůstávají pod zemí jako zásoba živin. V případě epigeického klíčení je hypokotyl poměrně dlouhý a vynáší dělohy. Pokud rostlina klíčí hypogeicky je hypokotyl velmi krátký a dělohy omezují růst děložních pupenů. Další způsob rozdělení je z hlediska aktivace auxinu, jakožto růstového hormonu. U ovesného typu je auxin transportován v inaktivní formě do místa aktivace, následně proudí k místu potřeby a až poté je využit. Lupinový typ naopak v dělohách auxin pouze hromadí a aktivuje se až v místě spotřeby (Procházka et al. 1998).

Klíčení samotné je ovlivňováno světlem, jakožto jedním z hlavních faktorů. Dalšími jsou pak vhodná teplota, dostatek kyslíku a vody. Lze rozlišit dva druhy semen, podle toho jestli klíčí za přítomnosti světla, tedy světloklíčivá, nebo klíčí ve tmě. U druhého typu jsou prostřednictvím světla a fytochromového systému aktivovány inhibitory klíčení. Fytochromy jsou lokalizovány v buněčné membráně a obsahují chromoprotein ve dvou formách. Aktivní forma FR₇₃₀ volně přechází v inaktivní FR₆₆₀ dle absorpce typu světla. Za dne, kdy převažuje krátkovlnné záření je vytvářena aktivní forma, a naopak v noci je vytvářena forma inaktivní. Přeměny těchto forem v závislosti na změnách osvětlení, vytvářejí určité biologické hodiny, které ovlivňují nejen klíčení, ale také kvetení (Kubát et al. 2003).

Na klíčení je možno nahlížet dvojím způsobem. Jednak z pohledu semenářského, kdy je po ukončení klíčení vyvinut již životaschopný klíček anebo z fyziologického, kdy proráží koříněk embryonální osu. Fyziologické hledisko lze rozlišit dle fází příjmu vody na tři fáze. V první fázi dochází k bobtnání, tedy k fyzikálnímu příjmu vody do semene, nazývanému imbibice. Vzhledem k rozdílnému vodnímu potenciálu u jednotlivých částí semene, dochází k nerovnoměrné hydrataci. Následuje druhá fáze, při níž se spouštějí biochemické reakce a aktivuje se metabolismus. Díky syntéze cytokininů dochází k prodlužovacímu růstu, čímž roste embryonální osa. Mezi cytokininy patří například kinetin, navozující zhruba u 45 % semen klíčení. V poslední, třetí fázi, dochází k fyziologickému příjmu vody a tvorbě nových buněk (Baskin & Baskin 2014).

4 Metodika

Metodika diplomové práce vychází ze zkušeností s pěstováním chilli paprik různých odrůd v průběhu minulých let a z poznatků získaných při vypracování vlastní bakalářské práce Vliv zálivky na rostlinu *Capsicum annum* kultivaru 'Jalapeño Jalastar' a její plody z roku 2019. Stejně jako v předešlých letech, byla při pěstování využita doporučení z knihy Někdo to rád pálivé (Maguierová, 2015).

4.1 Osivo

Pro pěstební pokus i následnou zkoušku klíčivosti bylo zvoleno jednotné osivo zakoupené od firmy Kosina, a to v celkovém počtu 460 kusů. Jednalo se o odrůdu papriky křovité *C. frutescens* kultivaru 'Zimbabwe Bird', známé více pod názvem 'African Devil'. Tento konkrétní kultivar byl zvolen na základě uvedených vlastností, které vyhovovaly záměru diplomové práce. Dalším důvodem pak byla jeho druhová příslušnost, odlišná od použitého osiva v bakalářské práci (Kostková, 2019). Díky této rozdílnosti bylo možné následně porovnání vlivu rozdílné zálivky na druh *C. annum* a *C. frutescens*.

Semena byla balena v igelitových pytlíčkách po 10 kusech, přičemž každé balení mělo ještě papírový přebal s vyznačením odrůdy (Obr. 6), množstvím a klíčivostí. Z celkového počtu bylo zcela náhodně vybráno 6 balení, která byla použita pro pěstební část pokusu. Zbylá semena byla uschována v suchu a temnu při konstantní pokojové teplotě pro navazující část pokusu v rámci porovnávání vlivu použité vody na klíčivost.



Obr. 6 – Balení semen (autorka diplomové práce 2020)

Těchto 60 kusů semen bylo vizuálně zkontrolováno, zda nejsou mechanicky poškozena či jinak znehodnocena. Následně byla zcela náhodně rozdělena do 4 skupin po 15 kusech.

4.2 Výsev semen

Po vizuální kontrole kvality byla semena vyseta do hloubky přibližně 2–3 mm do substrátu společnosti Agro pro výsev a množení. Tento substrát byl zvolen z důvodu vhodného složení pro zakořenění rostlin a také díky svému supresivnímu účinku proti fytopatogenním organismům, který zajišťuje organická složka tohoto substrátu, a to především přirozeně se v ní vyskytující houby. Aby byl zachován tento účinek, nebyl substrát dále upravován zahříváním či sterilizací v mikrovlnné troubě, jak bývá obvykle zvykem.

Substrátem byly naplněny čtyři shodné předem důkladně vymyté nádoby do výšky přibližně 4 cm. Hloubka výsevu odpovídala doporučení prodejce osiva a rovněž také odpovídala velikosti semen. Parametry výsevního substrátu jsou v tabulce jako samostatná příloha 1.

Před samotným výsevem nebyla semena kromě vizuální kontroly nijak upravována, namáčena ani jinak ošetřována. Každá z výsevních nádob byla řádně označena písmenem A–D dle příslušné skupiny a zalita pomocí rozprašovače předem připravenou vodou příslušné kategorie. Veškerá voda pro zálivku byla připravena 24 hodin předem.

4.3 Pěstební podmínky

Stejně jako ostatní zástupci rodu *Capsicum*, je i použitý kultivar 'African devil' poměrně náročný na pěstební podmínky. Pro splnění světelných nároků bylo použito již od počátku pokusu přisazené mřížkové svítidlo zn. Modus typ LLX236ALEP o rozměrech 1260×266 mm se dvěma zářivkami T8, 2×36 W, zavěšené cca 60 cm nad pěstební plochou. Díky umělému světlu a použitému časovači byla rostlinám vytvořena světelná perioda 14 hodin světla a 10 hodin tmy. Svíceno bylo rostlinám od 6:00 hodin ráno do 20:00 hodin večer.

Tepelné podmínky byly po celou pokusu jednotné a byly udržovány mezi 20–27°C. Pro zajištění jednotných podmínek byly v průběhu pokusu misky rotovány tak, aby žádná ze skupin ani jednotlivých rostlin nebyla zvýhodněna. V první části byly ponechány všechny rostliny a z nich pak bylo pro následující část pokusu vybráno vždy šest vizuálně nejsilnějších rostlin pro další fázi pokusu. Při výběru rostlin byla posuzována jejich výška, vitalita, počet a velikost listů i celkový zdravotní stav. Hlavním kritériem byl rychlý vzrůst a absence vývojových vad či viditelných chorob. Při výběru bylo postupováno v sestupném pořadí od nejkvalitnějších rostlin.

Vybrané rostliny byly následně přesazeny do jednotlivých nádob o rozměrech 6×6×6 cm naplněných zahradnickým substrátem zn. Agro, přičemž bylo dbáno na zachování původních skupin (Obr. 7). Jednalo se o zahradnický substrát s aktivním humusem, který byl rovněž použit při druhém přesazení rostlin a jeho parametry jsou uvedeny v samostatné příloze 1. Nádoby byly opatřeny odtokovými otvory pro zabránění přemokření substrátu, a tím zamezení možného zahánění kořenů.

Po označení každé pěstební nádoby, byly tyto nádoby umístěny na podložku pro zachycení přebytečné vody opět vždy po celých skupinách pro zabránění smíchání rozdílné zálivkové vody.



Obr. 7 – Rostliny před a po přesazení 5.5.2020. Písmena označují jednotlivé varianty. (autorka diplomové práce 2020)

Vzhledem k růstu rostlin a nutnosti ponechat je po celou dobu pokusu ve vnitřních podmínkách, byly po třech týdnech rostliny znovu přesazeny do hranatých nádob o rozměrech 15×15 cm a výšce 20 cm, naplněných stejným substrátem jako v předchozím kroku (Obr. 8). Každá z nádob byla označena příslušnou skupinou. Nové nádoby měly rovněž odtokové otvory k zabránění zahnívání kořenů. Umístění nádob bylo na podložce již bez rozdělených sekcí, jelikož v této fázi byla většina závlivkové vody absorbována a mísení jednotlivých druhů závlivky bylo zanedbatelné.



Obr. 8 – Rostliny v poslední fázi růstu 25.5. a 31.7.2020 (autorka diplomové práce 2020)

4.4 Zálivka, hnojení a ochrana rostlin

Rostliny byly od počátku rozděleny do 4 skupin označených písmeny A, B, C a D (Tab. 4). Přičemž jedinou odlišností mezi variantami byl druh použité závlivkové vody.

Tab. 4 – Varianty závlivkové vody

Varianta	Druh závlivky
A	Odstátá voda z vodovodního řadu
B	Voda z vodovodního řadu, která byla převařena v běžné rychlovarné konvici
C	Voda z vodovodního řadu, která byla převařena pomocí mikrovlnné trouby
D	Balená destilovaná voda

Příprava vody spočívala pro skupinu A ve stočení vody z řadu do předem připravené čisté PET lahve, kdy se nechala odstát minimálně 24 hodin před použitím, tak, aby vyprchal obsažený chlór a sjednotila se teplota vody u všech variant.

U skupiny B byla voda z řadu před naplněním do PET lahve převařena v běžné rychlovarné konvici pro použití v domácnosti značky Bosch (CTWK24) a následně byla ochlazená na laboratorní teplotu.

Voda pro skupinu C byla z řadu stočena do keramického hrnku o objemu 0,5 l a převařena pomocí mikrovlnné trouby zn. Bosch (HMT72M420) pro kuchyňské použití. Toto převaření bylo prováděno po dobu pěti minut na plný výkon 800 W s přidaným bambusovým párátkem, tak, aby nedošlo k možnému skrytému varu a případnému zranění při manipulaci s horkou tekutinou. Po vychladnutí byla takto připravená voda slita opět do PET lahve. U všech těchto variant byla závlivková voda opět připravována minimálně 24 hodin před použitím a také bylo dbáno na její čerstvost, tedy aby byla nahrazena čerstvou nejpozději po pěti dnech.

Varianta D byla zalévána zakoupenou demineralizovanou destilovanou vodou zn. Phenix, a to po celou dobu pokusu. Tato voda byla zakoupena v několika pětilitrových baleních.

Četnost i množství závlivky bylo přizpůsobeno potřebám rostlin. V počátcích byl používán rozprašovač, později, když už nehrozilo vyplavení semen či zlomení klíčících rostlin, byla závlivka prováděna pomocí odměrky pro zajištění shodného množství závlivkové vody pro každou rostlinu.

Závlivka byla prováděna jednou denně po kontrole vlhkosti substrátu. V případě, že substrát byl vlhký, byla závlivka vynechána.

Hnojení rostlin bylo provedeno pouze jednou, a to jednotně pro všechny skupiny, aby byla podpořena tvorba plodů. K tomuto účelu bylo použito dvousložkové krystalické hnojivo Kristalon – Zdravé rajče a paprika. Aplikace proběhla dva týdny po sobě v době stáří rostlin čtyři měsíce. Nejprve byl aplikován aktivní vápník a následně v dalším týdnu hnojivo dle návodu výrobce.

Pekárková (2001) i Kosina (2012) doporučují ošetření rostlin během vegetace proti vybraným škůdcům i chorobám již při prvních náznacích. Rovněž se shodují, že během pěstování dochází většinou k napadení rostlin a jsou nezbytné insekticidní a fungicidní zásahy, nejčastěji proti mšicím, molicím a plísní šedé. Vzhledem k tomu, že byly rostliny umístěny po celou dobu v izolovaných podmínkách bez dalšího kontaktu s jinými rostlinami, nebylo nutno provádět žádnou ochranu před škůdci či chorobami. Na konci vegetace došlo k mírnému poškození listů pravděpodobně z důvodu bakteriózy. Jelikož byly rostliny již v konečné fázi pokusu, nebylo nijak zasahováno.

4.5 Sledované růstové charakteristiky

Výsledky byly písemně zaznamenány a dále vyhodnoceny pomocí statistického programu Statistika a také graficky vyhodnoceny v programu Excel.

Nejprve byl sledován počet vyklíčených rostlin v rámci jednotlivých skupin. Od vyklíčení všech rostlin, byla měřena jejich výška po dobu tří týdnů. Dále byl v daném intervalu zjišťován počet pravých listů a u každého z listů vypočtena jeho plocha. Počet listů i jejich celková plocha byla následně porovnána mezi jednotlivými skupinami. V pozdější fázi, kdy už nebylo možné sledování a měření listů z důvodů technické náročnosti, byly sledovány počty generativních orgánů (květů a plodů) a u plodů stanoven obsah kapsaicinu pomocí HPLC.

V druhé části pokusu bylo sledováno samostatné klíčení semen a tím stanovena jejich klíčivost.

4.5.1 Výpočet listové plochy

Listová plocha byla zaznamenávána po dobu tří týdnů u jednotlivých rostlin, kdy bylo provedeno celkem pět měření. U každého listu byla změřena jeho délka a šířka. Plocha byla vypočtena pomocí vzorce pro výpočet elipsy: $S = \pi \times \text{délka listu v mm} \times \text{šířka listu v mm}$.

Plocha jednotlivých listů byla sečtena v rámci celé skupiny. Následně byla takto zjištěná celková plocha listů sledované skupiny převedena z mm^2 na cm^2 a vydělena počtem rostlin, čímž byla zjištěna průměrná listová plocha připadající na rostlinu dané skupiny.

4.6 Odběr a zpracování vzorků

Pro zjištění obsahu kapsaicinoidů byly použity plody v rámci jednotné sklizně, které byly zváženy, v celku vloženy do sušičky zn. Concept model SO-1050 a vysušeny při teplotě $45\text{ }^\circ\text{C}$ do konstantní hmotnosti. Zároveň bylo dbáno na uchování každé skupiny zvlášť tak, aby nedošlo k pomíchání plodů z jednotlivých skupin. K vážení byla použita kuchyňská váha Bifinett KH 1156. Po vysušení byly plody uchovány v označených papírových pytlících v suchu a temnu až do stanovení obsahu kapsaicinu v laboratoři ČZU FAPPZ.

4.7 Stanovení pigmentů v listech

V listech byly stanovovány pigmenty pomocí UV/Vis spektrofotometrie. Do šesti Eppendorfových zkumavek bylo naváženo přibližně 0,05 g sušených listů z každé varianty a následně přidán 1 ml N,N-dimethylformamidu (DMF). Vzorky v uzavřených zkumavkách byly 72 hodin inkubovány v temnu za občasného protřepání. Třetí den byl extrakt přelit do kyvet určených ke spektrofotometrickému vyhodnocení pomocí přístroje UV-Vis Evolution 201 (ThermoScientific). Jako slepý vzorek se použil čistý DMF. Měření absorbancí probíhalo při vlnových délkách 480; 648,8; 663,8 a 710 nm.

Obsah chlorofylů byl vypočítán dle následující rovnice:

$$\text{Chl}_a = 12,0 \times A_{663,8} - 3,11 \times A_{646,8}$$

$$\text{Chl}_b = 20,78 \times A_{646,8} - 4,88 \times A_{663,8}$$

Obsah celkového chlorofylu byl vypočten pomocí rovnice:

$$\text{Chl}_{a+b} = 7,12 \times A_{663,8} + 17,67 \times A_{646,8}$$

Obsah karotenoidů byl vypočítán dle rovnice:

$$\text{Kar}_{x+c} = (1000 A_{480} - 1,12 \text{ Chl}_a - 34,07 \text{ Chl}_b) / 245$$

Výsledky všech rovnic jsou v mg.l^{-1} neboli $\mu\text{g.ml}^{-1}$. Pro přepočet výsledků na nmol.ml^{-1} byly hodnoty pro chlorofyly vynásobeny jejich koeficienty. Chlorofyl a s koeficientem 1,118 a chlorofyl b vynásoben hodnotou 1,102.

4.8 Stanovení energie v listech

Pro stanovení energie v listech byly použity pouze vysušené listy bez stonků a kořenů. Z každé skupiny byly odebrány vždy tři vzorky, tedy bylo prováděno celkem dvanáct měření. Výsledky byly zaneseny do tabulky v kJ.g^{-1} .

Vzorky sušiny rostlinného materiálu se homogenizovaly na rychlomlýnku Pulverisette 14 (Fritsch) na velikost částic 0,1 mm. Obsah energeticky bohatých látek byl sledován metodou spalné kalorimetrie. Tato metoda je založena na úplném spálení vzorku rostlinného materiálu v 100% kyslíkové atmosféře, při tlaku 30 MPa.

K měření byl použit suchý spalný adiabatický kalorimetr LAGET MS 10A (Laget, SRN). Na kalorimetru byl měřen tepelný skok na pět desetinných míst ve stupních Celsia. Pro stanovení spalného tepla rostlinného materiálu byly použity normy ČSN EN 14918 a ČSN ISO 1928.

Hodnota spalného tepla (Q) se vypočítala z opravného teplotního vzestupu a efektivní tepelné kapacity kalorimetru, se zřetelem na podíly energie při zapálení, spálení zapalovacího prostředku a tepelné účinky z vedlejších reakcí. Hodnota výhřevnosti vzorku byla vypočítána z hodnoty spalného tepla, zmenšené o výparné teplo vody, které vzniká z materiálu během hoření, po započítání oprav (spalné teplo H_2SO_4 a HNO_3).

Pro výpočet spalného tepla byl použit následující vztah:

$$Q = \frac{(C \cdot Dt) - c}{mv - mp}$$

Q = spalné teplo vzorku

C = tepelná kapacita kalorimetru

Dt = celkový vzestup teploty ($^{\circ}\text{C}$)

c = součet oprav (spalné teplo HNO_3 + H_2SO_4)

mv = hmotnost navážky vzorku

mp = hmotnost popelovin

4.9 Stanovení obsahu kapsaicinoidů

Stanovení obsahu kapsaicinu (CAP) a dihydrokapsaicinu (DCAP) bylo rozděleno do dvou fází. Metoda stanovení vycházela z diplomové práce zabývající se stanovením obsahu

kapsaicinu (Kracíková, 2015) s drobnými úpravami v rámci optimalizace během stanovování obsahu kapsaicinu v plodech papriky seté, odrůdy 'Jalapeño' v průběhu bakalářské práce (Kostková, 2019) a s úpravou vzhledem k množství dostupného materiálu. Během první fáze byl z uskladněných vzorků plodů připraven supernatant do vialek, a to v laboratoři katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ ČZU. Základem bylo důsledné dodržení rozdělení plodů ve skupinách, včetně čištění mlýnku mezi jednotlivým mletím pomocí oplachu ethanolem. Mletí vzorků probíhalo na elektrickém rotorovém rychlomlýnku Pulverisette 14. Vzniklý homogenní prášek byl přemístěn do Petriho misky s označením příslušné skupiny. Z takto připraveného prášku bylo pomocí analytických vah AX124 značky Ohaus odváženo na čtyři desetinná místa množství odpovídající cca 0,16 g do mikrozkušavky Eppendorf (2 ml). K odváženému vzorku bylo pomocí automatické mikropipety přidáno cca 1,6 ml směsi 96% ethanolu a ledové kyseliny octové (400:1). Zkušavky byly umístěny na reciproční třepačku GFL 3006, kde byly ponechány po dobu 10 minut při frekvenci 250 kmitů za minutu. Dále se vzorky extrahovaly tři hodiny ve vodní lázni za konstantní teploty 75 °C. Následně se extrakt vysušil pod dusíkem a rozpustil v 1 ml nového EtOH s kyselinou octovou ledovou, kterým byla předtím propláchnuta původní zkušavka s namletým vzorkem papriky.

Po zchlazení na pokojovou teplotu bylo nutno oddělit pevné nerozpustné částičky od kapalné fáze pomocí sedimentace urychlené centrifugací. Vzorky byly umístěny do centrifugy Frontier 5718R (Ohaus) a odstředěny při 3000 otáčkách za minutu po dobu tří minut. Ze vzniklého supernatantu byl pomocí plastové stříkačky odměřen 1 ml, který byl vstříknut přes PVDF filtr do připravené vialky. Z každé skupiny byly připraveny tři vialky se shodným obsahem.

Stanovení obsahu CAP pomocí HPLC probíhalo na katedře chemie FAPPZ ČZU v Praze. Katedra disponuje pro tyto účely přístrojem zn. Waters. Kolona s reverzní fází C₁₈ využívá detekci pomocí diodového pole a následné vyhodnocení při vlnové délce 229 nm. Za pomoci výpočetního softwaru EMPOWER byl stanoven obsah CAP a DCAP, jakožto hlavních složek kapsaicinoidů obsažených v plodech. Získané hodnoty byly v µg.ml⁻¹, díky výpočtu z plochy píku, bylo dále nutno je převést na koncentraci v µg.g⁻¹. Pro tento převod bylo využito vzorce:

$$c = \frac{c_0 \times V}{n}$$

Přičemž platí, že:

ckoncentrace kapsaicinoidů v µg.g⁻¹

c₀.....koncentrace kapsaicinoidů v µg.ml⁻¹

V....objem vzorku v ml

n.....navážka mletého vzorku v g s přesností na čtyři desetinná místa

4.10 Stanovení obsahu celkových fenolů a flavonoidů v plodech

Celkový obsah fenolů byl stanoven pomocí upravené metodiky dle Marinova et al. (2005), kdy se 0,25 ml vzorku ze stanovení kapsaicinoidů smíchalo s 0,75 ml Folin-Ciocalteuova činidla. Následně bylo po šesti minutách inkubace přidáno 0,8 ml 7% roztoku uhličitánu sodného a roztok se doplnil destilovanou vodou na 2,5 ml. Vzorky byly proměřeny při 760 nm na spektrofotometru UV-Vis Evolution 201 a obsah fenolů vyjádřen jako ekvivalent kyseliny gallové (GAE) v mg.g⁻¹ sušiny.

Dále byly stanoveny také celkové flavonoidy ze stejného ethanolového extraktu pomocí upravené metodiky podle Ying & Wan (2012), kdy se získaný extrakt smísil s 0,16 ml destilované vody a 0,12 ml 5% dusitanu sodného. Postupně bylo přidáváno 0,12 ml 10% chloridu hlinitého a 0,8 ml 1M hydroxidu sodného. Objem byl doplněn destilovanou vodou na 2 ml a vzorky byly proměřeny při vlnové délce 415 nm na stejném spektrofotometru. Obsah celkových flavonoidů byl vypočítán jako ekvivalent kvercetinu (QE) v mg.g⁻¹ sušiny.

4.11 Stanovení pigmentů v plodech

Pigmenty v plodech byly stanoveny shodnou metodikou jako pigmenty v listech. Vybrané plody červené barvy byly rozemlety na elektrickém rotorovém rychlomlýnku. Vzniklý homogenní prášek byl odvážen do Eppendorfových zkumavek a po přidání 1 ml DMF byly vzorky v uzavřených zkumavkách 72 hodin inkubovány v temnu za občasného protřepání. Po odstředění bylo provedeno měření, kdy byl jako slepý vzorek použit čistý DMF. Měření absorbancí probíhalo při vlnových délkách 480; 648,8; 663,8 a 710 nm. Koncentrace byly vypočteny dle rovnic pro výpočet pigmentů v listech.

4.12 Chemicko-fyzikální rozbor vody

V laboratoři bylo u všech variant záливkové vody stanoveno pH pomocí pH metru Russell RL060P, kterým byl změřen i oxidačně-redukční potenciál (ORP) vody v mV. Dále byla provedena zkouška vodivosti vzorků pomocí konduktometru GRYF 158 zobrazující hodnoty v mS.cm⁻¹. Odebrané vzorky byly měřeny ve třech opakováních, která byla zaznamenána do tabulky 5 ve výsledcích.

4.13 Sledování klíčivosti na Petriho miskách

Pro porovnání klíčivosti bylo použito z technických důvodů 390 semen rozdělených náhodně do čtyř skupin.

Pokus pro porovnání klíčivosti probíhal v kontrolovaných podmínkách za stabilní teploty 21–23 °C a během této části pokusu nebylo semenům svíceno. Bylo využito upravené metodiky dle Barchenger & Bosland (2016).

Semena byla nejprve ošetřena proti možným plísňovým chorobám pomocí slabého dezinfekčního roztoku. Za tímto účelem byla semena ponořena po dobu 20 minut do zředěného roztoku dezinfekce SAVO. Následný oplach byl prováděn po dobu tří minut v destilované vodě.

Takto připravená semena byla pomocí kovové pinzety přenesena na připravené Petriho misky s filtračním papírem. Misky i pinzeta byly předem vydezinfikovány pomocí technického lihu. Misky byly označeny dle skupin shodným způsobem jako v první části pokusu, tedy písmeny A až D a shodným rozložením druhů záливkové vody. Samotná záливka probíhala pomocí injekční stříkačky v objemu 5 ml, stejném pro všechny skupiny. Z důvodu vysychání bylo po osmi dnech přidáno opět 5 ml.

Do každé misky bylo přeneseno 20 semen na předem určená místa naznačená v podkladovém archu (u skupin C a D pouze 15 semen). Vzhledem k technickým možnostem

probíhal pokus dvakrát, a to shodným způsobem, kdy nejprve byly klíčeny skupiny A a B a v následně pak skupiny C a D.

Měření klíčků probíhalo pomocí milimetrového papíru jednou denně ve stanovenou dobu po dobu šesti dnů a to 11. až 16. den od založení. Za vyklíčené bylo semeno považováno ve chvíli, kdy dosáhl kořínek délky 2 mm. Data byla zapsána a následně vyhodnocena.

4.14 Statistické zpracování hodnot

Pro statistické ověření nulové hypotézy byl použit program Statistica 13 (STAT Soft). Jelikož se jedná o porovnávání biologických dat, byla zvolena hladina významnosti α 5 % ($\alpha = 0,05$). Výsledné hodnoty jsou průměrem tří měření \pm směrodatná chyba.

Nulová hypotéza:

H_0 = Neexistuje statisticky významný rozdíl ve variabilitě testovaných souborů. Variabilita rozptylů a směrodatných odchylek je shodná.

Alternativní hypotéza:

H_1 = Existuje alespoň jeden statisticky významný rozdíl ve sledovaných znacích v závislosti na druhu použité zálivky.

Zvolená statistická metoda odpovídala zdrojovým datům. Pro analýzu byly použity metody: t-test, F-test, ANOVA a Tukey post hoc test.

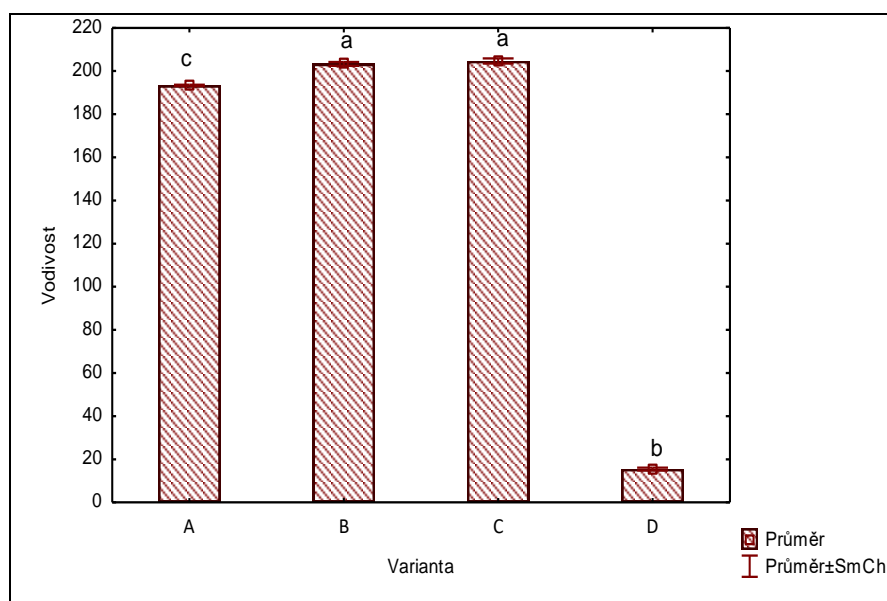
5 Výsledky

Při hodnocení byly použity předem určené a sledované znaky jednotlivých skupin. V plodech a listech byla stanovena množství vybraných metabolitů. Součástí výsledků je také hodnocení zkoušky klíčivosti a stanovení energie v listech na konci experimentu.

5.1 Chemicko-fyzikální vlastnosti vody

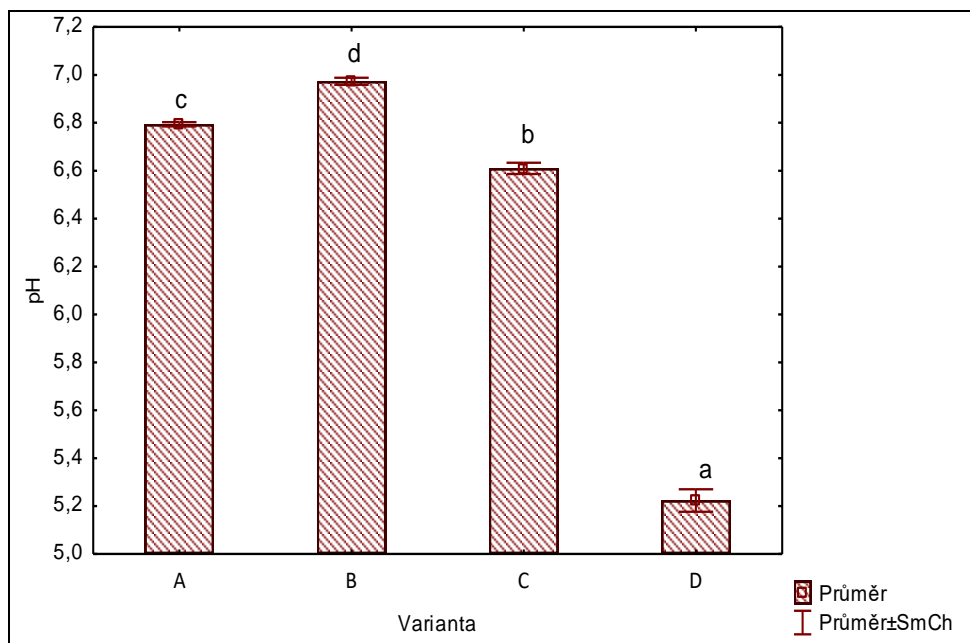
Pomocí uvedeného konduktometru a pH metru byly hodnoceny vlastnosti vody všech čtyř vyriant, použitých v rámci pokusu (Obr. 9). Při statistickém hodnocení bylo u všech tří měřených hodnot (vodivost, pH, ORP) vypočteno p menší než jedna tisícina, tedy menší než hladina α . Nulová hypotéza tak byla u všech tří měřených hodnot zamítnuta a existuje statisticky průkazný rozdíl mezi variantami.

V rámci vodivosti byla výrazně odlišná destilovaná voda (D), která přirozeně dosahovala řádově nižších výsledků. Ostatní skupiny byly poměrně vyrovnané, kdy neupravená voda z řadu (A) měla vodivost mírně nižší než převařené zálivkové vody (B, C), mezi kterými nebyl významný rozdíl v tomto parametru.



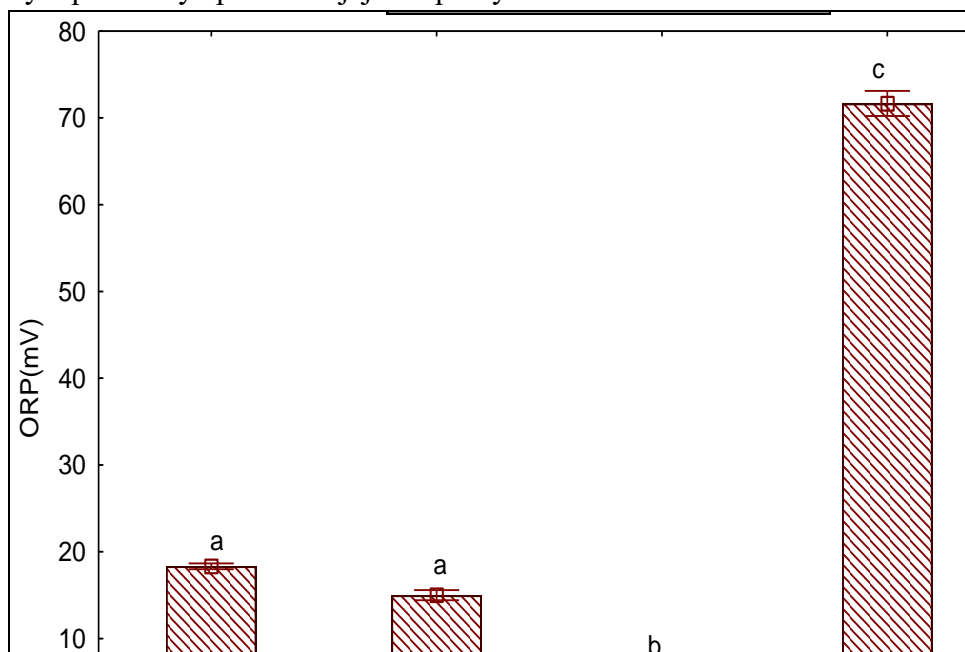
Obr. 9 – Vodivosti v mS.cm^{-1} . Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

Následné měření pH ukázalo nižší hodnoty především u vody destilované (Obr. 11). Ostatní vzorky zálivky se spíše blížily k neutrálnímu pH, kdy rozdíly mezi variantami byly malé, ale statisticky významné.



Obr. 10 – Porovnání pH. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

Při měření ORP, byl mezi skupinami zjištěn opět výrazný rozdíl (Obr. 11). Nejvyšší ORP dosáhla voda upravená pomocí mikrovln, naopak voda destilovaná měla potenciál nejvyšší. Obě tyto varianty se významně lišily od zbývajících záливок, kde ale rozdíl nebyl. Při srovnání všech výsledků lze říct, že mezi sledovanými vlastnostmi použité destilované vody a vody pocházející z řadu je nepřímá úměrnost. Čím nižší byla vodivost, případně pH, tím vyšší byl ORP a naopak. Jednotlivé rozdíly mezi neupravenou a převařenými vodami z řadu pak mohly být způsobeny způsobem jejich úpravy.



Obr. 11 – Porovnání ORP v mV. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

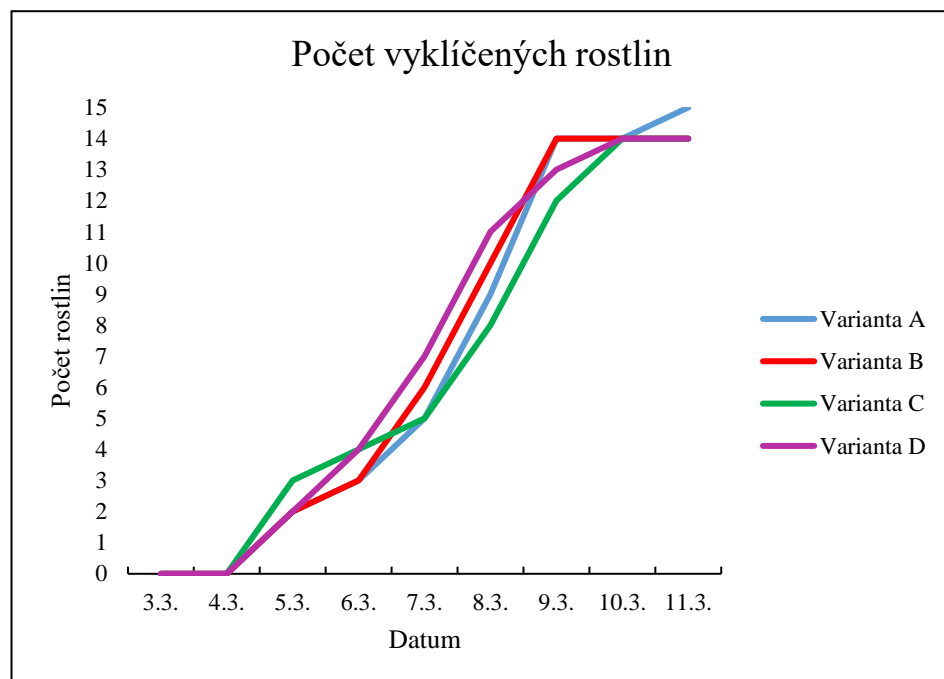
5.2 Počet klíčících rostlin během pěstebního pokusu

Jako první a velmi důležitý údaj týkající se rostlin v rámci první části pokusu bylo sledováno a porovnáváno samotné klíčení *C. frutescens* v nádobách v závislosti na použitém druhu zálivky (Obr. 12). Z celkového počtu 60 kusů semen, použitých pro výsev vyklíčilo 58. Tento počet odpovídá klíčivosti 96,7 %.

Při srovnání jednotlivých skupin, lze vidět, že typ použité zálivkové vody neměl statisticky významný vliv na klíčivost semen v substrátu. U vzorků, kde byla použita destilovaná a v rychlovarné konvici převařená voda, vždy jedno semeno nevyklíčilo, u ostatních variant byla klíčivost 100 %.

Z grafu (Obr. 12) lze pozorovat, že přírůstek počtu klíčících rostlin je u jednotlivých skupin velmi podobný a nejsou zde větší rozdíly. Všechny skupiny kopírují obdobný trend v počtu nově naklíčených rostlin a v závislosti na dnech.

Pro porovnání počtu vyklíčených rostlin byl použit jednovýběrový t-test, jehož výsledky jsou jako samostatná příloha 2. Zjištěná hodnota $p = 0,182$ byla pod určenou hodnotou $\alpha = 0,05$. Tedy $p > \alpha$ a nulovou hypotézu nešlo tedy zamítnout.



Obr. 12 – Vývoj počtu vyklíčených rostlin v závislosti na čase, varianty v Tab. 4

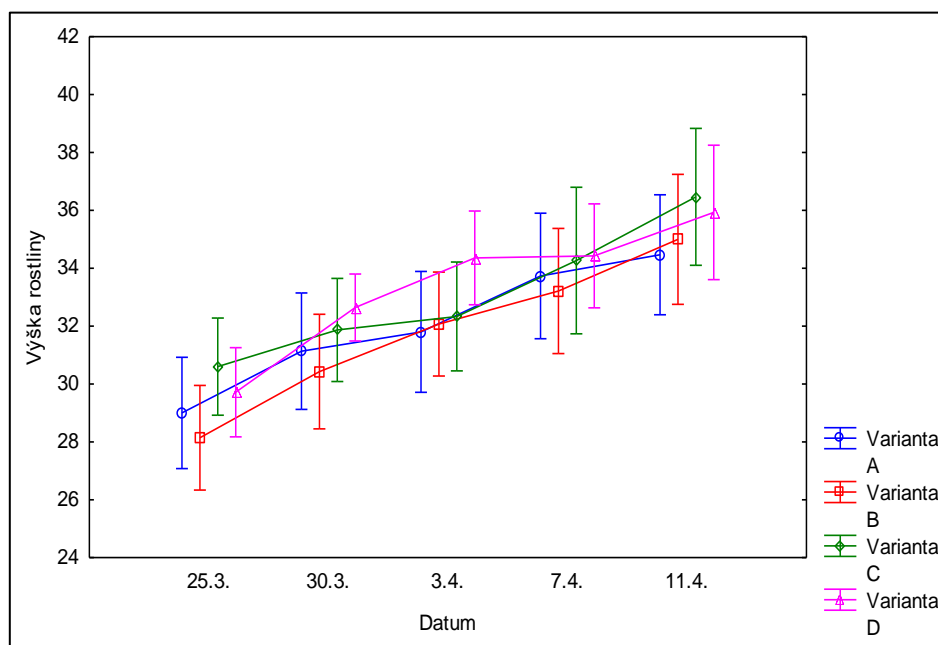
5.3 Výška rostlin

Během vhodného období, tedy od vyklíčení všech rostlin a rozvinutí listů až do doby, kdy se počaly rostliny mírně sklánět z důvodu zatížení listy, byla sledována jejich výška. Jak ukazuje graf vývoje růstu mladých rostlin (Obr. 14), ani tento sledovaný parametr nebyl signifikantně ovlivněn typem zálivkové vody.

Při statistickém šetření byla zjištěna hodnota $p = 0,999$ a určená hodnota $\alpha = 0,05$. Tedy $p > \alpha$ a nulovou hypotézu nelze zamítnout.

S ohledem na velikost směrodatných chyb se v rámci jedné skupiny od sebe sledované rostliny lišily, ale lze pozorovat určitý redukovaný růst u varianty B, zejména v počátku sledování.

Tato skupina byla velmi shodná s měřením u skupiny A. V průběhu jednotlivých měření dosahovala nejvyšších hodnot skupina (D), přičemž mezi hodnotami těchto skupin byly hodnoty varianty C, které v poslední den měření dosahovaly největší výšky.

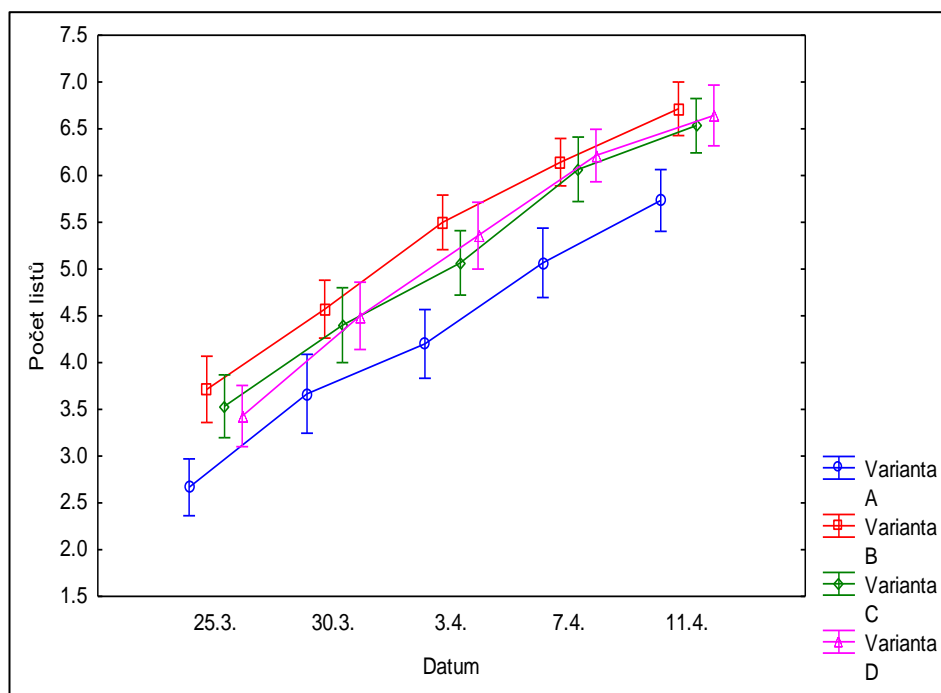


Obr. 13 – Porovnání výšky rostlin v cm včetně směrodatných odchylek, varianty v Tab. 4

5.4 Počet listů a jejich plocha

Počet listů byl zaznamenáván do tabulky, ale vzhledem k rozdílnému počtu rostlin ve skupinách byl počet listů přepočten i jako průměrný počet listů na rostlině v dané skupině. Dále byla tato data zanesena do následujícího grafu (Obr. 14) pro další porovnání.

Během měření byl počet listů stabilně nejvyšší u skupiny B. Skupina C a D měly počty vyrovnané. Stabilně nejnižšího počtu dosahovala skupina A, která byla zalévána odstátou vodou z řadu. Při výpočtu p hodnoty ($p = 0,1$) a po porovnání se zvolenou hladinou významnosti ($\alpha = 0,05$) bylo zjištěno, že $p > \alpha$, tedy nulovou hypotézu nelze zamítnout. I přes zjištěné možné rozdíly v počtu listů na jedné rostlině, tak nebyl vliv na tento parametr z hlediska použité statistiky potvrzen.

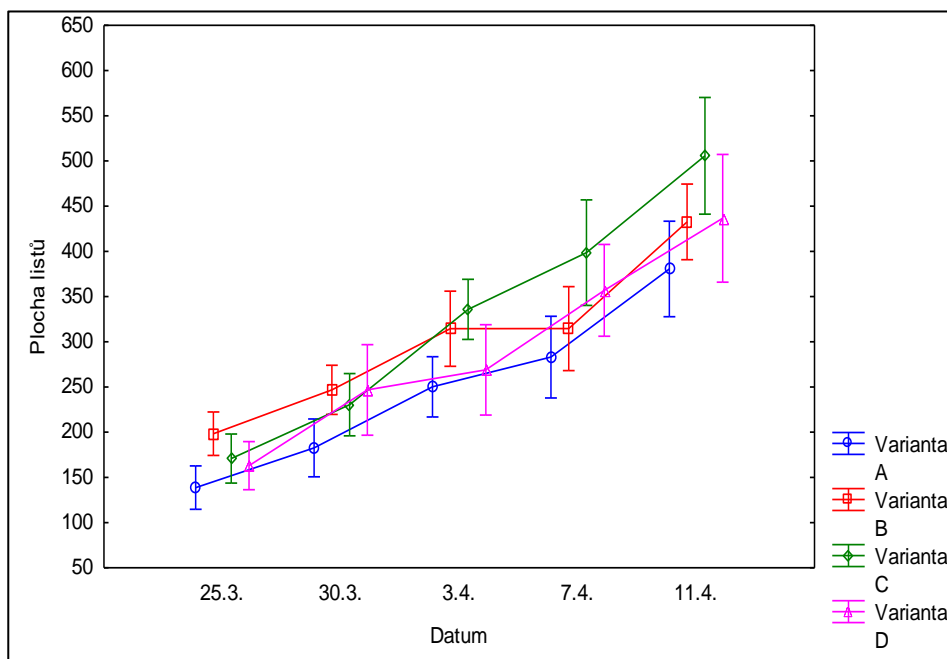


Obr. 14 – Porovnání počtu listů, varianty v Tab. 4

Výsledkem vlastního měření rozměrů počítaných listů je porovnání listové plochy zaokrouhlené na dvě desetinná místa. Plochu připadající na rostlinu dané skupiny, zobrazuje příslušný graf (Obr. 15), kde lze pozorovat změny během jednotlivých termínů měření.

Největší průměrné listové plochy dosahovala skupina C a následně také skupina B, tedy varianty s převařenou vodou. Nejmenší průměrná listová plocha na rostlinu byla zaznamenána při všech měřeních u skupiny A. V průběhu nárůstu listové plochy sledovaly skupiny A, C a D plynule rostoucí trend. U skupiny B byla zjištěna stagnace mezi třetím a čtvrtým měřením.

Při statistickém vyhodnocení získaných dat byla zjištěna hodnota $p = 0,983$. Při určené hodnotě $\alpha = 0,05$, bylo $p > \alpha$ a nulovou hypotézu opět nelze zamítnout. V listové ploše tak také nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v závislosti na zvolené závlivkové vodě.



Obr. 15 – Porovnání listové plochy v cm², varianty v Tab. 4

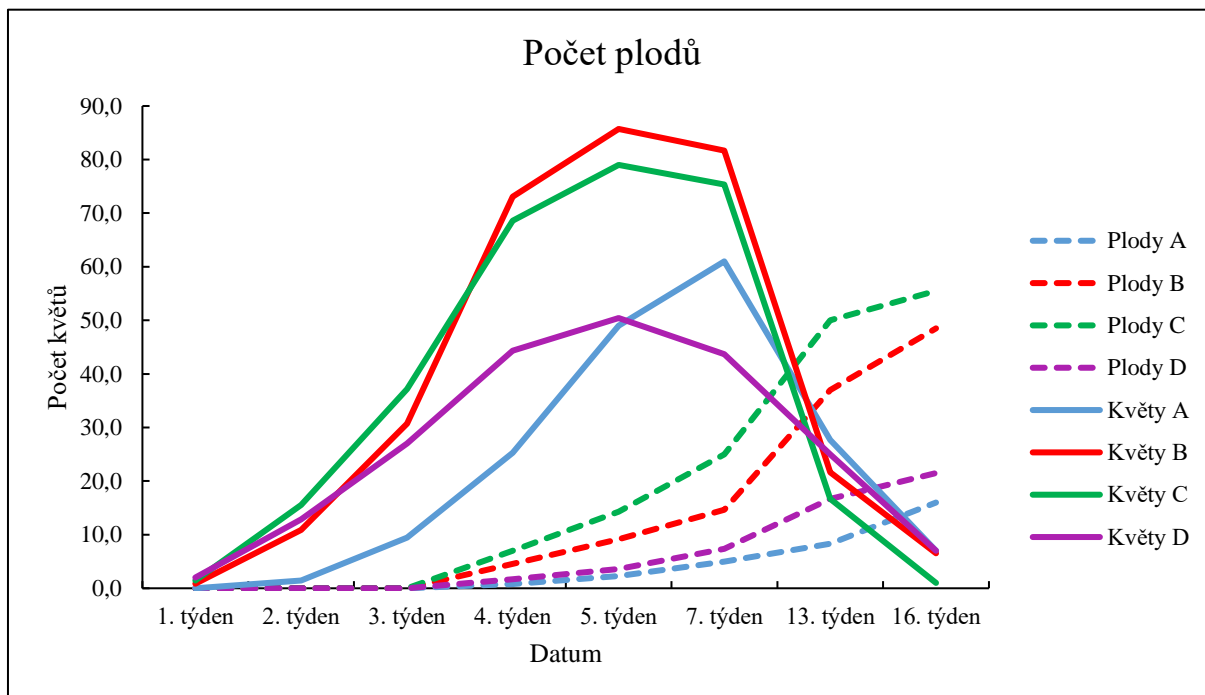
5.5 Počet květů a plodů

Z generativních orgánů byly sledovány nejprve květy, později také plody. Vývoj počtu květů v průběhu pokusu dle jednotlivých skupin zaznamenává graf (Obr. 16) společně s počty plodů.

Při celkovém pohledu na graf lze vidět shodný průběh nárůstu, stagnace a následného poklesu v počtech květů u jednotlivých skupin. Tato křivka odpovídá biologickému cyklu, kdy rostlina po nasazení velkého počtu květů některé z nich přemění na plody a ostatní po zaschnutí opadávají. Velkému opadu ke konci vegetace odpovídají hodnoty v 16. týdnu, kdy jsou počty květů v intervalu 0 až 4 květy na skupinu. Zajímavý je také průběh nárůstu a poklesu počtu květů u skupiny A, která se jako jediná odlišuje od průběhu v ostatních skupinách.

Pokud by byly rostliny ponechány k dalšímu sledování, není pravděpodobné, že by bez intenzivního přisvětlování a přitápění bylo možné jejich oplození a dozrání v plody.

Od nasazení prvního plodu byly zaznamenávány jejich počty až do sklizně (Obr. 17). Z grafického znázornění lze vyčíst odlišnosti mezi jednotlivými skupinami, kdy největšího počtu plodů dosáhla skupina C a nejnižšího počtu skupina A. Obě varianty tepelně upravené vody (B, C), měly výsledky obdobné. Nižšího počtu plodů bylo dosaženo u skupiny s destilovanou vodou, nejméně plodů, stejně jako předtím květů měly rostliny zalévané vodou z řadu. U všech skupin byl kontinuálně narůstající počet plodů odpovídající přeměně z květů na plody, ke kterému začalo intenzivněji docházet v průběhu sedmého týdne od začátku sledování generativních orgánů (varianty B, C, D.). U varianty A byl naopak nástup tvorby plodů opožděn.



Obr. 16 – Počet plodů a květů v průběhu pokusu. Varianty v Tab. 4



Obr. 17 – Plody jednotlivých variant po sklizni a vysušení (autorka diplomové práce 2021)

Kromě počtu plodů byla zaznamenávána i jejich hmotnost po vysušení (Tab. 6), která byla následně přepočítána na průměrnou váhu jednoho plodu ve skupině. Z vypočtených hmotností lze vidět, že i při vysokém počtu plodů, si zachovávají vyšší hmotnost.

Skupina s vodou z řadu (A) dosáhla nejen nejmenšího počtu plodů, ale také nejnižší přepočtené hmotnosti, pouze 50,95 mg na jeden plod. Naopak rostliny, ke kterým byla přidávána voda převařená v mikrovlnné troubě (C), byly ty s nejvyšším počtem plodů a s nejvyšší průměrnou hmotností.

Tab. 6 – Váha plodů po vysušení v g a jejich přepočet

Skupina	Celková váha plodů po vysušení v g	Počet plodů	Váha jednoho plodu po vysušení v mg
A	0,8152	16	50,9500
B	2,6865	49	54,8265
C	3,5856	56	64,0286
D	1,2273	23	53,3609

Následující výpočet poměru květů k vytvořeným plodům, tedy počet květů potřebných k vytvoření jednoho plodu (tab. 7), zobrazuje rozdílnost především u skupiny A.

U skupin B, C i D bylo potřeba 1,48 až 2,35 květu k vytvoření jednoho plodu. U skupiny A bylo potřeba 4,19 květu, což je hodnota více než dvojnásobná.

Tab. 7 – Poměr počtu květů k plodům

Skupina	A	B	C	D
Maximální počet květů	67	91	83	54
Počet plodů	16	49	56	23
Poměr květů k plodům	4,19	1,86	1,48	2,35

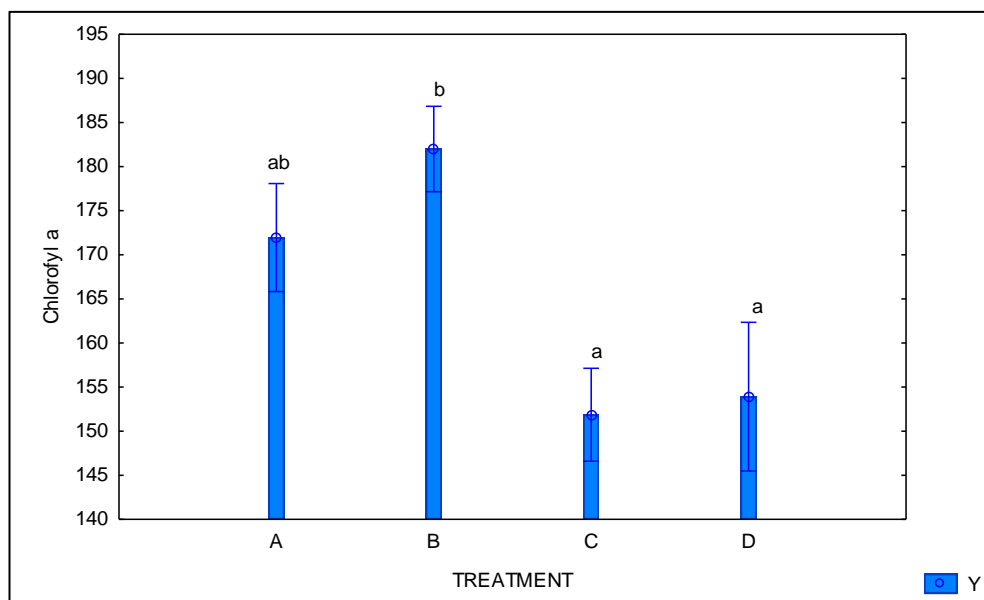
Přestože zde nebyla provedena statistická analýza, dá se usuzovat, že případný vliv vyštipování nadbytečných květů vedoucí k papričkám o větší hmotnosti se tolik neprojevil. Varianty zalévané převařenou vodou vytvořily více květů, ze kterých následně vzniklo více těžších plodů. Oproti tomu menší počet květů se u zbývajících skupin případným přírůstkem váhy neprojevil.

Ze sledovaných růstových a produkčních parametrů nelze s ohledem na průkaznost statistických testů jednoznačně potvrdit nebo vyvrátit vliv závlivkové vody různého typu na rostliny *C. frutescens* 'African Devil'. Nicméně, s určitou výjimkou v případě výšky rostlin, lze pozorovat, že testované rostliny zalévané převařenou a destilovanou vodou měly na konci pozorování větší počet, a tím i plochu listů. Rovněž se jejich vliv projevil do určité míry také u počtu a generativních plodů, kde voda z řadu a destilovaná voda dosahovala horších výsledků.

5.6 Pigmenty v listech

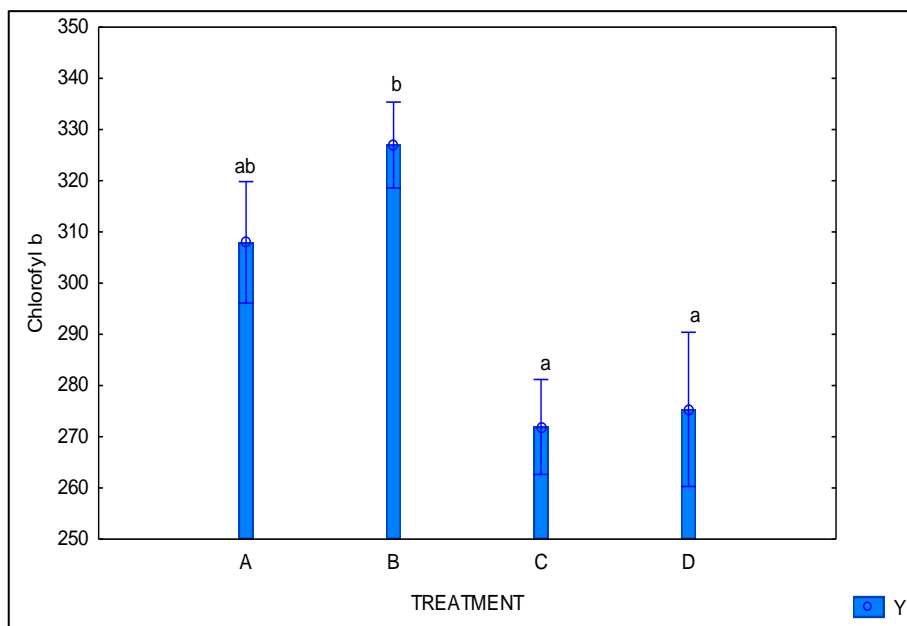
Kromě růstových parametrů byly u listů také zjišťovány další charakteristiky spojené s metabolismem. V listech byly změřeny hodnoty jednotlivých pigmentů. Následující grafy zobrazují výsledky pro chlorofyl a, chlorofyl b, jejich poměr, celkový chlorofyl a karotenoidy. Ve všech případech byla zvolena hladina významnosti $\alpha = 0,05$.

Nejvyšší hodnota chlorofylu a byla u skupiny zalévané vodou převařenou v rychlovarné konvici (B). Menší, ale při srovnání statisticky nevýznamný, obsah byl zjištěn u vody z řadu (A). Signifikantně nižší koncentrace dosáhly obě zbývající skupiny, C a D (Obr. 18), což následně potvrdila také statistická analýza. Vypočtené $p = 0,009$, a tedy $p < \alpha$, čímž byla zamítnuta nulová hypotéza. Existuje statisticky významný rozdíl v obsahu chlorofylu a v závislosti na zvolené zálivkové vodě, a to pouze mezi skupinou zalévanou převařenou vodou (B) a variantami zalévanými vodou převařenou v mikrovlnce a destilovanou vodou.



Obr. 18 – Porovnání chlorofylu a v nmol.g^{-1} . Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

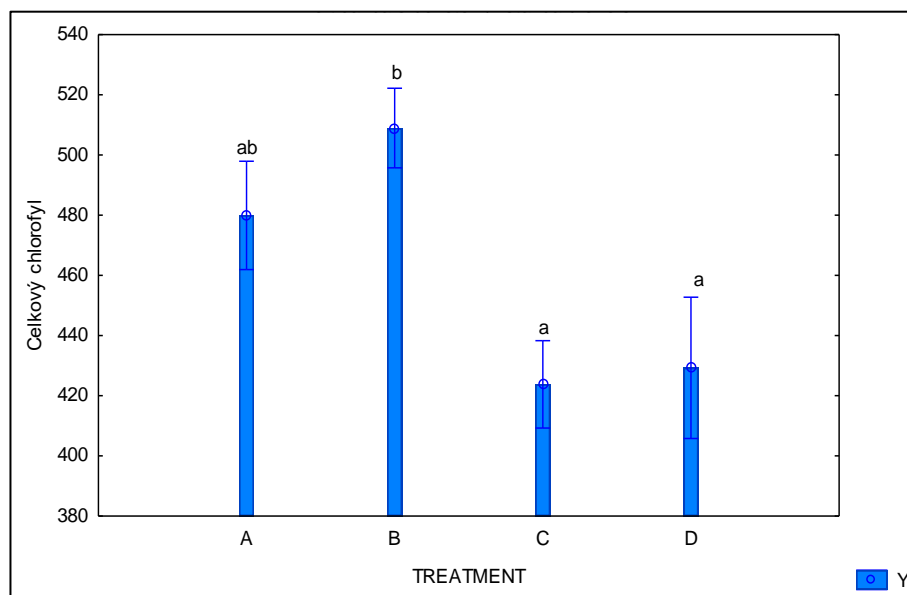
Pro chlorofyl b (Obr. 19) byly naměřeny rozdíly obdobné jako pro chlorofyl a. Nejvyššího obsahu dosáhla opět skupina B, následovaná variantou A. Zbylé skupiny C a D měly obdobně nízký obsah chlorofylu b. Z pohledu statistiky byly výsledky stejné, kdy zjištěné $p = 0,075$ a nulovou hypotézu při $p < \alpha$ zamítáme. Existuje proto statisticky významný rozdíl v obsahu chlorofylu b opět pouze mezi variantami zalévanými převařenou vodou (B) a variantami zalévanými vodou převařenou v mikrovlnce a destilovanou vodou.



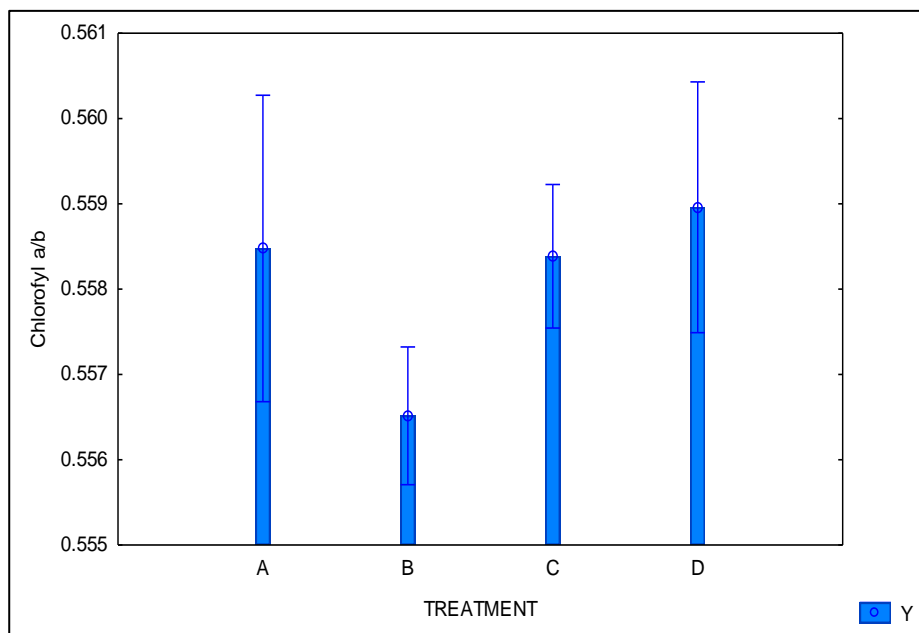
Obr. 19 – Porovnání chlorofylu b v nmol.g⁻¹. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

Celkový obsah chlorofylu (Obr. 20) zcela odpovídal předešlým naměřeným hodnotám u chlorofylu a i b. I v tomto případě dosáhla nejvyšších hodnot skupina B následovaná s menším rozdílem skupinou A. Obě následující skupiny měly opět srovnatelně nízké hodnoty.

S ohledem na zjištěné $p = 0,008$, které je menší než stanovená hladina $\alpha = 0,05$, je opět zamítnuta nulová hypotéza a statisticky významné rozdíly odpovídají předcházejícím měřením.



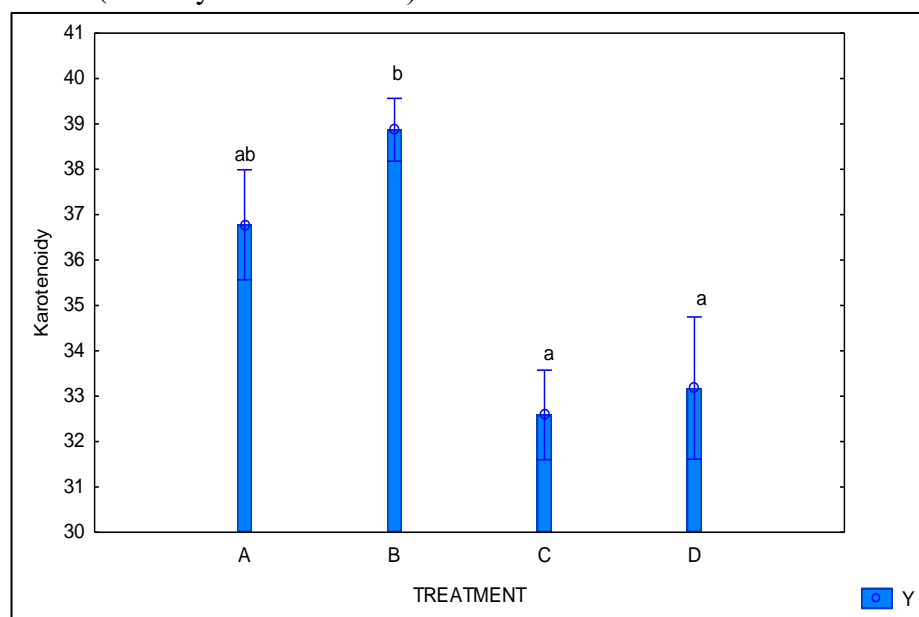
Obr. 20 – Obsah celkového chlorofylu v nmol.g⁻¹. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4



Obr. 21 – Poměr chlorofylu a/b. Výsledky ANOVA, varianty v Tab. 4

Důležitou hodnotou je také poměr chlorofylu a/b (Obr. 21). Zde naopak byla nejnižší hodnota u skupiny B, odpovídající poněkud zvýšeným hodnotám chlorofylu b. Ostatní skupiny A, C i D měly hodnoty poměrně vyrovnané a díky porovnání vypočteného $p = 0,451$, kdy $p > \alpha$, bylo zjištěno, že rozdíly mezi skupinami nejsou statisticky průkazné.

Také u měřených karotenoidů v listech byly nejvyšší hodnoty u skupiny B (Obr. 22), následované hodnotami skupiny A. Skupiny C a D měly hodnoty velmi blízké. Po výpočtu $p = 0,003$, kdy $p < \alpha$, bylo možno zamítnout nulovou hypotézu. Existuje statisticky významný rozdíl v obsahu karotenoidů mezi skupinou zalévanou převařenou vodou klasickým varem a skupinami zalévanými vodou převařenou v mikrovlnné pomoci mikrovln a destilovanou vodou (varianty C a D se neliší).

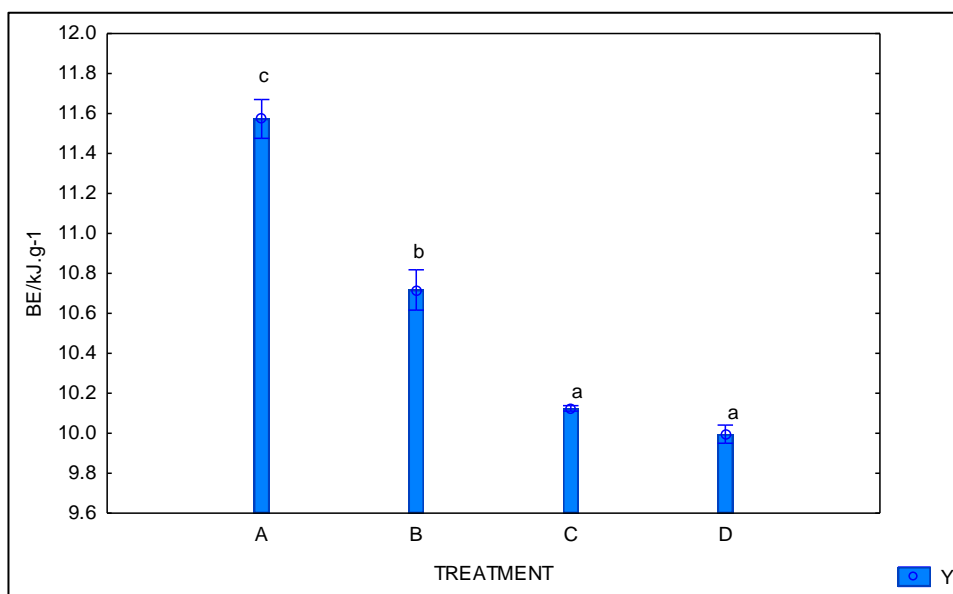


Obr. 22 – Porovnání karotenoidů v nmol.g^{-1} . Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

5.7 Stanovení energie v listech

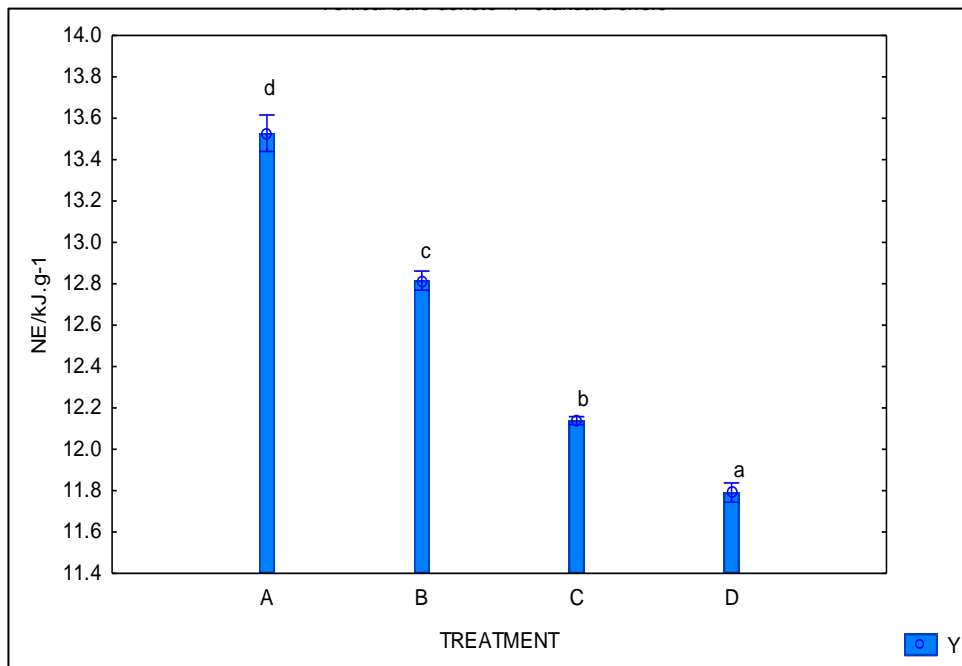
Při spalovací kalorimetrii byla měřena energie v listech rostlin jednotlivých skupin. Mezi skupinami byly zjištěny rozdíly, kdy nejvyšší spalné teplo, a tedy obsah asimilátů měla v průměru varianta zalévaná vodou z řadu. Nejnižších hodnot naopak dosáhly rostliny zalévané destilovanou vodou. Při porovnání výsledků měření s popelovinami (Obr. 23) je patrné, že skupiny B, C i D jsou téměř vyrovnané. Při měření bez popelovin (Obr. 24) je viditelný pokles u skupiny D, vyrovnané hodnoty u skupin B i C a nejvyšší spalné teplo opět u skupiny A.

Při porovnání výsledků spalovací kalorimetrie, bylo zjištěno p menší než jedna tisícina, tedy $p < \alpha$. Díky tomu zamítáme nulovou hypotézu a lze říct, že existuje statisticky významný rozdíl v energii listů v závislosti na druhu použité závlivky, a to mezi skupinou zalévanou vodou z řadu (A), skupinou zalévanou vodou převařenou (B) a skupinami zalévanými vodou převařenou pomocí mikrovlnné trouby (C) a destilovanou vodou (D) pro energii s popelovinami. Mezi skupinami C a D nebyl rozdíl.



Obr. 23 – Porovnání kalorimetrie pro energii s popelovinami v kJ.g⁻¹. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

Při porovnání energie bez popelovin je opět p pod jednu tisícinu, tedy $p < \alpha$ a nulová hypotéza je zamítnuta. Existují statisticky významné rozdíly mezi všemi skupinami, tedy mezi všemi druhy použité závlivkové vody.



Obr. 24 – Porovnání kalorimetrie pro energii bez popelovin v kJ.g⁻¹. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

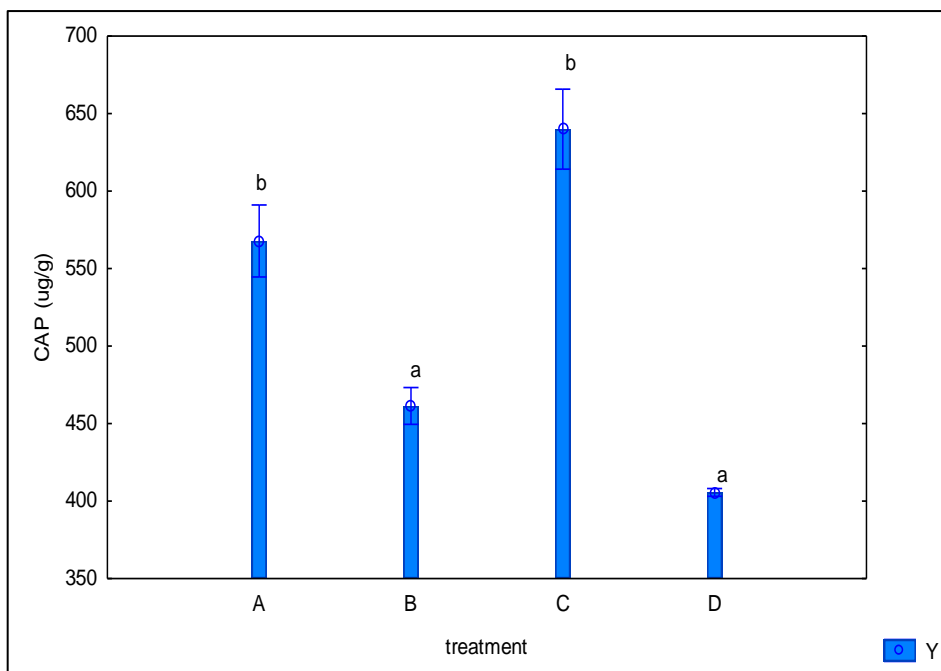
5.8 Obsah kapsaicinu

V průběhu stanovení obsahu kapsaicinu pomocí HPLC byl zjišťován obsah dvou kapsaicinoidů, konkrétně kapsaicinu (CAP) a dihydrokapsaicinu (DCAP), jakožto hlavních zástupců kapsaicinoidů.

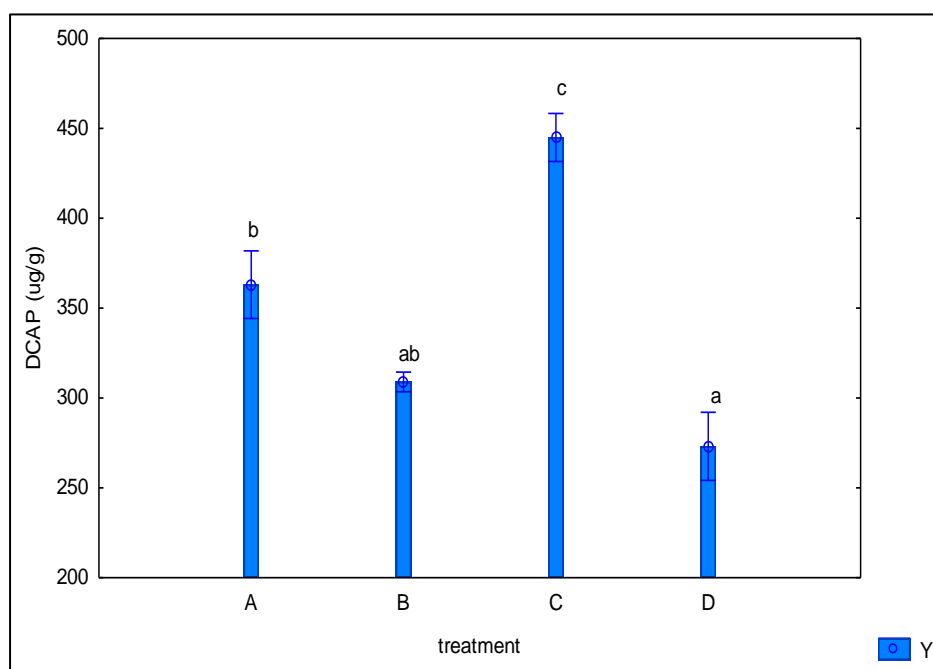
Koncentrace CAP a DCAP jsou porovnány na grafech (Obr. 25 a 26). Zjištěná hodnota p u obou látek byla pod jednu tisícinu s určenou hodnotou $\alpha = 0,05$, kdy $p < \alpha$ a nulová hypotéza byla zamítnuta. Statisticky významný rozdíl v obsahu kapsaicinu v závislosti na zvolené zálivkové vodě mezi vybranými skupinami byl potvrzen, jak je ostatně patrné z příslušných grafů.

Nejvyšší obsah CAP i DCAP v plodech dosáhla skupina C, tedy rostliny zalévané vodou převařenou v mikrovlnné troubě. Druhý nejvyšší obsah měla varianta A (voda z řadu). Skupina s destilovanou vodou (D) měla v obou případech obsah kapsaicinoidů nejnižší.

Pouze u CAP jsou signifikantní rozdíly mezi variantou zalévanou neupravenou vodou (A) a variantami zalévanými vodou převařenou v konvici (B) a destilovanou (D). Nižší obsah v případě DCAP, ve skupině B oproti rostlinám ze skupiny A, signifikantní nebyl (Obr. 26). U obou metabolitů jsou rozdíly průkazné také mezi variantou zalévanou převařenou vodou v mikrovlnné troubě (C) a vodou převařenou klasicky (B) a destilovanou vodou (D). Skupiny A a B ani B a D se mezi sebou v případě DCAP průkazně nelišily.



Obr. 25 – Porovnání kapsaicinu v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4



Obr. 26 – Porovnání dihydrokapsaicinu v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

Naměřené hodnoty CAP byly převedeny na jednotky SHU pomocí vynásobení číslem 16 (Krishna 2003). Výsledné hodnoty se pohybovaly v rozmezí 3779 až 7497 SHU. Nejvyššího obsahu CAP i DCAP dosáhla v průměru skupina C, naopak nejnižší obsah byl detekován u varianty D. Po přepočtu a zaokrouhlení na celé stovky, jak bývá u jednotek SHU zvykem, byl obsah kapsaicinu u jednotlivých skupin:

Skupina „A“ = 5 800 SHU
Skupina „B“ = 4 900 SHU
Skupina „C“ = 7 100 SHU
Skupina „D“ = 4 400 SHU

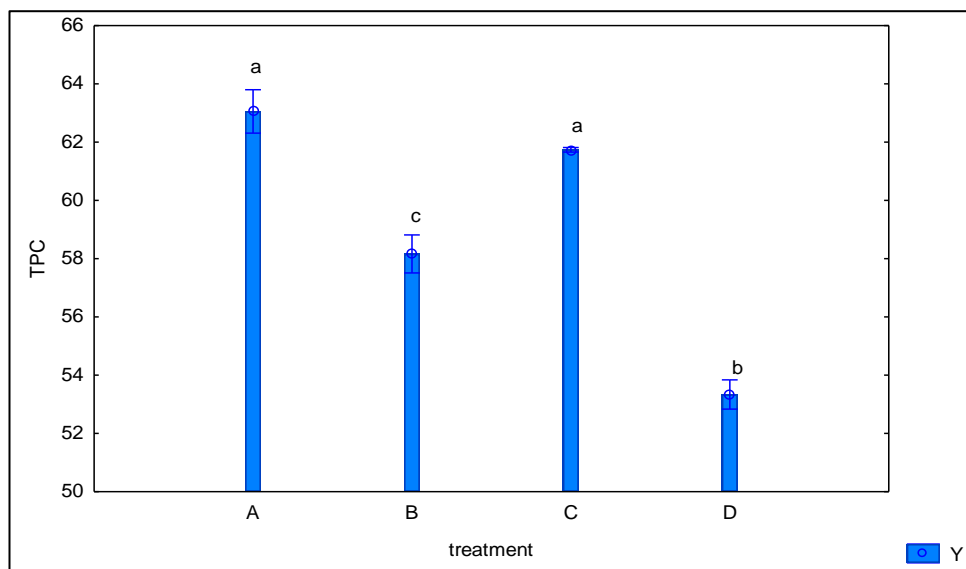
Nejvyšší koncentrace CAP se nacházela v plodech rostlin zalévaných vodou převařenou pomocí mikrovlnné energie.

5.9 Obsah celkových fenolických látek a flavonoidů v plodech

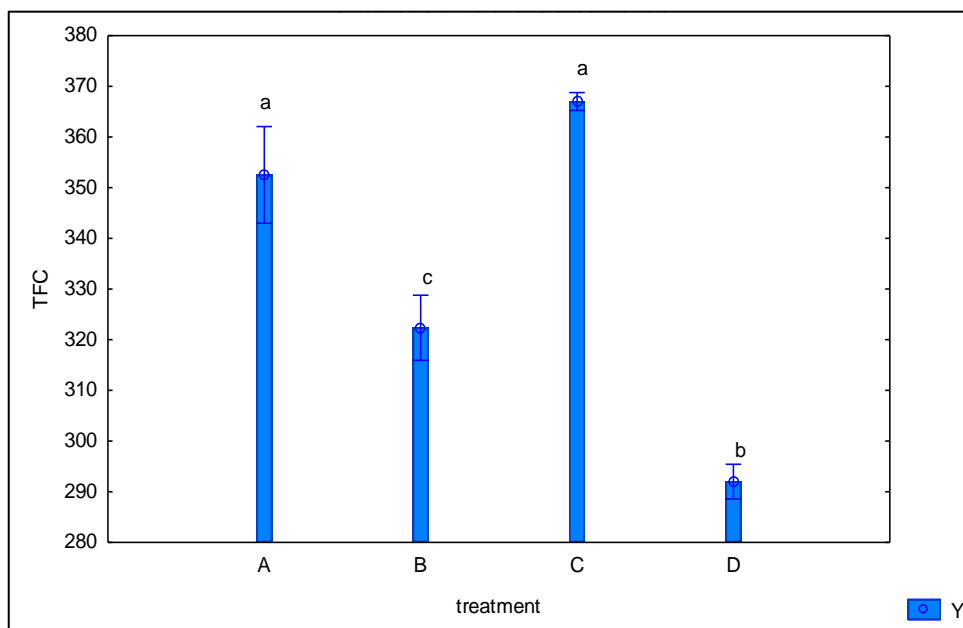
Kromě výše uvedených alkaloidů byly v plodech zjišťovány obsahy celkových fenolických látek (TPC) a flavonoidů (TFC), jejichž vyhodnocení zobrazují následující grafy (obr. 27 a 28).

Nejvyššího obsahu TPC dosáhla skupina A. Nejvyššího obsahu TFC dosáhla skupina C. Nejnižší obsah obou sledovaných látek měla skupina D, tedy varianta s destilovanou vodou.

Jednotlivé rozdíly jsou po statistickém šetření průkazné, jelikož je v obou případech $p < \alpha$, a existuje tak statisticky významný rozdíl v obsahu TPC i TFC v závislosti na zvolené závlivkové vodě. V obou případech nebyl signifikantní rozdíl mezi variantou zalévanou neupravenou vodou (A) a zalévanou převařenou vodou v mikrovlnné troubě (C). Jejich hodnoty však byly významně vyšší v porovnání se zbývajícími skupinami převařenou (B) a destilovanou (D) vodou.



Obr. 27 – Celkový obsah fenolických látek v plodech v mg.g⁻¹. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

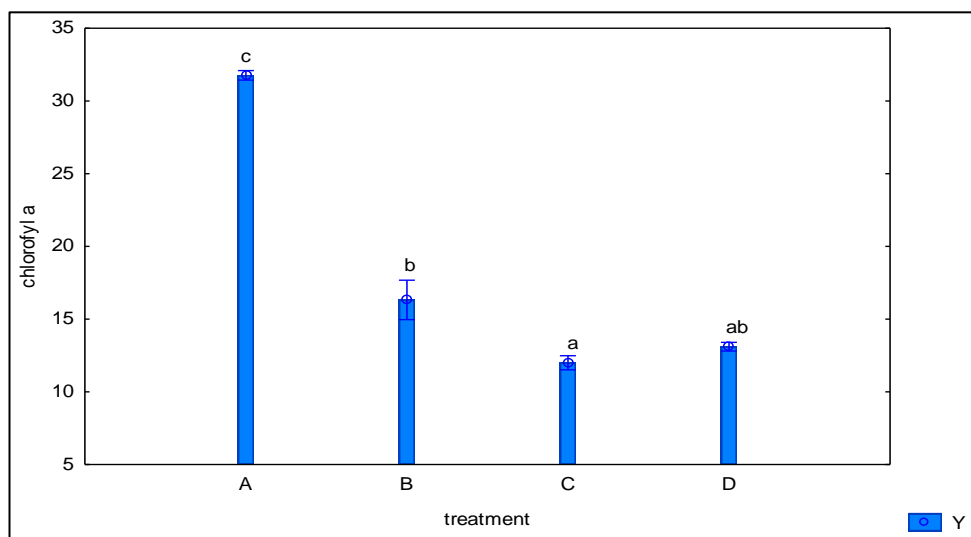


Obr. 28 – Celkový obsah flavonoidů v plodech v mg.g⁻¹ výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v tab. 4

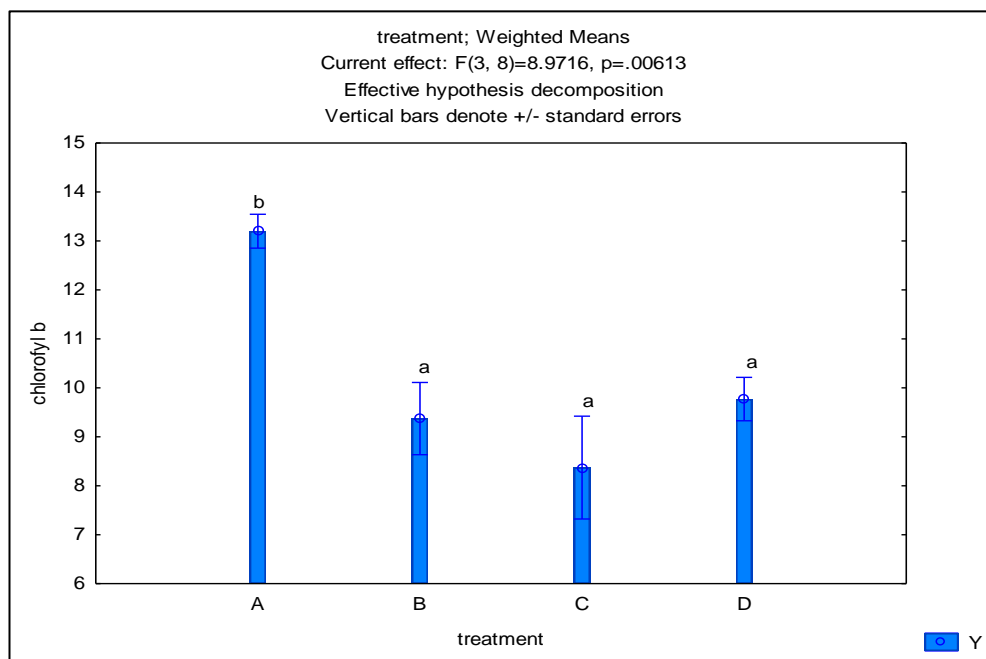
5.10 Pigmenty v plodech

Obdobně jako u listů, byly také v plodech stanoveny obsahy pigmentů. Výrazně nejvyššího obsahu chlorofylu a dosáhly plody varianty A (Obr. 29). Ostatní skupiny měly obsah nižší a poměrně vyrovnaný. Po statistickém šetření bylo zjištěno p menší než jedna tisícina, tedy menší než α , a opět existuje statisticky významný rozdíl v obsahu chlorofylu a mezi variantami zalévanými neupravenou vodou (A), vodou převařenou oběma způsoby (B a C) i destilovanou vodou (D). Varianty upravené vody (B a C) a destilované vody (D) se mezi sebou nelišily.

Pro chlorofyl b byly zjištěny nejvyšší hodnoty opět u skupiny A (Obr. 30). Ostatní tři skupiny měly hodnoty nižší a nebyl mezi nimi žádný významný rozdíl. Vypočtené $p = 0,006$, nulová hypotéza byla zamítnuta a existovaly proto průkazné rozdíly v obsahu chlorofylu b v plodech mezi variantou zalévanou neupravenou vodou (A) a ostatními variantami (B, C i D).

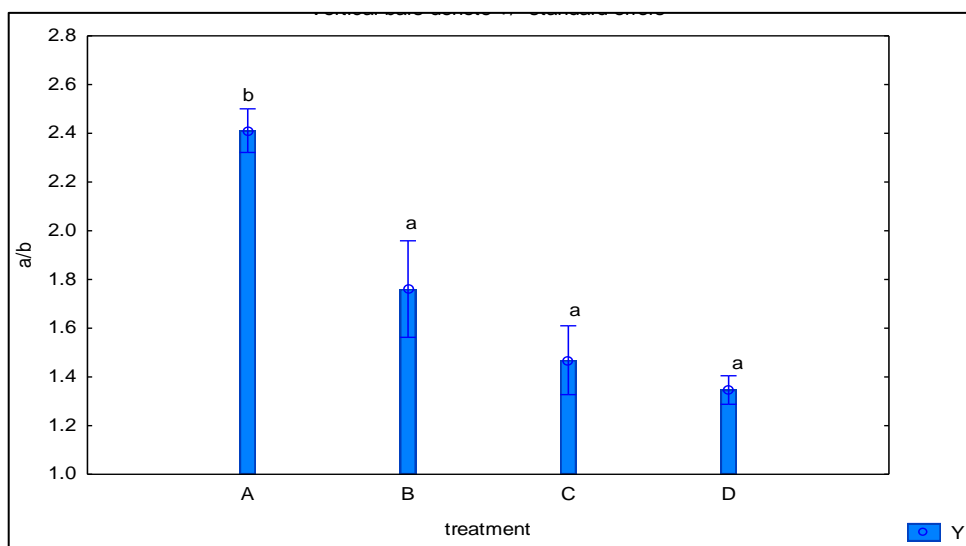


Obr. č. 29 – Celkový obsah chlorofylu a v plodech v nmol.g⁻¹. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4



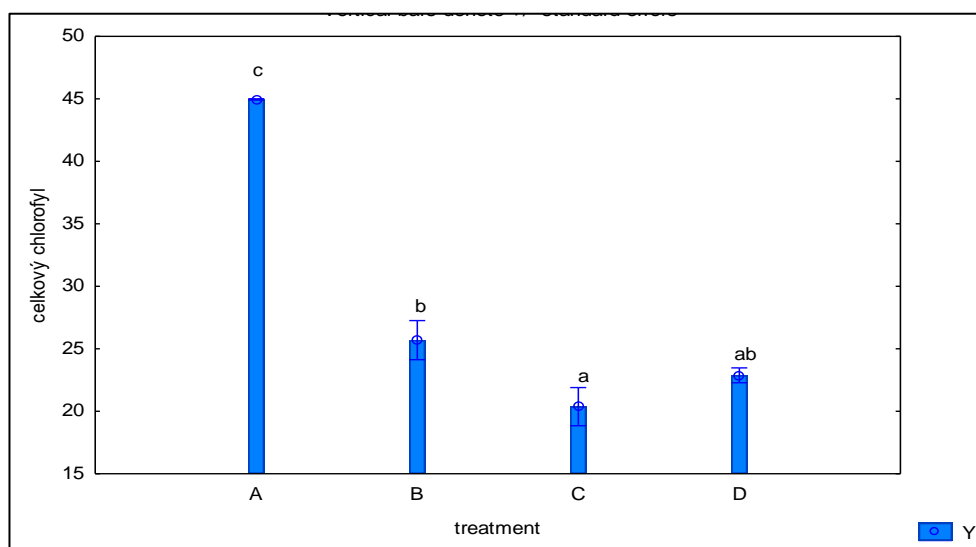
Obr. č. 30 – Celkový obsah chlorofylu b v plodech v nmol.g⁻¹. Výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

Následný poměr mezi chlorofylem a a chlorofylem b (Obr. 31) ukazuje nejvyšší hodnoty pro skupinu A a naopak nejnižší hodnoty u skupiny D. Toto potvrzuje také $p = 0,002$, které je menší než α , což umožňuje zamítnutí nulové hypotézy. Po statistickém vyhodnocení bylo zjištěno, že tyto rozdíly jsou signifikantní pro variantu zalévanou neupravenou vodou (A) a ostatními variantami, kdy se hodnoty u jednotlivých skupin postupně snižovaly, ale rozdíl nebyl signifikantní.



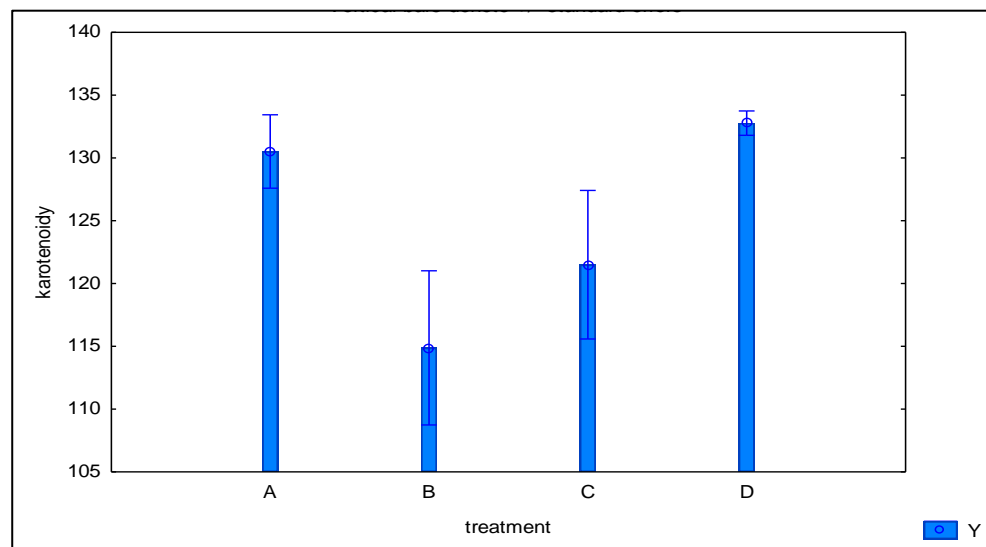
Obr. 31 – Poměr mezi chlorofylem a a b v plodech výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

Nejvyšší celkový obsah chlorofylu (Obr. 32) byl stanoven u plodů skupiny A, což odpovídá stanovení jednotlivých chlorofylů. Ostatní skupiny měly celkový obsah vyrovnaný, přičemž nejnižší obsah byl u skupiny C. Výsledné p bylo pod jednu tisícinu, menší než α a po zamítnutí nulové hypotézy byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi variantou zalévanou neupravenou vodou (A) a ostatními variantami (B, C a D). Průkazný rozdíl byl také mezi oběma typy převařené vody B a C. Ostatní srovnání výsledků testovaných zálivek průkazné rozdíly neukázalo.



Obr. 32 – Celkový obsah chlorofylu v plodech v nmol.g^{-1} výsledky ANOVA a Tukey post hoc test, stejná písmena označují varianty, ve kterých nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl, varianty v Tab. 4

Posledním stanovovaným pigmentem v listech byly karotenoidy (Obr. 33). Plody pro hodnocení byly vybrány vizuálně co nejvíce shodné a ačkoli byly naměřeny rozdílné hodnoty, nebyly odchylky statisticky průkazné. Výsledné $p = 0,077$, které je větší než α . Nejvyšší hodnota byla naměřena u skupiny D. Nejnižší hodnota u skupiny B. Není však statisticky průkazný vliv na obsah karotenoidů v plodech v závislosti na záливkové vodě.



Obr. 33 – Obsah karotenoidů v plodech v nmol.g⁻¹. Výsledky ANOVA, varianty v Tab. 4

5.11 Mnoharozměrná analýza plodů

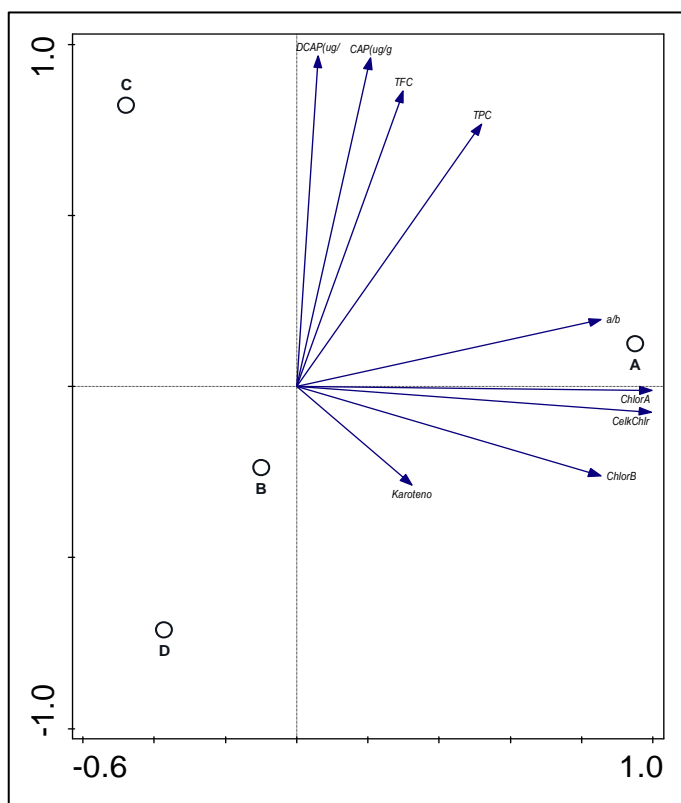
Jednotlivé zjištěné hodnoty obsahových látek v plodech byly zpracovány pomocí mnoharozměrné analýzy, kde byl jako výstup získán PCA graf (Obr. 34).

Horizontální osa vysvětluje 72,5 % variability vztahující se ke gradientům prostředí. Vertikální osa, kolmá na první osu, vysvětluje 20,9 % variability zohledňující další vlivy.

Z grafu je patrná podobnost mezi sledovanými parametry plodů variant zalévaných převařenou vodou klasickým varem (B) a destilovanou vodou (D).

Při hodnocení pálivosti dle obsažených kapsaicinoidů byly varianty C a A více pálivé na rozdíl od variant zalévaných převařenou vodou (B) a destilovanou vodou (D).

Obecně je možné pozorovat, že varianta zalévaná převařenou vodou pomocí mikrovlnné trouby (C) je více pálivá a méně zelená, varianta zalévaná neupravenou vodou (A) je méně pálivá a více zelená a obě zbylé varianty, jak zalévané převařenou vodou (B), tak destilovanou vodou (D) jsou málo pálivé a málo zelené.



Obr. 34 – PCA graf pro stanovované obsahové látky v plodech, varianty v Tab. 4

5.12 Výsledky klíčení v Petriho misce

Při klíčení rostlin na Petriho miskách bylo ze 100 semen v jednotlivých skupinách po 16 dnech vyklíčeno u skupiny A 31 semen a skupiny B 44 semen. U další dvou skupin, z 90 semen, vyklíčilo po 16 dnech u skupiny C 50 semen a u skupiny D 53 semen. Za vyklíčené semeno bylo považováno takové, které mělo měřitelný kořínek o minimální délce 1 mm.

Nejvyšší počet vyklíčených semen byl ve skupině D a to 53 semen, což odpovídá klíčivosti 58,9 %. Skupina C měla klíčivost 55,6 %. Skupina B 44 % a nejmenší klíčivost měla skupina A, pouze 31 %.

Výsledné klíčky jsou vyobrazeny na fotografii (Obr. 35).



Obr. 35 – Klíčení semen na Petriho miskách (autorka diplomové práce 2021)

6 Diskuse

6.1 Změny v chemicko-fyzikálních vlastnostech vody

Během pokusu byla použita voda z řadu, která byla upravena varem pomocí klasického ohřevu a pomocí mikrovln. Pro kontrolní stanovení byla použita kupovaná destilovaná voda. U závlivkové vody byla vyhodnocena její vodivost, pH a oxidačně – redukční potenciál.

Vodivost ve vodě je způsobena obsahem solí (Tab. 1). S jejich narůstajícím množstvím je zvyšována také vodivost roztoku. Destilovaná voda, bez obsahu solí, má při porovnání přirozeně vodivost nejnižší (Ahmadi & Souri 2020). Tato vlastnost byla potvrzena také během rozboru použité vody, kdy destilovaná voda dosáhla řádově nižší vodivosti v porovnání s ostatními variantami. Dá se předpokládat, že zjištěný rozdíl (Obr. 9) mezi neupravenou vodou z řadu a oběma převařenými variantami byl způsoben varem.

V rámci změn pH byl největší rozdíl u vody destilované, což je opět odpovídající. Voda v řadu má vždy pH dle zdroje této vody a může být pozměněno následnými úpravami ve vodárnách. Z tohoto důvodu byly změny mezi pH stočené a následně převařené vody malé. Po přidání vody s vyšším pH (6,6 – 7) u skupin A, B a C do substrátu o pH 5 – 7,5 bylo možné jeho ovlivnění k vyšším hodnotám. Naopak voda destilovaná, s naměřeným pH 5,2, mohla celkové pH substrátu o něco snížit a okyselit, což mohlo následně ovlivnit rostliny. Vaněk (2012) doporučuje pro pěstování papriky pH neutrální, maximálně mírně kyselé s nízkým obsahem solí. Zde by použití destilované vody, která vedla k okyselení substrátu odpovídalo výsledkům, kdy měla skupina zalévaná destilovanou vodou nejnižší energii v listech a také obsah fenolů, flavonoidů i kapsaicinoidů v plodech. Nejvyšší ORP byl dosažen u skupiny zalévané destilovanou vodou (D), která má tedy nejvyšší antioxidační vlastnosti.

6.2 Klíčení rostlin při pěstebním pokusu

Kosina (2012) uvádí klíčivost kultivaru 'African devil' při zkoušce klíčivosti 95 %. Během první fáze pokusu byla zaznamenána klíčivost v substrátu 96,7 %. Tyto hodnoty si vzájemně odpovídají. Při porovnání jednotlivých skupin nebyl žádný prokazatelný rozdíl v závislosti na druhu závlivkové vody. Skupiny A a C měly 100% klíčivost, skupiny B a D 93,3% klíčivost, což mohlo být způsobeno vlastními vlastnostmi nevyklíčeného semene. Statistické vyhodnocení potvrzuje, že nelze zamítnout nulovou hypotézu. V tomto bodě, tedy při první fázi klíčení, není statisticky prokazatelný rozdíl mezi skupinami zalévanými rozdílnou závlivkovou vodou.

Lze potvrdit, že není možné, aby byla voda převařená v mikrovlnné troubě škodlivá pro rostliny a jejich růst, a to ani v počátku růstu a klíčení, kdy jsou sazenice nejcitlivější. Vzhledem k rozdílným zjištěným vlastnostem vody je možné následné ovlivnění substrátu touto vodou, a tím pozměnění jeho původních vlastností, což vede následně k ovlivnění rostlin. Tato změna může být relevantní u pH, kdy v případě, že do kyselého pH substrátu je přidána závlivka s kyselým pH nedojde k výraznějším změnám, ale pokud je do kyselého substrátu přidána neutrální závlivková voda, může vést ke zvýšení pH, což se projeví následně biochemickou a fyziologickou odpovědí rostliny.

6.3 Ovlivnění výšky rostlin

U kultivaru použitého pro tento pokus byla uváděna konečná výška rostliny 20–40 cm (Kosina 2012). Vzhledem k tomu, že bylo toto měření prováděno pouze v počátečním období růstu, nelze toto jednoznačně potvrdit. Sledovaný rozdíl mezi průměrnými výškami rostlin u jednotlivých skupin nebyl v hodnoceném časovém intervalu statisticky prokazatelný a nelze vyvrátit v tomto bodě nulovou hypotézu. Khan et al. 2014 uvádí výrazné ovlivnění výšky rostlin při zvýšení obsahu dusíkatých látek v půdě. V případě zařazení hnojené varianty do pokusu, by se dalo očekávat také výraznější navýšení průměrné výšky těchto rostlin oproti ostatním variantám.

6.4 Změny v počtech listů a jejich průměrné ploše

Počet listů u rostlin papriky není běžně sledovaným údajem. Obecně je dosahováno 8 až 15 listů před počátkem kvetení (Bosland et al. 2012). Údaje o počtech listů byly sledovány pouze po omezenou dobu a bylo ukončeno přibližně jeden a půl měsíce před kvetením. V době ukončení sledování počtu listů se průměrný počet listů na rostlinu pohyboval v rozmezí 5,7 až 6,7 listů na rostlinu s přibližným nárůstem 1,5 listu na rostlinu za týden. Při předpokladu kontinuálního nárůstu tohoto počtu, pak po 6 týdnech by průměrný počet listů na rostlině činil 14,7 až 15,7 listu. Tyto hodnoty pak odpovídají horní hranici rozmezí stanoveného Boslandem et al. (2012).

Mezi jednotlivými skupinami nebyly zaznamenány výrazné rozdíly, pouze u skupiny zalévané vodou z řadu byl pozorován nižší počet listů na rostlinu, a to průměrně o 1 list. Možnou příčinou je snížení dočasné tvrdosti vody. Vaněk (2012) uvádí, že pro zálivku rostlin není vhodná voda tvrdá a doporučuje její úpravu chemicky či varem. Toto doporučení potvrzuje rovněž pozorování během pokusu, kdy ve dvou skupinách byla tato dočasná tvrdost odstraněna pomocí varu v rychlovarné konvici a v mikrovlnné troubě. Destilovaná voda neobsahuje sloučeniny vyvolávající dočasnou tvrdost vody. S nižším počtem listů je snížena také listová plocha, což celkově negativně ovlivňuje rostlinu.

Lze tak usoudit, že snížení dočasné tvrdosti vody je možno dosáhnout varem a má využití při podpoře růstu listů. Ahmadi & Souri (2020) poukazují na ovlivnění růstových parametrů včetně výšky rostlin, výnosu i obsahových látek v plodech při použití vody s rozdílnou vodivostí. Zároveň však zmiňují důležitost obsažených druhů látek v substrátu.

S tímto poznatkem také koresponduje porovnání listové plochy, kdy nejmenších hodnot dosahovala právě skupina zalévaná neupravenou vodou z řadu. Srovnatelnou listovou plochu měly skupiny B a D, tedy rostliny zalévané vodou převařenou v rychlovarné konvici a destilovanou vodou. Největší listovou plochu dosáhla skupina zalévaná vodou převařenou v mikrovlnné troubě. Vzhledem k rozdílu mezi skupinami B a C, lze usoudit, že kladný vliv vody převařené v mikrovlnné troubě na listovou plochu rostlin nespočívá pouze v odstranění dočasné tvrdosti, či úpravě obsahu solí, ale budou zde další faktory, které nejsou doposud zcela objasněny. Jednou z možností je jejich rozdílný ORP. Horikoshi & Serpone (2013) uvádí mezi možným využitím mikrovlnného záření také sterilizaci. Je tedy možné, že dalším faktorem pro zkvalitnění zálivkové vody převařené pomocí mikrovln je její sterilizace, která je důkladnější

při srovnání s varem v rychlovarné konvici, vzhledem k tomu, že pomocí mikrovln je ve velmi krátkém čase dosažen var v celém objemu zahřívané tekutiny.

6.5 Vliv na generativní orgány

Jak u květů, tak také u plodů se projevovaly mezi testovanými variantami odlišnosti. Nejvyšších počtů květů dosahovaly skupiny zalévané vodou převařenou, a to oběma způsoby. Naopak obdobné výsledky měly skupiny zalévané vodou z řadu a destilovanou vodou. Jak je již výše uvedeno, odpovídá to skutečnosti, že je pro rostliny vhodné odstranění dočasné tvrdosti vody, což uvádí také Vaněk (2012). U destilované vody se také mohlo negativně projevit její odlišné pH.

Kosina (2012) nedoporučuje pro kultivar 'African devil' vyštipování květů a tím regulaci plodů, jako je tomu u jiných odrůd. Naopak Maguierová (2015) doporučuje vyštipování květů až do doby, kdy je rostlina dostatečně silná a jsou pro nasazení květů vhodné teplotní a světelné podmínky. Díky tomu, pak nedochází k vyčerpávání rostliny neustálým nasazováním květů a jejich velkému opadu a je zajištěna úroda odpovídající maximálním možnostem odrůdy. Vzhledem k sledovaným znakům nebylo vyštipování prováděno a docházelo k velkému opadu květů. To je možno pozorovat také u vypočteného poměru mezi nasazenými květy a sklizenými plody. Pro vytvoření jednoho plodu bylo potřeba u skupiny zalévané vodou z mikrovlnné trouby 1,48 květů. Téměř shodného počtu, 1,86 květů, bylo potřeba u vody převařené v rychlovarné konvici. S nepříliš odlišnou hodnotou, 2,35 květů na jeden plod, je také skupina zalévaná destilovanou vodou. Největší vliv na poměr mezi květy a plody byl u skupiny zalévané neupravenou vodou z řadu. Zde se opět potvrzuje tvrzení Vaňka (2012) ohledně nevhodnosti vody s dočasnou tvrdostí. Bylo zde nutné vytvoření 4,19 květů pro tvorbu jednoho plodu.

Kosina (2012) ani jiné zdroje neuvádějí konkrétní počty plodů dosahovaných na rostlinách kultivaru 'African devil'. Nicméně jsou zmiňovány vysoké počty drobných plodů. Během pokusu byly některé rostliny s velmi malým počtem plodů a některé zcela bez nich. Zde se tedy zjištěná data během pokusu a uváděné zdroji rozcházejí. Vzhledem k tomu, že se jedná o rostlinu pocházející z velmi teplých oblastí s vysokou intenzitou slunečního záření, je jednou z podmínek dosažení optimální produkce dostatečné osvětlení a stabilní teploty nad 19 °C (Storl 2016), což potvrzuje také Mauierová (2015) a rovněž uvádí jako podmínku pro tvorbu plodů dostatek přímého slunečního záření. Tuto nezbytnost potvrzuje i proběhlý pěstební pokus, kdy z důvodu umělého osvětlení bez přímého slunečního záření došlo k velmi malé tvorbě plodů. Některé rostliny dokonce nedokázaly vytvořit žádné plody.

Byl prokázán rozdíl mezi počtem plodů u rostlin papriky, které byly zalévány vodou z řadu a vodou převařenou v mikrovlnné troubě (Kostková 2019). Jelikož byl tento rozdíl ohledně pozitivního navýšení plodů u rostlin zalévaných upravenou vodou pomocí mikrovln pozorován, i zde, dá se usuzovat, že zmíněný jev nezávisel na genotypu u rodu *Capsicum* sp.

Při studiu vlivu elektrického potenciálu na generativní orgány jsou rozdílné výsledky při použití vody s rozdílnou vodivostí a také s rozdílným obsahem solí a zároveň upozorňují na negativní ovlivnění, pokud jsou přítomny v zálivkové vodě chloridy (Ahmadi & Soury 2020). Přítomnost chloridů v použité vodě by objasňovala výrazné snížení generativních orgánů u varianty A, zalévané sice odstátou, ale jinak neupravenou vodou z řadu. Nízké

hodnoty u varianty zalévané destilovanou vodou by pak mohly být naopak způsobeny nedostatkem iontů a nízkou vodivostí.

V průměrných počtech plodů na rostlinu byly výrazné rozdíly (Obr. 16). Skupiny zalévané převařenou vodou sledovaly trend nasazení květů a rovněž dosáhly nejvyšších počtů plodů. Zde se pravděpodobně také odráží odstranění dočasné tvrdosti vody dle Vaňka (2012).

K doporučením pro navýšení plodnosti rostlin je tak jednoznačně možno připojit převaření vody, ať už klasickým varem či pomocí mikrovlnného záření. V metodice pěstování by dále také mělo být dostatečné osvětlení přímým slunečním záření spolu se stabilní teplotou odpovídající tropickému původu druhu.

6.6 Zhodnocení obsahu pigmentů a energie v listech

Při stanovení obsahu chlorofylů a karotenoidů pomocí spektrofotometrie byly sledovány rozdíly mezi jednotlivými variantami. Mírně vyšších hodnot dosahovaly skupiny A a B oproti skupinám C a D. Celkově se pohyboval obsah chlorofylů 424 až 509 nmol.g⁻¹. U karotenoidů se hodnoty pohybovaly mezi 33 až 39 nmol.g⁻¹. Celkový obsah chlorofylů se zvyšuje s obsahem kvalitní výživy rostliny (Berova et al. 2010). Je tedy pravděpodobné, že výraznější rozdíly by byly, pokud by do porovnání byly zařazeny také hnojené varianty.

Jak bylo zmíněno výše, rostliny papriky jsou citlivé na přítomnost chlóru, což potvrzuje také Ginacarla et al. (2017). Při studiu obsahu chlorofylu v listech byla zjištěna snížená tvorba chlorofylů při zvýšení obsahu NaCl v závlivkové vodě. Je pravděpodobné, že se tento efekt projeví nejen v listech, ale také v plodech. Tomu odpovídá také zjištěný fakt, že nejvyšších hodnot dosahovaly plody skupiny zalévané vodou převařenou klasickým varem, během kterého mohlo dojít ke snížení množství NaCl.

Po provedené kalorimetrii bylo zjištěno, že nejvyšší obsah energie v listech měla skupina zalévaná vodou z řady (A). Pomocí měření rychlosti uvolňování tepla kalorimetrem lze sledovat fyziologické pochody, jako ukládání asimilátů (Criddle et al. 1991). Zde je předpoklad, že vzhledem k nízkému počtu plodů se asimiláty hromadily právě v listech. S ohledem na nízký výtěžek paprik u této varianty, pak nešla energie stanovit pro porovnání s ostatními skupinami.

6.7 Zhodnocení obsažených látek v plodech

Při zavlažování vodou s vyšší koncentrací solí byl zjištěn také vyšší obsah fotosyntetických pigmentů i fenolů u rostlin *C. annuum* (Hussein et al. 2012). Při rozboru plodů papriky byly zjištěny nejvyšší obsahy chlorofylů i fenolů právě u skupiny zalévané neupravenou vodou, která by měla obsahovat také nejvyšší obsah živin ze všech čtyř sledovaných variant. Materska a Perucka (2005) uvádějí jako hlavní faktor pro ukládání fenolických látek v plodech papriky (*C. annuum*) jejich vyzrálost. Vyzrálé plody červené barvy obsahovaly větší množství těchto látek. Rovněž upozorňují na vyšší antioxidační aktivitu vybarvenějších plodů.

Kosina (2012) uvádí u kultivaru 'African devil' pálivost do 30 000 SHU, což odpovídá obsahu kapsaicinu 1 875 μg.g⁻¹. Během měření obsahu kapsaicinu pomocí HPLC byly zjištěny hodnoty výrazně nižší v rozmezí 236,17 až 468,54 μg.g⁻¹. Tyto hodnoty odpovídají 4 400

až 7 100 SHU. Je pravděpodobné, že se také zde odráží nedostatek slunečního záření, který je uváděn jako jeden z hlavních faktorů při pěstování chilli paprik (Maguerová 2015). Jak zmiňuje Storl (2016), pro tvorbu plodů chilli paprik, je nutno respektovat jejich stanovištní nároky, ve který se stále odráží jejich tropický původ. Proto tedy nižší teploty, a především nízká intenzita osvětlení znemožnily využití jejich plného potenciálu při syntéze kapsaicinoidů.

Rozdíly mezi skupinami nebyly zanedbatelné, především byl signifikantní nárůst dihydrokapsaicinu u skupiny C, zalévané vodou převařenou pomocí mikrovln oproti ostatním skupinám. V případě kapsaicinu pak byl tento nárůst podobný, ale už nebyl pozorován statistický významný rozdíl při srovnání s vodou z řadu (skupina A). Je tak možno vyslovit doporučení pro zalévání takto upravenou vodou při podpoře tvorby kapsaicinoidů v plodech a případné doplňující studium mechanismu, díky kterému k tomuto navýšení dochází. Nelze předpokládat, že jediným mechanismem účinku bylo snížení přechodné tvrdosti vody, ani její dezinfekce, jelikož se efekt převařené vody projevil pouze u skupiny zalévané vodou převařenou pomocí mikrovln, nikoli u skupiny zalévané vodou převařenou pomocí klasického varu.

Výsledky bakalářské práce (Kostková 2019) ukázaly nejvyšší obsah kapsaicinoidů v plodech papriky seté u varianty, kde byla použita voda z řadu. Naopak nejnižší pálivost byla u skupiny zalévané převařenou vodou v mikrovlnné troubě. Studium papriky křovitě v této práci ukázalo výsledky opačné, kdy varianta zalévaná vodou převařenou mikrovlnami měla obsah kapsaicinoidů, a tedy i pálivost nejvyšší.

6.8 Hodnocení samostatného klíčení

Pro samotné klíčení na Petriho miskách byla zjištěna hodnota klíčivosti v rozmezí 31 % až 58,9 %. Jak bylo zmíněno výše, Kosina (2012) uvádí klíčivost použitého kultivaru 95 %. V tomto bodě lze částečně nesouhlasit. Při klíčení semen v půdě, jak bylo uvedeno na začátku diskuze, byla klíčivost nad stanovenou hodnotou, naopak na Petriho miskách jsou hodnoty extrémně nízké. Tento rozpor byl pravděpodobně způsoben okolními podmínkami, kdy semena potřebují pro kvalitní klíčení substrát. Hilhorst (1998) upozorňuje na vliv okolních podmínek k porušení dormantního stavu semen. Pokud je některý z faktorů nevyhovující, může zabránit semení vyklíčit. Stejně tak může být klíčení inhibováno obsahem kapsaicinu v semení. Inhibici klíčení vlivem přítomnosti kapsaicinu potvrzuje také Barchenger & Bosland (2016). Toto stanovení však nebylo předmětem práce.

7 Závěr

- Nebylo prokázáno negativní ovlivnění rostlin ani jejich generativních orgánů při použití zálivkové vody převařené v mikrovlnné troubě.
- Nastavené cíle byly splněny, byl zjištěn signifikantní vliv zálivkové vody na některé sledované znaky.
- Při testování zálivkové vody byly nalezeny rozdíly v chemicko-fyzikálních vlastnostech. Destilovaná voda měla nižší pH a vodivost, jak bylo očekáváno z důvodu absence minerálních látek.
- Byl zjištěn významný rozdíl v oxidačně-redukčním potenciálu u vody převařené v mikrovlnné troubě. Tento rozdíl stojí pravděpodobně za odlišnými výsledky u skupiny zalévané takto upravenou vodou.
- Nebyl prokázán vliv zálivky na počet vyklíčených rostlin při výsevu do substrátu ani na výšku jednotlivých rostlin.
- Destilovaná voda i voda převařená, má mírně pozitivní vliv na počet listů, který však není statisticky průkazný.
- I přesto, že zde nebyl statisticky průkazný rozdíl, vzhledem k vizuálnímu posouzení měly rostliny zalévané vodou z řadu menší listovou plochu.
- Pro navýšení počtu květů a plodů je vhodná voda, která byla převařena bez ohledu na způsob varu. Odstraněním dočasné tvrdosti vody dochází také k pozitivnímu ovlivnění poměru mezi tvorbou květů a plodů.
- Statisticky byl prokázán vliv na obsah pigmentů v listech v závislosti na zálivkové vodě, a to u chlorofylu a i b a také u karotenoidů.
- Při kalorimetrii byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi skupinami v jejich listech, kdy bylo nejvíce energie zjištěno u varianty zalévané vodou z řadu.
- Pro tvorbu kapsaicinoidů byla nejvýhodnější zálivka pomocí vody převařené v mikrovlnné troubě a je možné doporučit další studium mechanismu tohoto účinku.
- Pro celkový obsah fenolů i flavonoidů v plodech je prokazatelný rozdíl v závislosti na druhu zvolené vody, kde se opět projevil stimulační vliv vody převařené v mikrovlnné troubě.
- Klíčení semen v půdě nebylo ovlivněno použitou vodou.
- Závěrečné doporučení práce je směřováno především do oblasti malopěstitelské a laboratorní, kdy lze doporučit zálivku vodou převařenou v mikrovlnné troubě, jelikož tato varinata vykazovala v menší či větší míře navýšení či zkvalitnění sledovaných znaků.

8 Literatura

1. Ahmadi M, Souri MK. 2020. Growth Characteristics and Fruit Quality of Chili Pepper under Higher Electrical Conductivity of Nutrient Solution Induced by Various Salts. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science* **42**: 143-152.
2. Andrews J. 1999. *Pepper Trail: History and Recipes from around the world*. University of North Texas press, Denton.
3. Baral JB, Bosland PW. 2004. Unraveling the Species Dilemma in *Capsicum frutescens* and *C. chinense* (Solanaceae): A Multiple Evidence Approach Using Morphology, Molecular Analysis, and Sexual Compatibility. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **129**: 826-832.
4. Barchenger DW, Bosland PW. 2016. Exogenous applications of capsaicin inhibits seed germination of *Capsicum annuum*. *Scientia Horticulturae* **203**: 29-31.
5. Baskin CC, Baskin JM. 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Elsevier Science & Technology, San Diego.
6. Bentsink L., Koornneef M. (2008). Seed dormancy and germination. *The Arabidopsis book* 6 (e0119) DOI: <https://doi.org/10.1199/tab.0119>.
7. Berova M, Karanatsidis G, Sapundzhieva K, Nikolova V. 2010. Effect of organic fertilization on growth and yield of pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Folia horticulturae* **22**: 3-7.
8. Bosland PW, Votava EJ, Votava EM. 2012. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Cabi, Cambridge.
9. Catusse J, Job C, Job D. 2012. Seed development: OMICS technologies toward improvement of seed quality and crop yield: OMICS in seed biology.
10. Cortright DN, Szallasi A. 2004. Biochemical pharmacology of the vanilloid receptor TRPV1. *European Journal of Biochemistry* **271**:1814-1819.
11. Criddle RS, Breidenbach RW, Hansen LD. 1991. Plant calorimetry: how to quantitatively compare apples and oranges. *Thermochimica Acta* **193**: 67-90
12. Curry J, Aluru M, Mendoza M, Nevarez J, Melendrez M, O'Connell MA. 1999. Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* spp. *Plant science* **148**: 47-57.
13. ČSN EN 14918. 2010. Tuhá biopaliva – Stanovení spalného tepla a výhřevnosti. Český normalizační institute, Praha.
14. ČSN ISO 1928. 1999. Tuhá paliva – Stanovení spalného tepla kalorimetrickou metodou v tlakové nádobě a výpočet výhřevnosti. Český normalizační institute, Praha.
15. Dohnal F. 2014. *Studijní texty k dějinám farmacie*. Karolinum Press, Praha.
16. Duroudier J. 2016. *Distillation*. Elsevier, San Diego.
17. Fung DY, Cunningham FE. 1980. Effect of Microwaves on Microorganisms in Foods. *Journal of Food Protection* **43**:641-650.
18. Giancarla V, Madosa E, Ciulca A, Camen D, Malaescu M, Beinsan C. 2017. Impact of salt stress (NaCl) on chlorophyll content of some genotypes of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* **21**: 122-125.
19. Gomtsyan A, Faltynek CR. 2010. *Vanilloid receptor TRPV1 in drug discovery: Targeting pain and other pathological disorders*. John Wiley & Sons, Chichester.

20. Hilhorst H. 1998. The regulation of secondary dormancy: The membrane hypothesis - revisite. *Seed Science Research*, **8**: 77-90
21. Horikoshi S, Serpone N. 2013. *Microwaves in nanoparticle synthesis: Fundamentals and applications*. John Wiley & Sons, Incorporated, Weinheim.
22. Huang PM, Li Y, Summer ME. 2011. *Handbook of soil sciences : Properties and processes*. Taylor & Francis Group, Baton Rouge.
23. Hussein MM, El-Faham SY, Alva AK. 2012. Pepper plants growth, yield, photosynthetic pigments, and total phenols as affected by foliar application of potassium under different salinity irrigation water. *Agricultural Sciences* **3**: 241-248.
24. Jones JB. 2012. *Plant nutrition and soil fertility*. CRC Press, Boca Raton.
25. Jursík M. 2011. *Plevelle: biologie a regulace*. Kurent, České Budějovice.
26. Kar A. 2000. *Pharmacognosy and Pharmacobiotechnology*. New Age International Ltd, New Delhi.
27. Khan A, Shah SNM, Rab A, Sajid M, Ali K, Ahmed A, Faisal S. 2014. Influence of nitrogen and potassium levels on growth and yield of chillies (*Capsicum annum* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences* **3**:260-264.
28. Kincl M, Krpeš V. 2006. *Základy fyziologie rostlin*. Tiskárna Baloušek, Ostrava.
29. Kosina J. 2012. Zimbabwe Bird / African Devil. Semínka – chilli.cz, Hradec Králové. Available from <https://www.seminka-chilli.cz/zimbabwe-bird-african-devil-19.html> (accessed February 2021).
30. Kostková G. 2019. Vliv zálivky na roslinu *Capsicum annum* kultivaru Jalapeno Jalastar a její plody [BSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
31. Kozai T, Niu G, Takagaki M. 2020. *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. Academic Press.
32. Kožíšek F. 2001. Zdravotní význam tvrdosti pitné vody. Státní zdravotní ústav, Praha.
33. Kracíková K. 2015. Stanovení kapsaicinoidů v rodu paprika [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
34. Kubát K, Kalina T, Kováč J, Kubátová D, Prach K, Urban Z. 2003. *Botanika*. Scientia, Praha.
35. Krishna AD. 2003. *Capsicum: the genus Capsicum*. Taylor & Francis, New York.
36. Lapčík O, Opletal L, Moravcová J, Čopíková J, Drašar P. 2011. Přírodní látky a jejich deriváty chuti pálivé. *Chemické listy* **105**: 452-457.
37. Lázničková A, Kubíček V. 2014. *Základy Fyzikální Chemie: Vybrané Kapitoly Pro Posluchače Farmaceutické Fakulty*. Karolinum Press, Prague.
38. Lebot V, Walter A. 2007. *Gardens of Oceania*. Quae, Versailles.
39. Liu S, Li W, Wu Y, Chen C, Lei J. 2013. *De Novo* Transcriptome Assembly in Chili Pepper (*Capsicum frutescens*) to Identify Genes Involved in the Biosynthesis of Capsaicinoids. *PLoS ONE* **8** (e48156) DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048156>.
40. Lorencová K. 2007. *Koření známé i neznámé*. Grada, Praha.
41. Luo XJ, Peng J, Li YJ. 2011. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. *European Journal of Pharmacology* **650**: 1-7.
42. Maguierová K. 2015. *Někdo to rád pálivé*. Slovart, Praha.

43. Marinova D, Ribarova F, Atanassova M. 2005. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the university of chemical technology and metallurgy*, **40**: 255-260.
44. Marschner P, Marschner H. 2011. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Elsevier Science & Technology, San Diego.
45. Martins KC, Souza, SAM, Pereira TNS, Rodrigues R, Messias GP, Cunha MD. 2013. Palynological characterization and genetic divergence between accessions of chilli and sweet peppers. *Horticultura Brasileira*, **31**: 568-573.
46. Materska M, Perucka I. 2005. Antioxidant Activity of the Main Phenolic Compounds Isolated from Hot Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**: 1750-1756.
47. McDonald ST, Bolliet DA, Hayes JE. 2016. *Chemesthesis: Chemical Touch in Food and Eating*. John Wiley & Sons, Chichester.
48. Ministerstvo zdravotnictví. 2000. Zákon č.258/2000 Sb. ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. in *Sbírka zákonů České republiky*, 2000, částka 74. Česká republika.
49. Mongkolporn O. 2018. *Capsicum: Breeding Strategies for Anthracnose Resistance*. Taylor & Francis Group, Boca Raton.
50. Ng LM, Melcher K, Teh BT, Xu HE. 2014. Abscisic acid perception and signaling: structural mechanisms and applications. *Acta Pharmacologica Sinica*. **35**: 567–584.
51. Nicolás G, Bradford KJ, Come D, Pritchard HW. 2003. *Biology of Seeds: Recent Research Advances*. CABI, London.
52. Oboh G, Ogunraku OO, Cyclophosphamide-induced oxidative stress in brain: Protective effect of hot short pepper (*Capsicum frutescens* L. var. *abbreviatum*). *Experimental and Toxicologic Pathology* **62**: 227-233.
53. Opletal L, Skřivanová V. 2010. *Přírodní látky a jejich biologická aktivita*. Karolinum, Praha.
54. Parthasarathy VA, Chempakam B, Zachariah TJ. 2008. *Chemistry of Spices*. CABI, Calicut.
55. Pekárek L. 2006. *Mikrovlonné trouby*. Státní zdravotní ústav, Praha. Available from <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikrovlonne-trouby> (accessed February 2021).
56. Pekárková E. 2001. Když zelenina neroste 500 rad pro zahrádkáře. Víkend, Vimperk.
57. Pepperheads for life. Zimbabwe Bird Chili. Avai <https://pepperheadsforlife.com/the-scoville-scale/zimbabwe-bird-chili/> able from (accessed February 2021).
58. Provost J, Kelly B, Bodwin J, Wallert M. 2016. *The Science of Cooking: Understanding the Biology and Chemistry Behind Food and Cooking*. John Wiley & Sons, Incorporated, Weinheim.
59. Procházka S, Macháčková I, Krwkule J, Šebánek J. 1998. *Fyziologie rostlin*. Academia, Praha.
60. Prugar J. 2008. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha.
61. Ramchiary N, Kole C. 2019. *The Capsicum Genome*. Springer International Publishing AG.

62. Rejšek K, Vácha R. 2018. Nauka o půdě. Agripint, Olomouc.
63. Reyes-Escogido M, Gonzalez-Mondragon EG, Vayquey -Tzompanzti E. 2011. Chemical and Pharmacological Aspects of Capsaicin. *Molecules* **16**: 1253-1270.
64. Reynoldsová A. 2006. Microwaved Water – See What It Does To Plants. Available from <https://rense.com//general70/microwaved.htm> (accessed February 2021).
65. Severočeské vodovody a kanalizace. 2021. Chemikálie. Severočeské vodovody a kanalizace, Teplice. Available from <https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/chemikalie/> (accessed March 2021).
66. Siddig M, Uebersax MA. 2018. Handbook of Vegetables and Vegetable Processing. John Wiley & Sons, Incorporated, Weinheim.
67. Storl WD. 2016. A curious history of vegetables. North Atlantic books, Berkeley.
68. True RH. 1914. The Harmful Action of Distilled Water. *American Journal of Botany* **1**: 255-273.
69. Vaněk V. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia, Praha.
70. Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha.
71. Velíšek J. 2014. The chemistry of food. John Wiley & Sons, Chichester.
72. Yadav SS, Redden RJ, Hatfield JL, Lotze-Campen H, Hall AJ, Redden RJ. 2011. Crop Adaptation to Climate Change. John Wiley & Sons, Incorporated, Hoboken.
73. Ying C, Wan D. 2012. Quantitative determination of total and individual flavonoids in stems and leaves of *Buddleja davidii* and *Buddleja albiflora*. *Pharmacognosy magazine* **32**: 273.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

ABA – Kyselina abscisová

AMK – Aminokyseliny

CAP – Kapsaicin

DCAP – Dihydrokapsaicin

DMF – Dimethylformamid

HPLC – High-performance liquid chromatography

MK – Mastná kyselina

ORP – Oxidačně-redukční potenciál

PP2C – Protein Phosphatase 2c

PVDF – Polyvinyliden Fluoride

TFC – Flavonoidy

TPC – Celkové fenolické látky

10 Samostatné přílohy

Příloha 1 – Fyzikálně – chemické vlastnosti substrátů

Substrát	pH	vodivost mS/cm	Spalitelné látky
Výsevní substrát	5,5 - 7,5	max. 0,35	45%
Univerzální substrát	5,0 - 7,0	max. 1,2	min. 70%

Příloha 2 – Porovnání vyklíčených rostlin t-test

Proměnná	Test průměrů vůči referenční konstantě (hodnotě) (Podklady pro statistiku)							
	Průměr	Sm.odch.	N	Sm. chyba	Referenční konstanta	t	SV	p
Počet rostlin	14,50000	0,577350	4	0,288675	15,00000	-1,73205	3	0,181690