

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2016**

**Petr Černý**



**Hodnocení velikosti kořenového systému a výnosu**  
**u vybraných odrůd řepky ozimé**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
doc. Dr. Ing. Pavlína Smutná

*Vypracoval:*  
Petr Černý

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Hodnocení velikosti kořenového systému a výnosu u vybraných odrůd řepky ozimé** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 28. 4. 2016

.....  
podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat paní Dr. Ing. Pavlíně Smutné a Ing. Haně Hartmannové za vedení, cenné rady a odbornou pomoc při zpracování bakalářské práce.

## **ABSTRAKT**

U šesti odrůd řepky ozimé pěstovaných na pokusné stanici ÚKZÚZ v Pustých Jakarticích byla měřena velikost kořenového systému na základě jeho elektrické kapacity. K měření byl použit přístroj LCR Meter ELC 131 D. Měření bylo provedeno u rostlin ve třech fázích růstu, a to ve fázi prodlužovacího růstu, butonizace a kvetení. Během těchto měření byly zjištěny rozdíly ve velikosti kořenového systému jednotlivých odrůd. Nejvyšší hodnoty kořenového systému byly naměřeny u odrůdy Bonanza a nejnižší hodnoty u odrůdy DK Explicit. Dále byla provedena sklizeň, zvážení vzorků a stanovení hmotnosti tisíce semen. Ve finále byl vyhodnocen vztah mezi velikost kořenového systému s výnosem a hmotností tisíce semen.

Klíčová slova: řepka ozimá, velikost kořenového systému, výnos, elektrická kapacita.

## **ABSTRACT**

Six varieties of winter oilseed rape were measured according to the size of the root system and its electrical capacity. The size of the root system was measured by using LCR Meter ELC 131 D. The measurements were performed at the research station of ÚKZÚZ in Pusté Jakartice in the growth stages of stem elongation, bud formation and flowering. The results proved differences in the size of the root system. The highest values of the root system were found in variety Bonanza and lowest values in variety DK Explicit. The other part was harvest, weigh samples and determinate thousand seed weigh. In the final there was evaluated relationship between the root system size, yield and thousand seed weigh.

Keywords: winter oilseed rape, root system size, yield, electrical capacity.

## Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	11
3.1	Botanická charakteristika.....	11
3.1.1	Růst a vývoj řepky.....	11
3.1.2	Fáze růstu .....	12
3.1.3	Vývoj sklizňových ploch řepky ozimé.....	13
3.1.4	Využití řepky.....	14
3.2	Kořenový systém .....	15
3.2.1	Primární stavba.....	15
3.2.2	Sekundární stavba .....	16
3.2.3	Kořenový systém řepky.....	16
3.2.4	Funkce kořenového systému .....	17
3.3	Agrotechnika.....	18
3.3.1	Založení porostu.....	18
3.3.2	Předplodina.....	18
3.3.3	Technologie zpracování půdy .....	18
3.3.4	Doba setí.....	19
3.3.5	Hnojení.....	20
3.3.6	Ochrana rostlin během vegetace .....	21
3.3.7	Skliceň a posklizňová úprava.....	22
3.4	Stresory rostlin.....	23
3.4.1	Utžení půdy .....	23
3.4.2	Zasolení .....	24
3.4.3	Nedostatek vody.....	24
3.4.4	Těžké kovy .....	25
3.5	Nejčastěji používané metody pro měření kořenového systému.....	26
3.5.1	Měření velikosti kořenového systému na základě jeho elektrické kapacity .....	26
3.5.2	Měření kořenového systému metodou analýzy obrazu .....	26
3.5.3	In-growth core metoda měření kořenového systému .....	27
3.5.4	Měření kořenového systému metodou root window .....	27

3.5.5	Měření kořenového systému pomocí minirhizotronů .....	28
4	EXPERIMENTALNÍ ČÁST .....	29
4.1	Charakteristika lokality .....	29
4.2	Založení a průběh pokusu .....	29
4.3	Metoda měření kořenového systému .....	32
4.4	Popis odrůd .....	33
4.5	Výsledky a diskuse .....	35
4.5.1	Elektrická kapacita kořenového systému .....	35
4.5.2	Porovnání VKS a výnosu .....	36
4.5.3	Porovnání VKS a hmotností tisíce semen .....	37
5	ZÁVĚR .....	39
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	40
7	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ .....	45

# 1 ÚVOD

Řepka ozimá patří celosvětově mezi nejvýznamnější olejninu. Mezi největší světové pěstitele řepky se řadí země střední a západní Evropy, Skandinávie a Kanada. V České republice je hned druhou nejpěstovanější plodinou po ozimé pšenici. Řepkové semeno má mnoho možností využití, od výroby rafinovaného oleje a jedlých tuků, přes výrobu paliva a glycerinu v oleochemii až po využití semene v krmných směsích ve formě pokrutin nebo extrahovaných šrotů.

Kořeny jsou podzemní rostlinné orgány, které jsou hlavním místem příjmu vody a živin z vnějšího prostředí do rostliny, slouží k upevnění rostliny v půdě a mohou mít také funkci zásobní. Kořeny jsou označovány jako nejcitlivější orgány rostliny, negativně jsou ovlivněny působením stresových faktorů jako je sucho, utužení půdy, přítomnost těžkých kovů a zasolení půdy. Díky svým vlastnostem reagují podstatně citlivěji na podmínky vnějšího prostředí než nadzemní část, a proto hrají významnou roli v přenosu signálů mezi půdou a nadzemní částí rostliny. Proto je také velice důležité šlechtit odrůdy odolné vůči těmto stresorům. Jako jedno z možných kritérií pro výběr odrůd je šlechtění na velikost kořenového systému. Z dřívějších pokusů provedených na Mendelově univerzitě v Brně je znám pozitivní vliv velikosti kořenového systému na výnos a kvalitu ječmene, pšenice a dalších obilnin.



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem mé bakalářské práce bylo napsání literárního přehledu na téma hodnocení velikosti kořenového systému a výnosu u řepky ozimé. Experimentální část byla zaměřena na měření velikosti kořenového systému u šesti vybraných odrůd řepky ozimé na pokusné stanici ÚKZÚZ v Pustých Jakarticích ve třech termínech, provedení sklizně, zvážení vzorků a stanovení hmotnosti tisíce semen. Následně bylo provedeno statistické zpracování výsledků ve vztahu velikosti kořenového systému na výnos a hmotnost tisíc semen.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Botanická charakteristika

Řepka olejka (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) vznikla spontánním křížením řepice olejné (*Brassica campestris* L. ssp. *oleifera*) a divoké brukve (*Brassica oleacea*). Řepka je označována jako „amphidiploidní hybrid“. V její sadě chromozomů ( $2n=38$ ) je vedle chromozomové sady řepice ( $2n=20$ ) obsažena i chromozomová sada brukve ( $2n=18$ ). Pro šlechtitelskou praxi je tento poznatek velice důležitý, neboť díky křížení těchto druhů lze produkovat nové odrůdy řepky - šlechtitelé hovoří o syntetických odrůdách (Alpmann et al., 2009).

#### 3.1.1 Růst a vývoj řepky

Nadzemní část ozimé řepky je v podzimní fázi tvořena listovou růžicí, v jarní fázi pak dochází k prodlužování a rychlému růstu (Vašák, 2000). Na podzim začíná růst klíčením semen, dělením meristematických pletiv a vznikem zárodečného kořene. Jeho tvorba je ovlivněna energetickou výkonností zásobních látek, fyzikálním stavem půdy, poměrem vody a vzduchu v půdě a teplotou (Baranyk, 2010). Během vzcházení se objevuje hypokotyl s tmavě zelenými ochlupenými lístky. Následuje růst listů, které jsou střídavé, lyrovitě peřenodílné, dolní řapíkaté, střední a horní přisedlé. Dochází k tvorbě listové růžice, která je spojena s procesem jarovizace. Dochází k ukládání zásobních látek, které se hromadí převážně do kořenového krčku a kořenů (Vašák, 2000). Po přezimování na jaře nastává u rostlin období dlouhivého růstu a následné butonizace, kdy dochází k tvorbě poupat vrcholového květenství. Tvorba poupat je provázena velice intenzivním růstem lodyh a větví, který končí ve fázi plného květu. Během kvetení ztratí řepka velké lodyžní listy a dosáhne asi 80% své konečné hmotnosti (Vašák, 2000). Kvetení začíná naspodu květenství, jeho začátek se ukazuje 2 dny před vlastním otevřením kvítků. Řepka je fakultativně cizosprašná rostlina a stavba květu umožňuje jak cizosprašení, tak samosprašení což se využívá v hybridním šlechtění (Baranyk, 2010). Po odkvětu nastává dozrávání semen v šešulích a rostlina se pomalu dostává do fáze plné zralosti.

### 3.1.2 Fáze růstu

Určení správné růstové fáze je důležité především pro stanovení přesných termínů pro aplikaci hnojiv a přípravků k ochraně rostlin. Pro charakteristiku jednotlivých růstových fází existuje několik fenologických stupnic, v současné době však jednoznačně převládá ta, která vznikla v roce 1989 jako společný systém firem BASF, Bayer, Ciba-Geigy a Hoechst označovaná jako BBCH (Baranyk, 2010). Tato stupnice je tvořena dvoumístnými číselnými kódy, které označují vývojové a růstové fáze daných plodin.

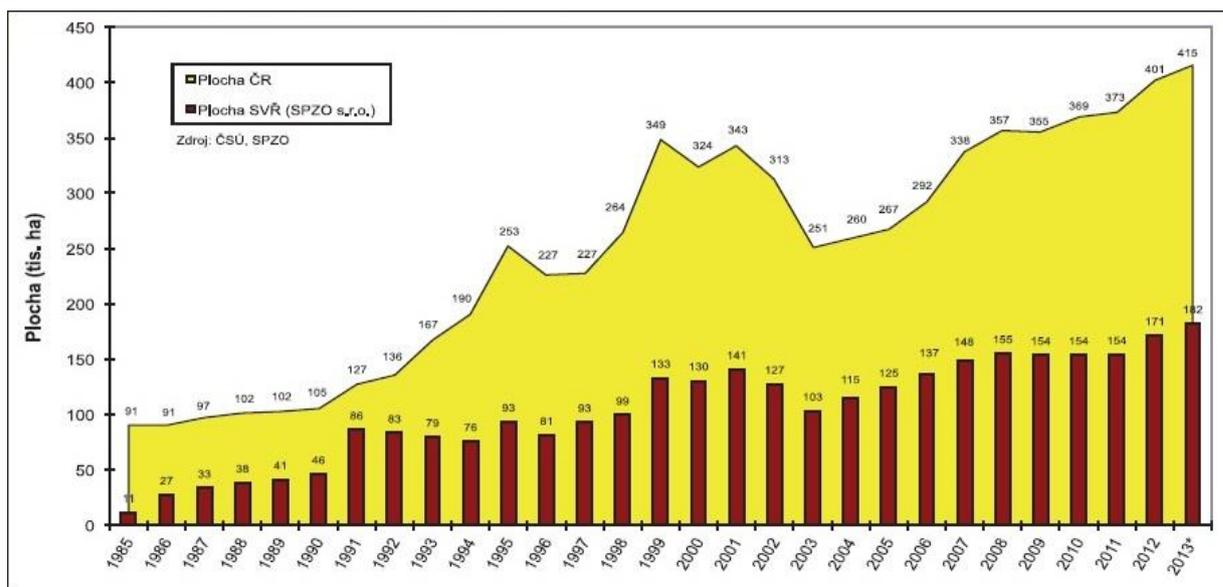
Tab. 1: Fenologické fáze podle původního a desetinného třídění (Baranyk, Fábry, 2007)

	Původní	Desetinné	BBCH
<b>Klíčení</b>	0	0	0
Suché osivo		0	0
Nabobtnalé osivo (16 - 20% vody)		3	1
Objevení kořínků		5	5
Klíček dosahuje 1/2 délky semene		9	
Klíček dosahuje dvojnásobné délky semen			
<b>Vzcházení</b>	1		
Objevuje se zahnutá osní část (hypokotyl) se složenými děložními lístky		10	7
Děložní lístky se objeví nad povrchem půdy		11	8
Děložní lístky se rozvíjejí		12	9
Objevuje se základ epikotylu (nadděložní část) a vzrostný vrchol		13	10
<b>Růst vegetativních orgánů - tvorba listové růžice</b>			
Rozvinutí prvních 2 pravých listů	2,01	20	12
Rozvinutí 4 pravých listů	2,02	22	14
Rozvinutí 6 pravých listů	2,03	23	16
Rozvinutí 8 a více pravých listů	2,04	24	18
Přízemní růžice listová - opak - tvorba jedinců s prodlouženou osní částí	3	26	
Jarní regenerace přízemních listů	4,01	29	
<b>Období dlouhivého růstu</b>			
Začátek dlouhivého růstu	4,02	30	30
Intenzivní dlouhivý růst lodyhy		31	
Vzdálenost mezi inzercí děložních listů a vzrostným vrcholem 5 - 10 cm		32	31
Vzdálenost mezi inzercí děložních listů a vzrostným vrcholem 10 - 20 cm		33	33
Vzdálenost mezi inzercí děložních listů a vzrostným vrcholem 20 - 30 cm		34	
Vzdálenost mezi inzercí děložních listů a vzrostným vrcholem nad 30 cm		35	
<b>Butonizace</b>			
Poupata vrcholového květenství částečně zakrytá lodyžními lístky		43	50
Objevují se poupata vrcholového květenství	5	50	52
Objevují se základy větví 1., 2. a dalších řádů		53	
Objevují se poupata na větvích 1., 2. a dalších řádů		54	
Prodloužování vrcholového květenství	6	55	
První dorostlá poupata vrcholového květenství		56	55
<b>Kvetení</b>			
Prosvítání korunních plátek		60	59
První květy se otvírají	7	62	60
Začátek kvetení u 10% květů vrcholového květenství		63	61
Plný květ - kvete 75% květů vrcholového květenství a tvoří se šešule naspodu květenství	8,01	64	67

Odkvět - kvete méně než 10% květů, převažují šešule nad počtem květů, šešule na spodní části květenství mají semena	8,02	65	69
Kvetení ukončeno - ojedinelé květy, u převážné většiny šešulí jsou semena dorostlá do normální velikosti		69	71
<b>Zrání</b>			
Zelená zralost	9,01	70	79
První technická (vazačová) zralost	9,02	80	81
Druhá technická (kombajnová) zralost	9,03	85	99
<b>Plná zralost</b>	9,04	90	
Přezrálost		94	

### 3.1.3 Vývoj sklizňových ploch řepky ozimé

Řepka je celosvětově druhou nejvýznamnější olejninou s přibližnou produkcí 55 milionů tun semen. Areál pěstování řepky ozimé zahrnuje především oblasti střední a západní Evropy, jižní část Skandinávie a Kanady, severní Kavkaz, západní Ukrajinu, část Běloruska, západ a sever USA (Baranyk, 2010). U nás má řepka olejka zcela mimořádné postavení a to především ve své ozimé formě. Jak vyplývá z následujícího grafu, pěstování řepky dosáhlo v České republice během uplynulých let nebývalého rozmachu. Tento rozmach souvisí s úplným přechodem na kvalitativně nové odrůdy, fenomenálním růstem výnosových schopností nových odrůd, dlouholetým vytvářením komplexního systému výroby řepky a také se stabilizací situace domácích zpracovatelů na českém trhu (Baranyk, 2010). Dále je tento rozmach způsoben zpracováním řepky na biopalivo, respektive na bionaftu. Řepka je zemědělci preferována především pro její dobrý odbyt a ziskovost.



Obr. 1: Vývoj sklizňových ploch řepky olejky v České republice 1985 – 2013 (SPZO, 2014)

### 3.1.4 Využití řepky

Potenciálně je reálné zhodnocení celé rostliny v různých oblastech lidské činnosti (Alpmann et al. 2009). Řepkový olej je vysoce kvalitní a je určen zejména pro tepelnou úpravu pokrmů, neboť velmi dobře snáší vyšší teploty a díky větší oxidační stabilitě má dobrou trvanlivost (Hůla, Procházková, 2008). Řepkový olej je dieteticky příznivý díky nízkému obsahu nasycených mastných kyselin, vysokému obsahu nenasycené kyseliny olejové a přijatelnému poměru mezi kyselinou linolenovou a linolovou. V krmivářství jsou řepkové extrahované šroty a výlisky, případně drcená semena, významnou bílkovinnou součástí krmných směsí pro hospodářská zvířata (Baranyk, 2010). Pro oleochemii je olej rozkládán na mastné kyseliny, glycerol a estery mastných kyselin. Tyto produkty jsou dále využívány v chemickém průmyslu (Hůla, Procházková, 2008). Poslední stěžejní oblastí je energetické využití řepky jakožto zdroje obnovitelné energie (Baranyk, Fábry, 2007).

Řepka je také vynikající předplodinou pro obiloviny a je žádaným přerušovačem obilných sledů. Brání erozi půdy, splavování dusíkatých látek do spodních vod, snižuje znečištění půdy a vodních zdrojů. Má velmi významné antifytopatogenní účinky. Je to dáno hlavně rozkladnými látkami z 2-fenyletyl glukosinolátu, který je obsažen v kořeni. Tento přirozený biofumigant je účinný na patogeny *Rhizoctonia solani*, *Fusarium graminearum* a *Gaeumannomyces graminis*. (Vašák, 2000). Řepka obohacuje půdu o velké množství organické hmoty, přispívá k zachování úrodnosti půdy, zlepšuje bilanci humusu a přispívá k zlepšení vodní kapacity půdy (Baranyk et al., 2005).

## 3.2 Kořenový systém

### 3.2.1 Primární stavba

Pro primární stavbu kořenového systému rostlin jsou charakteristické tři základní druhy pletiv a to pokožka, primární kůra a střední válec, které se začínají diferencovat již v kořenovém meristému, kde z meristemických buněk vzniká kořenový základ (Kolek, Kozinka, 1988).

Pokožka (epiderma, rizoderma) během primárního růstu pokrývá povrch kořenů a od pokožky nadzemních částí rostliny se odlišuje tím, že nemá na povrchu vrstvu kutikuly a nezakládají se v ní průduchy (Kolek, Kozinka, 1988). Pokožku tvoří jediná vrstva prismatických, těsně k sobě přiléhajících buněk, protáhlých ve směru podélné osy orgánu. Z buněk pokožky vznikají kořenové vlásky, jenž výrazně zvyšují povrch kořene (Luxová, 1974). Během studia propustnosti kořenů bylo zjištěno, že vnější tangenciální stěny epidermálních buněk jsou propustné, zatímco radiální a vnitřní stěny propustné nejsou. To znamená, že půdní roztok může proniknout do plazmatické membrány epidermálních buněk mladých kořenů a má funkci absorpčního pletiva (Eshel, Beeckman, 2013).

Primární kůra neboli cortex se nachází pod pokožkou, zabírá značnou část objemu kořene a je tvořena parenchymatickými buňkami. Primární kůru dále dělíme na endodermis, mezodermis a exodermis. Endodermis je jednovrstevná a nachází se v ní Casparyho proužky, které vznikají ukládáním suberinu a ligninu a působí jako bariéra. Mezodermis je mnohovrstevná a často se dělí na vnitřní sklerenchymatickou a vnější parenchymatickou vrstvu. Exodermis je jednovrstevná a po odumření pokožky zabezpečuje krycí funkci a odděluje kůru od středního válce (Vinter, 2004).

Střední válec (stélé) si lze představit jako sloupec uprostřed kořene, ohraničený po obvodu pericyklem, vyplněný vodivými pletivy, mezi kterými jsou buňky základního parenchymatického pletiva. Struktura středního válce odpovídá jeho základní funkci transportu (Kolek, Kozinka, 1988). Vodivý systém v kořenu tvoří radiálně uspořádané střídající se části dřeva a lýka. Podle počtu lýkových a dřevních skupin je možno rozeznávat kořen monarchní, diarchní, triarchní, tetrarchní, pentarchní a polyarchní (Luxová, 1974).

### 3.2.2 Sekundární stavba

Sekundární růst při kterém kořeny tloustnou, zajišťují boční meristémy, kambium a felogén. Sekundárně tloustnou pouze kořeny nahosemenných a většiny dvouděložných, jednoděložné tloustnou pouze vzácně a jejich sekundární růst je možné považovat za vzácný (Kolek, Kozinka, 1988).

Kambium se v kořenech zakládá mezi floémem a xylémem z buněk středního válce (pericyklu). Při jeho vzniku floém zůstává vně kambia a xylém je orientován do jeho středu. Kambium zprvu netvoří kruh, to se postupem času vyrovná nerovnoměrnou produkcí buněk, jelikož kambium produkuje více buněk směrem do středu než vně. Činnost kambia bývá periodická a v našich podmínkách dělení neprobíhá v zimním období (Macháček, Červenková, 2012).

Felogén začíná fungovat v souvislosti s druhotným tloušťnutím kořenů (Luxová, 1974). Felogén se nachází ve vnějších vrstvách pericyklu, směrem ven produkuje korkovou vrstvu a někdy směrem dovnitř parenchymatický feloderm (základní parenchym). Felogén dává vznik peridermu, jenž přebírá ochrannou funkci po rozpraskání pokožky (Macháček, Červenková, 2012).

### 3.2.3 Kořenový systém řepky

Rozlišujeme dva základní typy kořenového systému. Homorhizní kořenový systém je tvořen adventivními kořeny, je vývojově starší, vyskytuje se u jednoděložných a kaprad'orostů. Allorhizní kořenový systém tvoří kořen hlavní, ze kterého vyrůstají kořeny postranní směrem od báze ke kořenovému apexu. Tato forma je běžná u dvouděložných a nahosemenných rostlin (Novák, Skalický, 2008).

Rostliny řepky jakožto dvouděložné mají allorhizní typ kořenového systému. Z hlavního (tzv. kúlového) kořene vyrůstají postranní kořeny a z nich dále kořenové vlásky, jejichž vznik je situován v zóně, kde dospívá xylém vychlípáním vnější buněčné stěny rhizodermálních buněk. Růst kořene je díky funkci dělivého pletiva situován převážně do kořenové špičky, která je chráněná čepičkou.

Rychlost růstu kořene je relativně konstantní a v dobrých podmínkách může dosahovat přírůstku až 2 cm denně. Je známo, že dříve vyseté rostliny mají větší kořenový systém než rostliny vyseté později, a to díky delšímu času, který mají k dispozici k růstu. Kořeny nerostou v důsledku aktivního vyhledávání vody nebo živin (Edwards, 2011). Růst kořene je

většinou pozitivně gravitropický, to znamená, že jeho růst se orientuje podle směru působení gravitace.

Více než 90 % kořenové hmoty se nachází v orniční vrstvě od 0 do 22,5 cm. Odumřelé kořenové zbytky a hlavně kulový kořen vytvářejí drenážní síť pro kořenový systém následné obilniny. Množství kořenových zbytků zanechaných v půdě se udává v rozmezí 1520 – 4780 kg sušiny na 1 ha (Baranyk et al., 2005).

Mezi hlavní faktory ovlivňující prorůstání kořenů půdní vrstvou patří: sucho, obsah vody v půdě, zhutnění půdy, konkurence ostatních rostlin v příjmu živin, teplota a zasolenost půdy. Kořeny řepky obecně nerostou na půdách nadměrně zamokřených, suchých nebo zhutnělých (Edwards, 2011).

### **3.2.4 Funkce kořenového systému**

K hlavním funkcím kořenového systému patří příjem anorganických látek z vnějšího prostředí. Z anorganických látek je pro rostlinu důležitá především voda, minerální živiny, plyny CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>. Na příjmu těchto látek rostlinou se podílejí všechny mladé části kořenového systému, převážně však kořenové vlásky, které dokáží zvýšit aktivní povrch kořene až několikrát. Kořen je v určitých etapách života rostliny nejaktivnějším orgánem. V kořenech je soustředěn mohutný enzymatický systém, zde dochází k produkci aminokyselin, z nichž se tvoří bílkoviny (Luxová, 1974). Další funkcí kořenového systému je upoutání rostliny v půdě. Při ukotvení rostliny v půdě hraje roli síla kořenového systému, utužení půdy a vzájemný vztah kořenů s půdou. K dobrému upevnění v půdě musí být rostlina schopna odolat gravitačnímu tlaku své vlastní váhy, bočním nárazům větru a vertikálním silám pasoucích se zvířat. Kořen proroste půdou a utuží ji tak, že půda působí svou vahou jako masivní kotva (Kroon, Visser, 2003). Dále je dobré ukotvení rostliny důležité pro natáčení rostliny za zdrojem světla. K neméně významným funkcím kořene také patří zásobní funkce, kdy rostlina ukládá do kořenů živiny, aby měla dostatek energie potřebné k přezimování. Kořeny také díky interakci s půdním prostředím a rychlému přenosu informací do ostatních částí rostliny slouží jako senzory a tím se podílí na řízení celého rostlinného organismu. Ostatní funkce kořenového systému, jako je syntéza regulátorů růstu, množení a šíření lze považovat za druhotné (Fitter, 2002).



### **3.3 Agrotechnika**

#### **3.3.1 Založení porostu**

Řepka je jednou z nejnáročnějších plodin na založení porostu. Správné založení porostu je klíčovou záležitostí celé technologie, neboť deficitní porost snižuje efektivnost navazujících, zpravidla značně nákladných agrotechnických opatření. Oproti mnoha jiným plodinám nerozhoduje o kvalitě založení porostu pouze vlastní předseťové zpracování půdy a setí, ale i předcházející agrotechnické postupy související se sklizní předplodiny, posklizňovými zbytky a zpracováním půdy v meziporostním období (Baranyk, Fábry, 2007).

#### **3.3.2 Předplodina**

Vzhledem k optimálnímu termínu výsevu řepky mezi 15. a 30. srpnem je nezbytné zvláště ve vyšších polohách počítat nejen s termínem sklizně předplodiny, ale vhodné je mít k dispozici alespoň dvou až třítydenní meziporostní období (Baranyk, Fábry, 2007). Uspokojivé výnosy dává řepka setá po vhodných předplodinách jako např. po raných bramborách, jetelovinách, vojtěškách, ozimých směskách a luskovinách sklizených nazeleno (Fábry et al., 1963). Mnoho podniků ponechává cíleně část jetelovin nebo jetelotrav jako „předplodinovou rezervu“ pro případ, že by došlo k opoždění sklizně obilnin, k čemuž ve středních a vyšších polohách dochází s pravidelností 3 – 4 let (Baranyk, Fábry, 2007). Pozitivní účinky jmenovaných kultur jsou ovšem využívány přednostně u obilnin. To má za následek, že se řepka olejka pěstuje nejčastěji po obilninách. Ozimý ječmen je díky včasné sklizni nejvhodnější předplodinou ve srovnání s ostatními obilninami. Období mezi sklizní ozimého ječmene a vysetím řepky olejky stačí zpravidla na dostatečné obdělání strniště (Alpmann et al., 2009). Nevhodnými předplodinami jsou všechny, které neumožní výsev v agrotechnické lhůtě srpna. Ozimá řepka je po sobě nesnášenlivá vzhledem k šíření chorob a škůdců. Je také žádoucí její prostorová izolace. V osevním postupu vyžaduje odstup 4 – 6 let, což snižuje její možnou koncentraci (Křen et al., 2015). Časový odstup při množení linií pro výrobu hybridního osiva by měl být až 20 let (Vašák, 2000).

#### **3.3.3 Technologie zpracování půdy**

Před vlastním zpracováním půdy by se na poli mělo uklidit po předplodině. Jelikož obilní sláma velmi škodí při klíčení a vzcházení měla by být důkladně rozdrčena a rovnoměrně rozptýlena po povrchu pozemku. Následně se na slámu doporučuje aplikovat

20 t.ha<sup>-1</sup> kejdy nebo 30 kg N/ha v granulovaném síranu amonném. Přípravu půdy před setím řepky lze provádět různými způsoby.

Při konvenčním zpracování půdy je možné pozemek upravit podmítačem do hloubky 8 – 12 cm, což vede k rovnoměrnému rozmístění posklizňových zbytků a snížení výskytu hrud při následné orbě. Pokud by mezi sklizní předplodiny a následným výsevem řepky nebylo dost času, je možné podmítku vynechat a provést přímo orbu. Po orbě následuje předset'ová příprava pomocí kombinátorů, podmítačů, případně kompaktorů. Je však možné provést setí bez přípravy pomocí speciálních secích strojů. Konvenční zpracování půdy podporuje růst kořenů do hloubky a je předpokladem pro stabilizaci výnosů řepky v praxi (Vašák, 2000).

Dalším způsobem založení porostu může být půdoochranná technologie. Orba je zde vynechána a zpracování půdy se provádí tak, aby zůstalo co nejvíce posklizňových zbytků na povrchu pozemku (Vašák, 2000). Příprava půdy bez orby zvyšuje konkurenceschopnost obilního výdrolu. Řepka po bezorebné přípravě dobře vzchází, ale v důsledku vyššího utužení půdy nevytváří kůlový kořen a je velmi citlivá na podzimní zamokření. Bezorebné technologie mají opodstatnění v oblastech, kde jsou aridní podmínky v době výsevu a vzcházení řepky. (Bečka et al., 2003).

Třetím způsobem založení porostu řepky je minimalizační technologie. Minimalizační technologie mají své uplatnění v sušších oblastech a na obtížně zpracovatelných těžkých půdách, především z důvodu rovnoměrnějšího vzcházení. Na druhou stranu tyto technologie dávají větší předpoklady pro přenos houbových chorob z posklizňových zbytků, nedostatečně omezují životní cyklus škůdců a vystavují řepku většímu tlaku výdrolu obilnin (Hůla, Procházková, 2008). Při zakládání porostu řepky tímto způsobem je vynechána orba a provádí se zpracování půdy pomocí radličných a talířových podmítačů, případně pomocí bran do hloubky 8 – 12 cm. Využívá se zde graminicidů pro potlačení růstu jednoděložných trav (Vašák, 2000).

### 3.3.4 Doba setí

Časný termín setí může být, ve spojitosti se srážkovými jevy příčinou vyššího napadení *Phomou* což může být patřičným předstihem kontrolováno pomocí fungicidních opatření. Pozdní termíny setí se často vyznačují porosty řepky s povrchovými a malými kořeny, které potom v následujících suchých periodách trpí nedostatkem vody a živin. (Alpmann et al., 2009). Pokusy s různou dobou setí ukázaly, že optimální je takový termín,

kdy od doby výsevu až do poklesu teplot pod 5 °C má řepka na podzim k dispozici součet teplot 1000 °C (Vašák, 2000). K setí se používá pouze dobré, zdravé osivo, které má klíčivost alespoň 95% a čistotu 98 – 99%. Semeno musí být vyztřálé, vyrovnané, nejlépe z poslední sklizně (Turčany, 1955).

Tab. 2: Optimální výsevní množství (počet semen/m<sup>2</sup>) ozimé řepky v závislosti na oblasti, termínu setí a typu odrůdy (SPZO, 2014)

Pěstitelská oblast	datum výsevu	Počet semen na m <sup>2</sup>	
		Hybrid	Linie
velmi teplá	raný (10. - 15.8)	—	—
	střední (15. - 25.8)	35 - 40 s.m <sup>-1</sup>	55 - 60 s.m <sup>-1</sup>
	pozdní (25.8. - 5.9)	40 - 45 s.m <sup>-1</sup>	60 - 65 s.m <sup>-1</sup>
teplá	raný (10. - 15.8)	35 - 40 s.m <sup>-1</sup>	55 - 60 s.m <sup>-1</sup>
	střední (15. - 25.8)	40 - 50 s.m <sup>-1</sup>	60 - 65 s.m <sup>-1</sup>
	pozdní (25.8. - 31.8.)	50 - 60 s.m <sup>-1</sup>	65 - 70 s.m <sup>-1</sup>
chladná	raný (1. - 10.8)	35 - 45 s.m <sup>-1</sup>	55 - 65 s.m <sup>-1</sup>
	střední (11. - 20.8.)	45 - 55 s.m <sup>-1</sup>	65 - 75 s.m <sup>-1</sup>
	pozdní (20. - 25.8.)	55 - 60 s.m <sup>-1</sup>	75 - 85 s.m <sup>-1</sup>

### 3.3.5 Hnojení

Řepka olejka ozimá velmi rychle roste a proto vyžaduje dostatek lehce přístupných živin v půdě. Považuje se za velmi náročnou plodinu na umělá hnojiva, přičemž potřebuje nejvíce dusík, fosfor, draslík a síru (Turčany, 1955). Všechna pěstitelská opatření mají za úkol ovlivnit vývoj rostliny tak, aby byl maximálně využit výnosový potenciál odrůdy a stanoviště, kde ji pěstujeme. Dostatečné zásobování živinami podporuje tvorbu výhonků, listů, květů, šeslů a semen, stejně jako vysoký obsah oleje v semeni (Alpmann et al., 2009). Ve spotřebě živin se řepka řadí mezi velmi náročné plodiny. Pro dobrý 4t výnos semene odebere nadzemní biomasou z jednoho hektaru 208 – 236 kg dusíku (N), 160 – 200 kg draslíku (K), 120 – 150 kg vápníku (Ca), 44 – 72 kg fosforu (P), 16 – 24 kg hořčíku (Mg) a 48 – 64 kg síry (S) (Baranyk, Fábry, 2007). Při hnojení řepky preferujeme dodání hlavních živin již v základním hnojení. Pozdější korekce listovou výživou umožní dodat jen malé množství živin (Baranyk et al., 2005). Vysoké nároky na dusík má řepka převážně z jara, kdy bychom měli řepku přihnojit přibližně třikrát až čtyřikrát převážně kvůli regeneraci kořenů a listového srdéčka (Richter, 2005). Naopak na podzim se dusíkem hnojí méně, jelikož zvýšená dávka dusíku by podporovala bujnější růst nadzemní hmoty. Tímto by došlo k zhoršení schopnosti rostlin přezimovat. Důležitý je také příjem fosforu a draslíku během celého vegetačního období, jelikož fosfor na podzim podporuje tvorbu kořenů a na jaře

příznivě ovlivňuje tvorbu květů a semen. Draslík zvyšuje odolnost rostlin vůči mrazu, pomáhá rostlině hospodařit s vodou a je také důležitý pro tvorbu květů a šesulí a zvyšuje obsah oleje v semeni (Turčany, 1955). Z mikroelementů je důležitá především síra, která je intenzivně přijímána v období jarního růstu. Je nezbytná pro syntézu esenciálních aminokyselin (cystein, cystin, methionin) a pro tvorbu bílkovin. V rostlině je síra komponentem řady enzymů, podporuje tvorbu glykosidů, které mají fyto-sanitární účinek, zvyšuje využití dusíku a stabilizuje obsah oleje v semeni (Richter, 2005).

### **3.3.6 Ochrana rostlin během vegetace**

Důležitým předpokladem pro optimální vývoj řepky je vedle dobré přípravy set'ového lůžka, způsobu setí a volby správného druhu hnojiva také cílená ochrana rostlin (Alpmann et al., 2009). Porost řepky ozimé bývá za vegetace napadán různými škůdci a chorobami, které často dokáží úplně ohrozit její pěstování (Turčany, 1955). Důležitá je především ochrana rostlin vůči plevelným rostlinám, které dokáží výrazně ovlivnit výnos. Z plevelných rostlin nejvýznamněji škodí jednoleté přezimující druhy jako ptačinec žabinec, svízel přitula a heřmánkovité plevele. Na rozdíl od ostatních plodin lze regulaci plevelů úspěšně a ekonomicky uskutečnit pouze na počátku vegetace a jako základní ošetření proto převažují předset'ové, preemergentní a časné postemergentní aplikace herbicidů (Baranyk, Fábry, 2007).

V posledních letech dochází u řepky olejné k masivnímu šíření houbových chorob. Choroby mohou snížit výnos až o 20 — 50 % (Bečka, 2007). K ochraně patří ošetření proti fomové hnilobě, které se v případě zjištění většího napadení krčku může provést již na podzim ve stádiu 4 až 8 pravých listů. Na základě výskytu této hniloby v předjaří můžeme rozhodnout o jarním ošetření porostu, nejpozději ovšem do objevení vrcholového pupenu. Důležité je také ošetření fungicidním přípravkem vůči sklerotinové hnilobě a černi řepkové v období květu.

Řepka patří k plodinám nejčastěji napadaným škůdci, kteří ohrožují její růst a tvorbu výnosu (Alpmann et al., 2009). Škůdci napadají ozimou řepku po celý rok, jednotlivé druhy však škodí pouze v určitých fázích růstu ozimé řepky (Bečka, 2007). V podzimním období dochází k napadání klíčících rostlin, ničení kořenů a redukci listové plochy převážně plži, dřepčikem olejkovým, krytonoscem zelným, osenicí polní, pilatkou řepkovou a květilkou řepnou. Během zimního období se vyskytuje převážně hraboš polní, jehož nejatraktivnější potravou jsou listy řepky. V boji proti hraboši se užívá aplikace rodenticidů, například

přípravek Stutox nebo Lanirat. V časně jarním období se aplikují insekticidy vůči krytonosci řepkovému a krytonosci čtyřzubému. Tito způsobují nadměrné větvení bazálních částí lodyh, praskání a lámání lodyh a slabé nasazení pupat. Dále se zde v jarním období může vyskytovat blýskáček řepkový, který vykousává nepravidelné otvory do pupat a ty pak opadávají. Během tvorby šešulí se na rostlinách mohou vyskytovat škůdci jako krytonosec šešulový, bejlmorka kapustová a mšice zelná. Svou činností dokáží ničit pupata, snižují počet šešulí na květenství, redukuje počet semen v šešuli a snižují HTS (Vašák, 2000).

### **3.3.7 Sklizeň a posklizňová úprava**

Zatímco vhodná agronomická opatření během vegetace dokáží pozitivně ovlivnit výnos řepky, správná organizace sklizně je nutná k realizaci těchto výnosů. Nevhodně zvolený způsob sklizně, doba sklizně, případně špatná posklizňová úprava mohou mít za následek zvýšení ztrát jak na kvantitě, tak na kvalitě. Sklizeň se provádí v období, kdy je porost řepky ve fázi plné zralosti. V této době je lodyha řepky hnědá až hnědošedá, přeschlá a lámavá. Šešule jsou šedé nebo hnědé a snadno pukají. Semena jsou dobře vybarvená a jejich vlhkost se pohybuje okolo 12 %. (Baranyk, Fábry, 2007). Jelikož řepka nejednotně kvete a zraje dochází k posklizňovým ztrátám, které mohou být až 25 %. To se řeší aplikací regulátorů dozrávání a desikantů, jenž snižují předsklizňové ztráty z 5 % na 3 – 4 %, sklizňové ztráty z 10 – 20 % na přijatelných 5 % a sníží se také vlhkost semen (Bečka, 2007).

Ztráty během sklizně lze ovlivnit především vhodným nastavením sklízecí mlátičky. Ke ztrátám může docházet na různých ústrojích kombajnů, a to zejména na bočním děliči. Méně dochází ke ztrátám na ostatních zařízeních mlátičky, jako například v mláticím ústrojí, separátoru či na čistidlech. Ztráty se většinou pohybují mezi 2 až 10 %, přičemž výrazně nižší ztráty (asi 2 %) jsou dosahovány u nových sklízecích mlátiček (Baranyk, Fábry, 2007). Bezprostředně po sklizni je třeba řepku přečistit a snížit vlhkost semen na 8 %. Prakticky jedinou vhodnou metodou je teplovzdušné sušení. Zde je důležitá teplota náhřevu při sušení, která je závislá na vlhkosti sušeného materiálu. Překročením teploty náhřevu vznikají ztráty na kvalitě semen. Při sušení platí obecná zásada, že čím je semeno vlhčí, tím je na náhřev citlivější a je nutno jej sušit šetrněji, tedy nižší teplotou, proto se používá sušení na dvakrát popřípadě na třikrát, pokud vybavení linky takovou manipulaci umožňuje (Bečka, 2007).

### 3.4 Stresory rostlin

Rostliny jsou v průběhu svého života vystaveny velmi proměnlivým podmínkám vnějšího prostředí. Ty mohou nejen zpomalovat jejich životní funkce, ale také poškozovat jednotlivé orgány a v krajním případě vést i k jejich uhynutí (Procházka, 1998). Nepříznivé vlivy ohrožující rostlinu jsou označovány jako stresory. Působení těchto stresorů se často vztahuje pouze na určitou část rostliny, kde dojde k propuknutí stresové reakce a to mívá za následek také negativní ovlivnění ostatních orgánů.

Stresové faktory mohou být fyzikální, chemické nebo mechanické povahy. K nejvýznamnějším stresovým faktorům řadíme utužení půdy, nevhodné pH půdy, zasolení, vodní stres, nízký obsah dostupných živin. Aby rostliny byly schopny odolat vlivům okolního prostředí, vyvinuly se u nich složité buněčné signální dráhy. To umožňuje rostlinám včas reagovat na nepříznivé podmínky a přizpůsobit jim svůj růst a vývoj (Oliveira, 2009). Bylo zjištěno, že různé druhy stresorů indukují podobné morfogenetické reakce, které zahrnují zejména inhibici prodlužovacího růstu a buněčného dělení a komplexní změny v diferenciaci buněk (Ahmad, Prasad, 2012).

#### 3.4.1 Utužení půdy

V ČR je utužením půdy aktuálně ohroženo přibližně 45 % zemědělského půdního fondu (Javůrek, Vach, 2008). Utužená a degradovaná půda představuje jeden z limitujících faktorů pro růst a funkci kořenového systému (Kroon, Visser, 2003). Zhutněním půdy se zvyšuje její objemová hmotnost a tím pádem dochází také k snížení pórovitosti. Se sníženým počtem pórů nastává omezení přístupu kyslíku ke kořenům. Při nedostatku kyslíku dochází ke změnám v koncentraci fytohormonů a k syntéze stresových proteinů. Zvyšuje se syntéza kyseliny abscisové a snižuje se tvorba cytokininů a etylenu (Procházka, 1998). To má za následek sníženou syntézu bílkovin a ribonukleových kyselin, změny morfologické stavby i biochemické aktivity mitochondrií (Kolek, Kozinka, 1988). Nadměrné zhutnění půdy redukuje rychlost růstu kořenů, jejich prodlužování a prorůstání do spodních vrstev půdy i tvorbu kořenového vlášení. Což má za následek nižší příjem vody a živin v porovnání s normálně vyvinutým kořenovým systémem. U plodin, které vytvářejí hlavní kulový kořen, je jeho růst omezen tím, že neproniká zhutnělou vrstvou podzemičí, roste horizontálně a deformuje se. Dále dochází k snížení olejnatosti semen až o 8 % (Javůrek, Vach, 2008).

### 3.4.2 Zasolení

Citlivost rostlin na zasolení je zvlášť velká v prvních fázích ontogeneze rostlin, přičemž nadbytek solí ovlivňuje růstové procesy i metabolismus rostlin (Kolek, Kozinka, 1988). Zasolení se vyskytuje nejen v blízkosti moře, ale i ve vnitrozemských oblastech, kde potenciální výpar převažuje nad srážkami. Jde především o rozsáhlé pouště a polopouště na všech kontinentech. K zasolení může také dojít při dlouhodobých závlahách a také v okolí komunikací posypávaných solí v zimním období (Procházka, 1998). Příčinou vzniku zasolení půd je nadbytek chloridových a sulfátových solí Na a Mg, případně jiných kationtů. Chloridové zasolení způsobené nadbytkem NaCl je charakteristické pro přímořské oblasti. Sulfátové zasolení způsobují zvýšené koncentrace sulfátových solí a je typické převážně pro kontinentální oblasti. Při sulfátovém zasolení probíhá v buňkách intenzivní akumulace sulfátů, zatímco při chloridovém zasolení se k účinku NaCl přidává ještě indukce specifické formy endogenního deficitu síry napříč dostatečné zásoby síry v prostředí (Kolek, Kozinka, 1988). V podmínkách, kdy je půda zasolená, jsou kořeny rostlin vystaveny osmotickému stresu. Tento stres je zapříčiněn nízkým vnějším vodním potenciálem vyvolaným vysokou koncentrací solí v půdě. Velmi brzy pak dochází k zastavení dělivého i dlouhivého růstu a nakonec k odumření celé rostliny (Procházka, 1998).

### 3.4.3 Nedostatek vody

Ze všech abiotických faktorů, které omezují růst a produktivitu rostlinstva na kontinentech naší planety, stojí na prvním místě nedostatek vody (Procházka, 1998). Na kolísání obsahu vody v půdě a tím i v rostlině reaguje velmi citlivě kořen i nadzemní část svými růstovými aktivitami. Při nedostatku vody dochází ke změně ultrastruktury kořenových buněk. Vodní deficit vyvolává shlukování chromatinu v jádrech, úbytek polyribosomů v cytoplazmě, změny v uspořádání elementů endoplazmatického retikula, redukci mitochondriálních krist a změny ve struktuře diktyozómů (Kolek, Kozinka, 1988). Primární odpovědí rostliny na vysychání půdy je snížení obsahu vody v kořenech. Absence fyziologické adaptace na snížení vody v kořenech vede ke snížené schopnosti rostliny udržet adekvátní úroveň turgoru v kořenových buňkách a omezení růstu kořene (Kroon, Visser, 2003). Aby se rostliny vyhnuly suchu, dochází u nich k anatomicko-morfologickým adaptacím. Patří sem adaptace kořenového systému, jeho růst do šířky a hloubky a rozvětvení kořenové soustavy na úkor nadzemní části rostliny. Tyto adaptace na jedné straně snižují

ztráty vody transpirací, na druhé straně díky rozvoji kořenového systému jsou rostliny schopné získat vodu i ze značných hloubek (Kolek, Kozinka, 1988).

#### **3.4.4 Těžké kovy**

Těžké kovy jako železo, mangan, zinek, měď, molybden a kobalt se řadí k esenciálním mikroprvkům. Jiné, jako hliník, kadmium a rtuť, nejsou potřebné. Oba typy však mohou mít toxický účinek již od poměrně nízkých koncentrací (Řepková, 2013). K největšímu hromadění těžkých kovů dochází v kořenech, které jsou činností těchto prvků výrazně ovlivňovány. Těžké kovy ovlivňují kořenový systém převážně po stránce morfologické, čímž dochází k ovlivnění zakládání a růstu primordií, ale také dlouhivého růstu a struktury kořene. Ionty těchto kovů jsou velmi snadno přijímány kořeny, neboť selektivita transportních proteinů je zřejmě nedostatečná pro jejich rozlišení od těch prvků, které jsou pro život rostliny nezbytné (Procházka, 1998).

V zabránění příjmu těžkých kovů rostlinou hraje velmi důležitou roli apoplastická bariéra. Apoplastická bariéra je tvořena strukturami endodermis a exodermis, které slouží rostlinám jako obranný systém. V buňkách obou struktur se nachází Casparyho proužky, ztlustlé terciální buněčné stěny a suberinové lamely kterými může rostlina regulovat příjem těžkých kovů. Dalším velmi účinným mechanismem je tvorba specifických sloučenin schopných inaktivovat těžké kovy vazbou do chelátových komplexů. Komplexně vázané toxické ionty jsou translokovány do vakuoly, kde i po uvolnění z fytochelatínu jsou inaktivovány vysokou koncentrací organických kyselin (Procházka, 1998).



### **3.5 Nejčastěji používané metody pro měření kořenového systému**

Půda je opticky neprůhledná, což znemožňuje pozorování růstu a měření kořenů. Pro měření vlastností kořenů je aplikováno široké spektrum metod. Každá metoda se liší prostředím, kde může být použita (pole x laboratoř), technologickým vybavením, zkoumanými ukazateli (růst x prostorové rozložení), časovou náročností a pracností a cílem výzkumu, pro který byla vybrána jako nejvhodnější (Klimešová, 2011). Tyto metody se dělí na přímé, které jsou destruktivní, a nepřímé metody, kdy můžeme opakovaně měřit stejnou rostlinu, aniž bychom ji poškodili. U všech metod je však nutné provádět měření kořenového systému během delšího časového období a nejlépe v několika opakováních.

#### **3.5.1 Měření velikosti kořenového systému na základě jeho elektrické kapacity**

Jednoduchá, levná a nedestruktivní metoda, která umožňuje změřit velikost kořenů u tisíců jedinců během jednoho dne v místě růstu rostlin. Na rostlinu je připevněna jedna elektroda (kleště nebo jehla) a druhá elektroda je zasunuta v blízkosti rostliny do půdy. V obvodu, kde prochází střídavý proud o frekvenci 1 kHz mezi kořenovým systémem a půdou se měří elektrická paralelní kapacita. Jednu desku představuje povrch kořenového systému a druhou tvoří substrát, v němž kořeny rostou (Chloupek, 1977; Dalton, 1995). K přenosu elektronů dochází pouze mezi živou částí kořenového systému, která vykazuje určitou elektrickou aktivitu. K polarizaci dochází u membrán živých buněk a živých buněk jako takových. Mladé kořeny a kořenové vlášení mají největší elektrickou kapacitu, protože nemají suberizované buněčné stěny. Leží tak v těsném kontaktu s půdou nebo substrátem a jejich povrch má vysoký obsah vody (Hajzler et al., 2010).

Mezi faktory ovlivňující naměřené údaje patří především půdní vlhkost. S rostoucí vlhkostí roste i hodnota elektrické kapacity. Dále hodnoty ovlivňuje fenofáze, protože kapacita kořenů roste jen do určitého věku rostliny a následně klesá. Je to způsobeno suberinizací stěn a tedy poklesem efektivní plochy kořenů schopných poutat elektrický náboj. Využití této metody je dále rozvíjeno a modifikováno (Středa et al., 2013).

#### **3.5.2 Měření kořenového systému metodou analýzy obrazu**

Analýza obrazu je dostupná pomocí mnoha komerčně dodávaných počítačových programů. Tato metoda je destruktivní a časová náročnost úpravy vzorků a jejich analýzy je značná. Přesto se používá nejčastěji pro získání základních dat o hustotě prokořenění, hloubce

prokořenění, hmotnosti, povrchu, délce a průměru kořenů. Při použití této metody je nutné provést nejprve odběr půdního vzorku v blízkosti rostliny buďto ručně nebo pomocí mechanického vzorkovače. Vzorky kořenů se odebírají z rostlin v různých fázích růstu (dle plodiny) během vegetace přímo na poli nebo z nádobových pokusů a z různých hloubek půdního profilu. Následně je možné vzorek rozdělit podle toho, v jaké hloubce chceme kořeny měřit. Vzorek se poté umístí do nádoby s vodou, kde dojde k rozplavení půdy. Následně se kořeny proplachují proudem tekoucí vody nad soustavou sít o různém průměru ok. Vyplavené kořeny by měly být zbaveny cizorodých příměsí. Následuje barvení kořenů pomocí různých barviv, z nichž se nejčastěji používá methylenová modř. Toto barvení umožní zvýšit kontrast kořenů a pozadí. Dalším krokem je omytí kořenů od barviva a jejich umístění do skeneru. Po naskenování kořenů dojde k jejich vykreslení počítačovým programem jako je například Rootfly nebo WinRHIZO. Kořeny jsou vybarveny různými odstíny barev podle jejich tloušťky a jejich parametry jsou následně vyhodnoceny statistickými metodami.

### **3.5.3 In-growth core metoda měření kořenového systému**

In-growth core je jednou z destruktivních metod měření kořenového systému. Tato metoda je vhodná pro odhad dynamiky růstu kořenů rostlin v různých typech půdy. Pro měření kořenového systému touto metodou je nutné nejprve odebrat substrát a odstranit z něj kořeny. Substrátem bez kořenů je naplněn gázový pytlík o určitém objemu, který je následně vložen do vyvrtané díry v zemi. Během určité doby dojde k prorůstání kořenů okolních rostlin skrz gázový pytlík, ten je následně vytažen a kořeny jsou přesety, vyplaveny a kvantifikovány (Mancuso, 2012). Nevýhodou této metody je především poškození kořenového systému zkoumaných rostlin a obtížnost zajistit ve vaku stejné podmínky pro růst kořenů jako v okolním prostředí. Pokud odebíráme půdu ze stejného prostředí, v jakém budeme měřit a následně jí naplníme vak, který vložíme zpět do půdy, může dojít k změně půdních agregátů, vlhkosti půdy, jejího objemu a také obsahu minerálního dusíku zvýšenou mineralizací (Steingrobe et al., 2000).

### **3.5.4 Měření kořenového systému metodou root window**

Jedná se o nedestruktivní metodu, díky které lze hodnotit růst a vývoj kořenového systému v čase a přímo na stanovišti. Pro hodnocení kořenů touto metodou je nejprve nutné zapravit do půdy ocelový plech, který je do půdy umístěn pod určitým úhlem (většinou 45 až 60°). Následně se z jedné strany ocelové desky vyhloubí jáma a ocelová deska je nahrazena

deskou vyrobenou ze skla či plexiskla (Smit et al., 2000). Kořeny prorostlé ke sklu se nejčastěji obkreslují a následně se nechávají vyhodnotit pomocí skenerů. Hlavní výhodou je především možnost pozorování změn v růstu a životnosti kořenů a také půdních vlastností (Smit et al., 2000). Nevýhodou této metody může být pronikání světla skrz skleněnou desku ke kořenům, a proto je nutné zakrývat desku vrstvou materiálu nepropustného pro světlo. Další nevýhodou je občasná kondenzace vody na vnitřní straně skleněné tabule, která může mít za následek zvýšený růst kořenů podél skla (Polomski, Kuhn, 2002).

### **3.5.5 Měření kořenového systému pomocí minirhizotronů**

Jedná se o nedestruktivní metodu, která umožňuje hodnotit kořeny opakovaně na stejných místech v půdě (Smit et al., 2000). Minirhizotrony pomohly při studiu kořenového systému, tvorby nových kořínků, jejich stárnutí, interakcí parazitů a hyf s kořeny, fenologie kořenů a jejich rozmístění v půdě (Eshel, Beeckman, 2013). Jedná se o průhledné tuby vyrobené ze skla, plexiskla, polykarbonátu nebo polybutyrátu (Smit et al., 2000). Umístění těchto tub v půdě může být vertikální, nebo častěji se umísťují pod úhlem 30° nebo 45°. Minirhizotrony umístěné pod úhlem umožňují lépe zachytit rozložení kořenů do hloubky než vertikálně umístěné minirhizotrony (Eshel, Beeckman, 2013). Do minirhizotronů se instalují miniaturní kamery nebo scanery (Mancuso, 2012). Oba tyto systémy ukládají obrázky do počítače vybaveného softwarem pro záznam snímků. Mají také zabudovanou rukojeť, která umožňuje uživateli opakované pořízení obrázků na stejném místě v půdě. Pro analýzu snímků z minirhizotronů je možné použít různých komerčních i volně dostupných počítačových programů jako je Rootfly, RooTracker, Root Measurement System a WinRHIZO Tron (Eshel, Beeckman, 2013).

## 4 EXPERIMENTALNÍ ČÁST

### 4.1 Charakteristika lokality

Obec Pusté Jakartice se nachází na severovýchodě Opavy, necelých 5 km od centra města. Zeměpisné souřadnice obce jsou 49°58'1" severní šířky a 17°56'56" východní délky. Lokalita se nachází v řepařské výrobní oblasti s nadmořskou výškou 295 m. n. m. Dlouhodobá průměrná teplota  $t_{30}$  za období 1661 – 1990 je zde 8,3 °C a dlouhodobý průměrný úhrn srážek  $s_{30}$  je zde 584 mm. Půdním typem je hnědozem luvizemní. Z hlediska zrnitostního se pak jedná o půdu středně těžkou, hlinitou.

### 4.2 Založení a průběh pokusu

Pokus s ozimou řepkou byl založen ve třech opakováních v neúplných blocích typu  $\alpha$ -design. Velikost každé parcelky byla 10 m<sup>2</sup>. Vzdálenost jednotlivých řádků od sebe byla 12,5 cm, délka řádků byla 7,28 m a podélná oddělovací mezera mezi parcelkami byla 20 cm. Setí proběhlo bezezbytkovým secím stojem, hloubka setí činila 1 - 2 cm a termín setí byl 8. 9. 2014.

Před založením porostu byl proveden odběr vzorku půdy, který byl následně odeslán na agrochemický rozbor. Výsledky agrochemického rozboru půdy, jak je patrné z (Tab. 3) ukazují, že půda měla hodnotu pH 6,4, což značí půdu slabě kyselou a spadá do žádoucího rozmezí pro hlinitou půdu a také pro řepku, která vyžaduje pH 6,0 – 7,2. Obsah přístupného fosforu (P) a draslíku (K) byl stanoven jako dobrý, obsah vápníku (Ca) byl vyhovující. Obsah přístupného hořčíku (Mg) byl vyhodnocen jakožto nízký. Vyhovující obsah hořčíku pro půdu středně těžkou, hlinitou by měl činit minimálně 106 mg.kg<sup>-1</sup> půdy. Tento nepatrný nedostatek ovšem neměl výrazný vliv na růst rostlin.

Tab. 3: Výsledky agrochemického rozboru půdy (ÚKZÚZ, 2015)

odběr	pH	obsah přístupných živin v půdě (mg.kg <sup>-1</sup> )			
		P	K	Mg	CaCO <sub>3</sub>
28. 8. 2014	6,4	104	188	100	1595

Během vegetačního období byl porost řepky hnojen dusíkatými hnojivy jednou na podzim a dvakrát na jaře (Tab. 4). V průběhu podzimní vegetace se hnojení provádí v případě, že je porost slabý a pokud při předseťové přípravě nebylo hnojeno dusíkem. První jarní dávka

slouží k regeneraci kořenového systému a listové růžice. Druhá dávka pak slouží pro podporu tvorby nadzemní biomasy.

Tab. 4: Termíny aplikace hnojiv během vegetace (ÚKZÚZ, 2015)

datum	množství t.ha <sup>-1</sup>	hnojivo	obsah č. ž. N kg.ha <sup>-1</sup>
30. 9. 2014	0,100	LAV	27
5. 3. 2015	0,189	LAV	51
17. 3. 2015	0,219	DASA	57

Porost řepky byl během vegetačního období několikrát ošetřen chemickými přípravky, aby bylo zamezeno jeho poškození škodlivými činiteli (Tab. 5).

Tab. 5: Chemická ochrana porostu během vegetace (ÚKZÚZ, 2015)

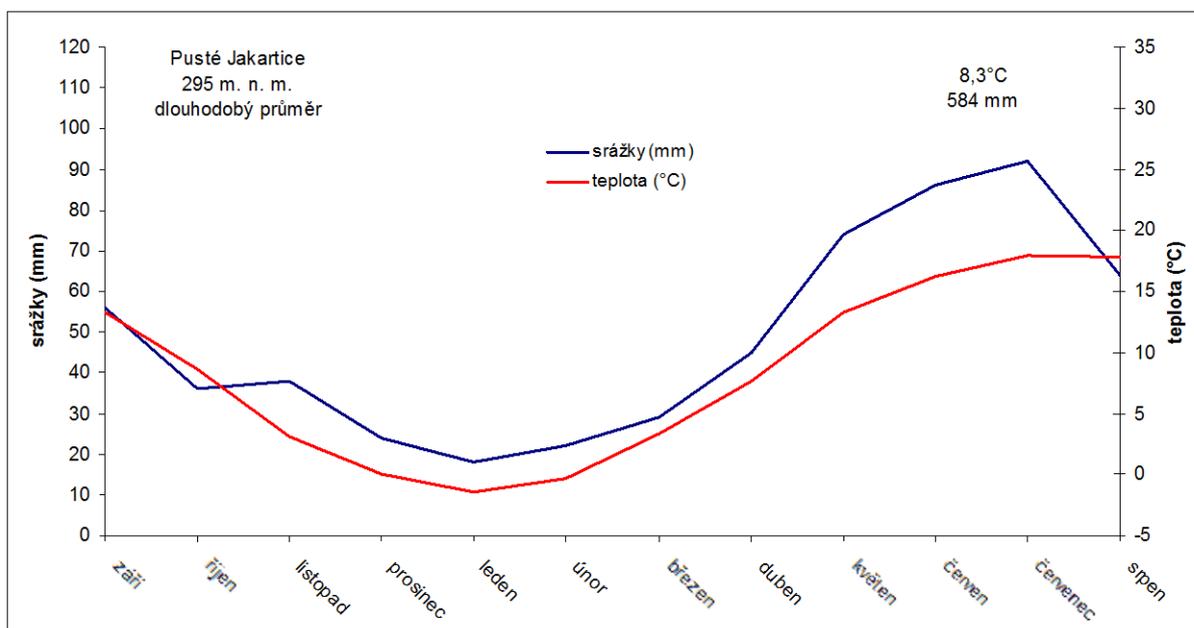
datum	použitý přípravek k ochraně	druh přípravku
4. 9. 2014	Vanish slug pellets 25 kg.ha <sup>-1</sup>	moluskocid
18. 9. 2014	Butisan Star 2 l.ha <sup>-1</sup>	herbicid
19. 9. 2014	Decis mega 0,15 l.ha <sup>-1</sup>	pyrethroid
29. 9. 2014	Polythanol do děr	rodenticid
3. 10. 2014		
10. 10. 2014		
10. 10. 2014	Pantera QT 1,2 l.ha <sup>-1</sup>	herbicid
11. 11. 2014	Polythanol do děr	rodenticid
12. 1. 2015	Stutox do děr	rodenticid
15. 1. 2015	Polythanol do děr	rodenticid
17. 1. 2015	Stutox do děr	rodenticid
9. 3. 2015		
22. 4. 2015	Nurelle D 0,6 l.ha <sup>-1</sup>	insekticid
4. 6. 2015	Mospilan 20SP	insekticid

Sklizeň proběhla 20. 7. 2015 v období, kdy bylo sucho a semena dosahovala v průměru 13% vlhkosti. Porost byl sklizen maloparcelní sklízecí mlátičkou Osevan SO 3-060 se záběrem 1,5 m a výkonem 20 kW. Následně proběhlo čištění semen, vážení a stanovení hmotnosti tisíce semen ručním odpočítáním (100, 200, 200 a 500) semen. Výnos jednotlivých odrůd byl přepočten na 12% vlhkost.

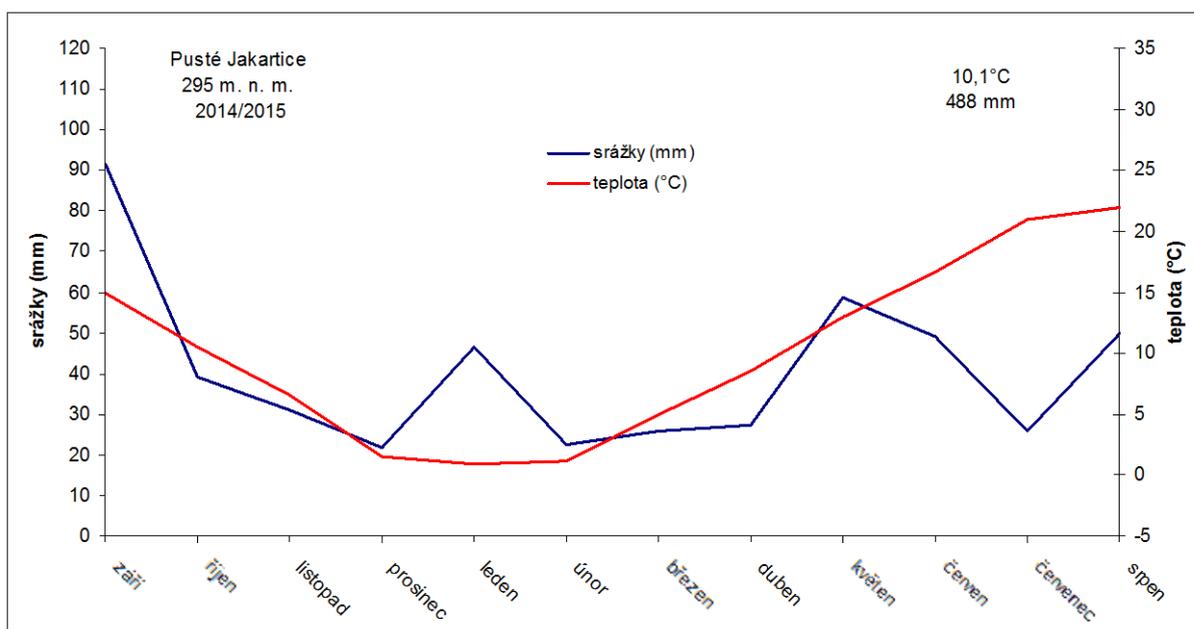


*Obr. 2: Sklizeň pokusu s ozimou řepkou pomocí sklízecí mlátičky Osevan SO 3-060*

Z hlediska meteorologického byl vegetační rok 2014/2015 oproti dlouhodobému průměru suchý a teplý. Září bylo srážkově nadprůměrné. Po zasetí nastalo období dešťů, došlo k vzniku půdního škaloupu a špatnému vzcházení rostlin. Z důvodu vysoké mezerovitosti porostu u některých parcel nebyl pokus s ozimou řepkou hodnocen ze strany ÚKZÚZ. Zima byla mírná, bez většího množství sněhové pokrývky s nadprůměrným množstvím srážek v měsíci lednu. Díky tomu nebyl porost v zimním období výrazně poškozen, vegetoval dobře a na jaře byl v dobré kondici. Počátek jarní vegetace byl mírný a pozvolný. Srážkově bylo jarní období v normálu, ovšem od května se začal prohlubovat nedostatek srážek, který trval až do sklizně. Teploty se pohybovaly mírně nad dlouhodobými průměry. Porost nebyl výrazně poškozen, ovšem rostliny byly méně robustní.



Graf 1: Klimatické podmínky, dlouhodobý průměr 1961 — 1990



Graf 2: Klimatické podmínky ve vegetačním období 2014/2015

### 4.3 Metoda měření kořenového systému

Velikost kořenového systému byla měřena na základě jeho elektrické kapacity. K měření elektrické kapacity byl použit měřicí přístroj LCR Meter ELC<sup>-1</sup>31D. Měřicí frekvence byla 1 kHz a získané hodnoty byly v jednotkách 1 nF (nanofarad). Měření probíhalo tak, že se katoda (kleště) uchytila za stonk rostliny ve výšce 1 – 2 centimetry nad

půdou. Anoda (jehla) se zasunula do půdy v blízkosti rostliny. Podmínkou pro měření kořenového systému touto metodou je to, že rostliny a povrch půdy by měl být suchý a nesmí docházet k vzájemnému kontaktu nadzemních částí rostliny. Termíny měření elektrické kapacity kořenového systému jsou zaznamenány v (Tab. 6). Měření bylo provedeno u 8 rostlin z každé parcelky.

*Tab. 6: Termín měření VKS*

růstová fáze	datum měření
prodlužovací růst	6. 4. 2015
butonizace	11. 5. 2015
kvetení	8. 6. 2015



*Obr. 3: Přístroj LCR Meter ELC 131-D pomocí kterého byl kořenový systém rostlin měřen*

#### **4.4 Popis odrůd**

Pokus s měřením elektrické kapacity kořenového systému byl proveden na šesti pylově fertilních hybridních odrůdách řepky ozimé zařazených do Seznamu doporučených odrůd. Tyto odrůdy se vyznačují tvorbou pylu u všech rostlin. Vzhledem k rychlejšímu



a mohutnějšímu nárůstu těchto odrůd během podzimní i jarní vegetace je třeba je vysévat přednostně ke konci agrotechnických lhůt a snížit výsevek. K tvorbě těchto hybridů se používají v současnosti tři hybridní systémy založené na cytoplazmatické pylové sterilitě OGU/INRA, MSL a Safecross (ÚKZÚZ, 2015)

**Bonanza** je polopozdní středně vysoký až vysoký hybrid odolný vůči poléhání. Hmotnost tisíce semen je středně vysoká až vysoká. Mimořádným pozitivem této odrůdy je tvorba nadprůměrně velkého a silného kulového kořenu, který je základem vysokých výnosů, vysoké tolerance ke stresovým podmínkám a velmi dobré a rychlé jarní regenerace. Odrůda je vhodná i pro pozdní výsevy (VP Agro, 2014).

**DK Excellium** je středně raná hybridní odrůda, rostliny jsou středně vysoké až vysoké. Hmotnost tisíce semen je středně vysoká. Pozitivem této odrůdy je velmi rychlý podzimní růst a začátek jarní regenerace. Tato odrůda rovnoměrně dozrává a umožňuje včasnou sklizeň. Odrůda je také vybavena genovou rezistencí vůči Phomě. Setí se provádí v optimálním až mírně pozdním termínu (DEKALB, 2016).

**DK Explicit** patří mezi středně rané hybridní odrůdy, rostliny jsou vysoké a středně odolné proti poléhání. Hmotnost tisíce semen je nízká až středně vysoká. Předností této odrůdy je mimořádný výnos semene, a to i v chladnějších oblastech. Jsou to velmi silně se větvící rostliny s vysokým počtem šesulí (DEKALB, 2016).

**DK Exquisite** je středně raná hybridní odrůda, rostliny vysoké, středně odolné proti poléhání. Hmotnost tisíce semen středně vysoká až vysoká. Je to bohatě větvící se hybrid, který vytváří prodloužené šesule obsahující větší počet semen. Díky silnému kořenovému systému dokáže dobře hospodařit se živinami a přizpůsobit se tak lokálním podmínkám (DEKALB, 2016).

**DK Exstorm** je středně raná hybridní odrůda, rostliny středně vysoké až vysoké, středně odolné až odolné vůči poléhání. Hmotnost tisíce semen je středně vysoká. Pozitivum této odrůdy se projevuje ve zvýšené odolnosti vůči pukání šesulí díky zvýšené elasticitě pletiv. Je nositelem genu odolnosti vůči Phomě a je také vhodná pro brzké termíny setí. Vyniká také svou výnosovou schopností (DEKALB, 2016).

**Inspiration** je středně raná hybridní odrůda, rostliny středně vysoké až vysoké, středně odolné proti poléhání. Hmotnost tisíce semen středně vysoká. Tato odrůda je vhodná především pro intenzivní způsob pěstování. Na intenzifikační opatření rostliny reagují prodloužením šesulového patra. Odrůda Inspiration se hodí pro rané až středně pozdní termíny setí (Rapool, 2011).

## 4.5 Výsledky a diskuse

Pro statistické zhodnocení zjištěných hodnot byl použit program Microsoft Office Excel 2003 a program STATISTICA 9.0 (Stat Soft). Hodnoty byly zhodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu a porovnání mezi jednotlivými odrůdami bylo provedeno pomocí Scheffeho testu. Následně byla provedena korelační analýza mezi elektrickou kapacitou kořenového systému, výnosem a HTS.

### 4.5.1 Elektrická kapacita kořenového systému

Jak lze vyčíst z následující tabulky (Tab. 8), nejvyšší hodnoty elektrické kapacity byly naměřeny během prvního termínu ve fázi prodlužovacího růstu u odrůdy Bonanza (1,250 nF), naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny ve druhém termínu ve fázi butonizace u odrůdy DK Explicit (0,541 nF). Nejvyšší průměrné hodnoty za za všechny tři měření dosáhla odrůda Bonanza s hodnotou (1,006 nF) a nejnižší průměrné hodnoty VKS dosáhla odrůda DK Explicit (0,832 nF).

Toorchi et al. (2005) zjistili u odrůd řepky s největší délkou, objemem a tloušťkou kořenů nejvyšší hodnoty výšky rostlin, celkové hmotnosti sušiny biomasy a počtu šesulí.

Tab. 7: Analýza rozptylu elektrické kapacity kořenového systému

	Faktor	s. v.	PČ	Testové kritérium F	Vliv faktoru
1. měření	Odrůda	5	0,3472	15,879	***
	Chyba	144	0,0219		
2. měření	Odrůda	5	0,0889	6,769	***
	Chyba	144	0,0131		
3. měření	Odrůda	5	0,2514	12,585	***
	Chyba	144	0,0200		

\*\*\* - Statisticky průkazné pro  $\alpha=0,001$ , s. v. - stupně volnosti, PČ - průměr čtverců,

Tab. 8: Porovnání průměrných hodnot el. kapacity za tři měření ve třech termínech

Odrůda	Prodlužovací růst	Butonizace	Kvetení
Inspiration	1,002 <sup>a</sup>	0,638 <sup>b</sup>	0,876 <sup>a</sup>
Bonanza	<b>1,250<sup>b</sup></b>	<b>0,710<sup>b</sup></b>	1,058 <sup>b</sup>
DK Excellium	0,998 <sup>a</sup>	0,697 <sup>b</sup>	0,996 <sup>ab</sup>
DK Exquisite	1,161 <sup>b</sup>	0,658 <sup>b</sup>	<b>1,127<sup>b</sup></b>
DK Explicit	0,956 <sup>a</sup>	0,541 <sup>a</sup>	0,997 <sup>ab</sup>
DK Exstorm	0,989 <sup>a</sup>	0,650 <sup>b</sup>	0,873 <sup>a</sup>

Hodnoty, které jsou označeny stejnými písmeny, nejsou statisticky významně odlišné (P=0,05).

#### 4.5.2 Porovnání VKS a výnosu

Výnosy jednotlivých odrůd byly zhodnoceny za pomoci analýzy rozptylu, která prokázala statisticky velmi vysoce průkazný vliv odrůdy na jejich výnos (Tab. 9). Z následného porovnání pomoci Scheffeho testu (Tab. 10), je patrný rozdíl mezi odrůdou DK Exstorm, která dosáhla nejvyšších výnosů a odrůdami Inspiration a DK Exquisite, jejichž výnosy byly nejmenší.

Tab. 9: Analýza rozptylu výnosu

Faktor	s. v.	PČ	Testové kritérium F	Vliv faktoru
Odrůda	5	2,8559	53,193	***
Chyba	12	0,0537		

\*\*\* - Statisticky průkazné pro  $\alpha=0,001$ , s. v. - stupně volnosti, PČ - průměr čtverců,

Tab. 10: Průměrné hodnoty výnosu a průkaznost jejich rozdílů podle Scheffeho

Faktor	Úroveň faktoru	N	Průměr ± Sm. Odchylka	Statistická průkaznost rozdílu
	Inspiration	3	2,36 ± 0,12	a
	Bonanza	3	3,58 ± 0,22	b
Odrůda	DK Excellium	3	4,18 ± 0,22	bc
	DK Exquisite	3	2,39 ± 0,21	a
	DK Explicit	3	3,77 ± 0,37	b
	DK Exstorm	3	4,80 ± 0,13	c

Mezi výnosem daných odrůd řepky ozimé a velikosti kořenového systému zjištěné na základě její elektrické kapacity byly vypočteny korelace.

Tab. 11: Korelace mezi VKS a dosaženými výnosy jednotlivých odrůd

	1. měření	2. měření	3. měření
výnos	0,36	-0,40	0,57

Z tabulky (Tab. 11) je patrné, že nejvyšší pozitivní korelační koeficient  $r = 0,57$  ve vztahu VKS a výnosu byl naměřen ve fázi kvetení, naopak nejvyšší negativní korelační koeficient  $r = -0,40$  byl zjištěn ve fázi butonizace. Žádný z těchto koeficientů však nebyl statisticky průkazný.

Středa et al. (2009) v pokusu s řepkou ozimou založeném v roce 2008 v Pustých Jakarticích zaznamenali, že v hospodářském roce 2008/2009 měly odrůdy s vyššími hodnotami elektrické kapacity kořenového systému nižší výnos než odrůdy s nižší hodnotou elektrické kapacity kořenového systému. To bylo zdůvodněno relativním dostatkem srážek na lokalitě v daném vegetačním období.

Ani v tomto pokuse, kdy byl porost stresován suchem se neprokázal pozitivní vliv velikosti kořenového systému na výnos řepky. Z uvedených výsledků je patrné, že odrůdy DK Exstorm a DK Explicit, u nichž byly naměřeny nejnižší hodnoty elektrické kapacity kořenového systému, a to 0,832 nF a 0,837 nF dosáhly vyšších výnosů (4,80 t.ha<sup>-1</sup> a 3,78 t.ha<sup>-1</sup>). Naopak odrůdy s nejvyššími hodnotami elektrické kapacity Bonanza a DK Exquisite (1,006 nF a 0,982 nF) dosáhly nižších výnosů, a to 3,58 t.ha<sup>-1</sup> a 2,48 t.ha<sup>-1</sup>. Odrůdy DK Exstorm a DK Explicit slibují podle popisu udržovatele vysokou tvorbu šesulí a vysoký výnos i ve stresových podmínkách s nedostatkem vláhy, což se potvrdilo i zde.

#### 4.5.3 Porovnání VKS a hmotností tisíce semen

U hodnocených odrůd řepky ozimé byla stanovena hmotnost tisíce semen (Tab. 12). Nejvyšší hodnoty dosáhla odrůda Bonanza, jejíž HTS byla 5,55 g. U této odrůdy byla zároveň naměřena nejvyšší hodnota velikosti kořenového systému. Nejnižší HTS byla zjištěna u odrůdy DK Exstorm, a to 4,55 g, tato odrůda měla jedny z nejmenších naměřených hodnot velikosti kořenového systému.

Tab. 12: Hmotnost tisíce semen vybraných odrůd

odrůda	HTS
Inspiration	4,70
Bonanza	5,55
DK Excellium	4,60
DK Exquisite	5,10
DK Explicit	4,90
DK Exstorm	4,55

Velikost kořenového systému vybraných odrůd řepky ozimé měřená pomocí elektrické kapacity byla korelována s hmotností tisíce semen (Tab. 13).

Tab. 13: Korelace velikosti kořenového systému s hmotností tisíce semen

	1. měření	2. měření	3. měření
HTS	0,89*	0,25	0,70

Statisticky průkazná pozitivní korelace  $r = 0,89^*$  mezi velikostí kořenového systému a HTS byla zjištěna ve fázi prodlužovacího růstu. Statistické průkaznosti se také blížila hodnota pozitivního korelačního koeficientu  $r = 0,70$  zjištěná ze třetího měření ve fázi kvetení.

Z uvedených výsledků vyplývá, že odrůdy s vyšší elektrickou kapacitou kořenového systému dosáhly vyšších hodnot HTS (Tab. 13).

Odrůdy Bonanza a DK Exquisite se dle popisu udržovatelů vyznačují tvorbou robustního kořenového systému a vysokou hodnotou HTS což se zde také prokázalo.

## 5 ZÁVĚR

Kořeny rostlin, jakožto orgány sloužící k příjmu vody a živin, mají výrazný vliv na růst rostlin. Velikost kořenového systému hraje významnou roli především v podmínkách sucha, kde rostliny s větším kořenovým systémem dokáží lépe přijímat vodu z hlubších vrstev půdy a tím pádem jsou méně náchylné na stres způsobený nedostatkem vody. V práci byl vypracován literární přehled na téma řepky ozimé, jejím růstu, kořenovém systému a výnosu. V praktické části byl proveden pokus s řepkou ozimou a hodnocena souvislost mezi velikostí kořenového systému a kvantitativními znaky (výnos, hmotnost tisíce semen). Při zpracování výsledků byly u jednotlivých odrůd zjištěny rozdíly ve velikosti kořenového systému, výnosu a hmotností tisíce semen. Nebyla však zjištěna průkazná korelace mezi velikostí kořenového systému a výnosem. Ovšem mezi velikostí kořenového systému a hmotností tisíce semen byla zjištěna průkazná pozitivní korelace. Z uvedených výsledků vyplývá, že velikost kořenového systému by mohla mít vliv na hmotnost tisíce semen. Pro toto tvrzení by však bylo zapotřebí provést výzkum na několika lokalitách s vyšším počtem pozorovaných odrůd.

## 6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALPMANN, L. et al., 2009: *Řepka – plodina s budoucností*. BASF, Praha, 180 s.
- AHMAD, P., PRASAD, M. 2012: *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability*. New York: Springer, 473 s.
- BARANYK, P. 2010: *Olejniny*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 206 s.
- BARANYK, P., FÁBRY, A. 2007: *Řepka: pěstování, využití, ekonomika*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 208 s.
- BARANYK, P., KAZDA, J., ŠKEŘÍK, J., VOLF, M., 2005: *Řepka olejka v českém zemědělství, Komplexní pěstitelská technologie*. Praha: Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, 161 s.
- BEČKA, D. 2007: *Řepka ozimá: pěstitelský rádce*. Vyd. 1. Praha: Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent, 56 s.
- BEČKA, D., ŠTRANC, P., VAŠÁK, J. 2003: *Minimalizace nebo orba pro řepku*. Sborník - Řepka, mák, hořčice. p. 40 - 44.
- CHLOUPEK, O. 1977: *Evaluation of the size of a plant's root system using its electrical capacitance*. Plant and Soil. Vol. 48, p. 525 - 532.
- DALTON, F. N. 1995: *In-situ root extent measurements by electrical capacitance methods*, Plant and Soil. Vol. 173, p. 157 - 165.
- DEKALB, 2016: [online]. Brno: MOSANTO ČR, [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <https://www.dekalb.cz/repka/katalog-produktu>
- EDWARDS, J., 2011: *Canola growth & development*. Maitland, N.S.W.: NSW Department of Primary Industries.

ESHEL, A., BEECKMAN, T. 2013: *Plant roots: the hidden half*. 4th ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 848 s.

FÁBRY, A., HOLOVLASKÝ, J., ŠILAR, J. 1963: *Nové způsoby sklizně řepky*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 131 s.

FITTER, A. 2002: *Characteristics and functions of root systems*. In: Waisel, Y., Eshel, A., Beekman, T., Kafkafi, U., eds. *Plant Roots: The Hidden Half*. Marcel Dekker Inc, New York, third edition, 15–32.

HAJZLER, M., STŘEDA, T., KLIMEŠOVÁ, J., 2010: *Hodnocení kořenového systému metodou měření elektrické kapacity a analýzy obrazu*, p. 48 – 55. In: MendelNet 2010 Proceedings of International Ph.D. Students Conference. MZLU v Brně, Brno.

HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. 2008: *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 248 s.

JAVŮREK, M., VACH, M. 2008: *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 26 s.

KLIMEŠOVÁ, J. *Velikost kořenového systému rostlin ve vazbě na výnos a kvalitu produkce*. Brno, 2011. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství. Vedoucí práce Ing. Tomáš Středa, Ph.D.

KOLEK, J., KOZINKA, V. 1988: *Fyziologie koreňového systému rastlín*. 1.vyd. Bratislava: Veda, 381 s.

KROON, H., VISSER, E. (eds.). 2003: *Root ecology*. Berlin: Springer. Ecological studies, vol. 168, 394 s.

KŘEN, J., NEUDERT, L., PROCHÁZKOVÁ, B., SMUTNÝ, V. 2015: *Obecná produkce rostlinná - 1. část*. Vydání první. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 146 s.



LUXOVÁ, M. 1974: *Zemědělská botanika 1: Anatomie a morfologie rostlin*. 2. přeprac. vyd. Praha: SZN.

MACHÁČEK, T., ČERVENKOVÁ, I. 2012: *Sekundární stavba rostlinných orgánů*. Biomach, výpisky z biologie [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.biomach.cz/biologie-rostlin/-sekundarni-stavba-rostlinnych-organua>

MANCUSO, S. (ed.) 2012: *Measuring roots: an updated approach*. Heidelberg: Springer. Life sciences, 375 s.

NOVÁK, J., SKALICKÝ, M. 2008: *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Vyd. 1. Praha: Powerprint, 327 s.

OLIVEIRA, A. 2009: *Root Genomics*. Berlin [u.a.]: Springer Verlag, 318 s.

POLOMSKI, J., KUHN, N. 2002: *Root Research Methods*, p. 295 – 322 In: WAISEL, Y., ESHEL, A., KAFKAFI, U. (eds.) : *Plant roots: The hidden half*. Marcel Dekker Inc., New York, 1120 s.

PROCHÁZKA, S. 1998: *Fyziologie rostlin*. Vyd. 1. Praha: Academia, 484 s.

RAPOOL, 2016: *Inspiration*. [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.rapool.cz/odrudy/inspiration/>

RICHTER, R. 2005: *Řepka ozimá*. In RYANT, P., RICHTER, R., HLUŠEK, J., FRYŠÁČKOVÁ, E. *Multimediální učební texty z výživy rostlin*. [online]. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/html/olejniny/repka\\_ozima.htm#nár](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/olejniny/repka_ozima.htm#nár)  
oky řepky na výživu

ŘEPKOVÁ, J. 2013: *Genetika rostlin* [online]. 1 vyd. Brno: Masarykova univerzita, [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/elportal/?id=1119341>.

ÚKZÚZ, 2015: Zkušební stanice Pusté Jakartice [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/odrudy/odbor-provozni-a-zkusebni/zkusebni-stanice-pja.html>

SMIT, L., BENGOUGH, A., ENGELS, C., NOORDWIJK, M., PELLERIN, S., GEIJN., S. 2000: *Root Methods. A Handbook*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 587 s.

SPZO, 2014: *Stanovisko k odrůdové skladbě řepky pro rok*. doporučení SPZO. Praha: Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin. 37 s.

STEINGROBE, B., SCHMID, H. and CLAASEN, N. 2000: *The use of the ingrowth core method for measuring root production of arable crops — influence of soil conditions inside the ingrowth core on root growth*. J. Plant Nutr. Soil Sci., 163: p. 617 – 622.

STŘEDA. T., DOSTÁL. V., ULLMANOVÁ, K. 2009: *Root system as a factor of oilseed rape yield formation*. MendelNet'09 Agro–Proceedings of International Ph. D. 9 s.

STŘEDA T., HAJZLER M., CHLOUPEK O. 2013: *Kořenový systém jako faktor tvorby výnosu a kvality polních plodin*, s. 55 – 60. In. Hnilička, F. (ed): *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v. i. Praha – Ruzyně, s. 326.

TOORCHI, M., VALIZADEH, M., REZA, S., SHEYKH, F., BAHMAN, P., 2005: *Association of root morphological characters with resistance to water deficit in some rapeseed genotypes (Brassica napus L.)*. Agricultural Science (Tabriz). Vol. 15, p. 15-25.

TURČANY, J. 1955: *Olejniný*. Štátne podohospodárske nakladateľstvo Bratislava, Bratislava, 214s.

VAŠÁK, J. 2000: *Řepka*. Praha: Agrospoj. Semafor, 322 s.

VINTER, V. 2004 *Anatomická stavba kořene*. Katedra botaniky UP Olomouc [online]. Olomouc, [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://botany.upol.cz/atlas/anatomie/anatomieCR23.pdf>

VP AGRO, 2014: *Bonanza*, [online]. Praha, ©2014-2016 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z:  
<http://www.vpagro.cz/images/plants/2/1-Bonanza1421656375.pdf>

## 7 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

### Tabulky:

Tabulka 1: Fenologické fáze podle původního a desetinného třídění

Tabulka 2: Optimální výsevní množství (počet semen/m<sup>2</sup>) ozimé řepky v závislosti na oblasti, termínu setí a typu odrůdy

Tabulka 3: Výsledky agrochemického rozboru půdy

Tabulka 4: Termíny aplikace hnojiv během vegetace

Tabulka 5: Chemická ochrana porostu během vegetace

Tabulka 6: Termín měření VKS

Tabulka 7: Analýza rozptylu elektrické kapacity kořenového systému

Tabulka 8: Porovnání průměrných hodnot el. kapacity za tři měření ve třech termínech

Tabulka 9: Analýza rozptylu výnosu

Tabulka 10: Průměrné hodnoty výnosu a průkaznost jejich rozdílů podle Scheffeho

Tabulka 11: Korelace VKS s dosaženými výnosy

Tabulka 12: Hmotnost tisíce semen vybraných odrůd

Tabulka 13: Korelace velikosti kořenového systému s hmotností tisíce semen

### Grafy:

Graf 1: Klimatické podmínky, dlouhodobý průměr

Graf 2: Klimatické podmínky ve vegetačním období 2014/2015

### Obrázky:

Obrázek 1: Vývoj sklizňových ploch řepky olejky v České republice 1985 – 2013

Obrázek 2: Sklizeň pokusu s ozimou řepkou pomocí sklízecí mlátičky Osevan SO 3-060

Obrázek 3: Přístroj LCR Meter ELC 131-D pomocí kterého byl kořenový systém rostlin měřen.