

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**



Česká zemědělská univerzita v Praze  
**Fakulta tropického  
zemědělství**

**FAKULTA TROPICKÉHO ZEMĚDĚLSTVÍ**

**Katedra tropických a subtropických plodin a agrolesnictví**

**Vliv abiotických faktorů na výnos kořenových hlíz jakonu  
(*Smallanthus sonchifolius*)**

Vypracovala: Marie Netopilová

Vedoucí bakalářské práce: Fernández Cusimamani Eloy, doc. Dr. Ing.

Praha 2013

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv abiotických faktorů na výnos kořenových hlíz jakonu“ vypracovala samostatně a použila jsem pouze zdroje, které cituji a uvádím v soupisu literatury.

Souhlasím, aby práce byla uložena v knihovně České zemědělské univerzity v Praze a zpřístupněna ke studijním účelům.

.....

Datum

.....

Podpis

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu Eloy Fernándezovi Cusimamani, doc. Dr. Ing za jeho trpělivost, ochotu, vstřícnost a odborné rady a připomínky, které mi v průběhu tvorby bakalářské práce poskytoval.

Děkuji dále všem, kteří mi při psaní bakalářské práce jakkoli pomáhali a podporovali mě.

## **Abstrakt**

Jakon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson] je vytrvalá rostlina z čeledi *Asteraceae*, v systému pěstování jde však o rostlinu jednoletou. Dnes je jakon pěstován v různých geografických oblastech zejména pro své kořenové hlízy, které obsahují velké množství fruktooligosacharidů (FOS). Má mnohostranné využití: v potravinářství, v lékařství (je vhodný pro diabetiky a osoby trpící zažívacími problémy), jako krmivo pro hospodářská zvířata apod.

V České republice se pěstuje od roku 1994.

Tato práce je zaměřena na zkoumání vlivu abiotických faktorů (teploty vzduchu a množství srážek) a délky vegetační doby na výnos kořenových hlíz jakonu u 27 krajových kultivarů pěstovaných v klimatických podmínkách České republiky během let 2007-2012.

Byl zjištěn průměrný výnos kořenových hlíz 1,37 kg/rostlinu (t.j. 30,7 t/ha), nejvyššího výnosu dosáhl kultivar PER03 (2,46 kg/rostlinu, t.j. 55,22 t/ha). Počet kořenových hlíz se pohyboval od 4,2 (kultivar NZL53) až po 43,2 (PER03) hlízy/rostlinu. Průměrný počet hlíz činil 22,98 kusů/rostlinu.

Délka vegetační doby činila v průměru 160 dnů, úhrn srážek spadlých během vegetace činil 316,23 mm a teplota vzduchu byla 15,86 °C.

Nejvyšší výnos kořenových hlíz (pro všechny kultivary) byl dosažen v roce 2007, kdy byla i nejdelší doba vegetace (170 dnů) a zároveň byl zaznamenán i nejvyšší úhrn srážek (366,4 mm), ovšem teplota vzduchu byla mírně podprůměrná (15,4 °C). Naopak nejnižší výnos kořenových hlíz byl v roce 2012, kdy srážky dosahovaly též nejnižšího množství (261,2 mm), ale teplota byla v tomto roce nadprůměrná (16,42°C). Na základě výsledků regresní analýzy byla potvrzena silná závislost výnosu kořenových hlíz na délce vegetační doby, ale jen nevýznamná závislost výnosu na srážkách a na teplotě.

**Klíčová slova:** abiotické faktory, kořenové hlízy, krajové kultivary, *smallanthus sonchifolius*, výnos

## **Abstract**

Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson] is a perennial plant from the family *Asteraceae*, but regarding to the system of its cultivation it is an annual plant. Nowadays, yacon is grown in different geographic areas particularly for its tuberous roots, which contain large amounts of fructooligosaccharides (FOS). It has multiple uses: in food industry, in medicine (it is suitable for diabetics and people with digestive problems), as forage for livestock etc. It has grown in the Czech Republic since 1994.

This thesis is focused on studying the influence of abiotic factors, (temperature and rainfall) and the season's growing length on the yield of tuberous roots of 27 landraces, grown in the climatic conditions of the Czech Republic during the years 2007-2012.

It was discovered that the average yield of tuberous roots was 1.37 kg per plant (i.e. 30.7 tons per ha), the highest yield had landrace PER03 (2.46 kg per plant, i.e. 55.22 tons per ha). Number of root tubers ranged from 4.2 (landrace NZL53) to 43.2 (PER03) tubers per plant. The average number of tubers was 22.98 units per plant.

The average length season's growing length was 160 days, total precipitation that fell down during the vegetation was 316.23 mm and the air temperature was 15.86 ° C.

The highest yield of tuberous roots (for all landraces) was reached in 2007, when the vegetation period was the longest (170 days) and the highest rainfall (366.4 mm) was recorded as well, but the air temperature was slightly below average (15.4 ° C). Contrarily, the lowest yield of tuberous roots was in 2012, when rainfall also reached the lowest rate (261.2 mm), but in this year the temperature was above the average (16.42 ° C). Based on the results of the regression analysis it has confirmed a strong dependence of the yield of tuberous roots on the length of the growing season, but only an insignificant yield dependence on precipitation and temperature.

**Key words:** abiotic factors, tuberous roots, landraces, *Smallanthus sonchifolius*, yield

## Seznam obrázků, grafů a tabulek

### Seznam obrázků

**Obrázek č. 1:** Území výskytu jakonu

**Obrázek č. 2:** Hypotetická evoluce jakonu

**Obrázek č. 3:** Morfologie a anatomie jakonu

### Seznam grafů

**Graf č. 1:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na délce vegetační doby

**Graf č. 2:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na celkovém úhrnu srážek

**Graf č. 3:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na průměrné teplotě vzduchu

**Graf č. 4a:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz na délce vegetační doby (u oktoploidních krajových kultivarů jakonu)

**Graf č. 4b:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz na délce vegetační doby (u dodekaploidních krajových kultivarů jakonu)

**Graf č. 5a:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na úhrnu srážek (u oktoploidních krajových kultivarů jakonu)

**Grafy č. 5b:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz na jakonu na úhrnu srážek (u dodekaploidních krajových kultivarů jakonu)

**Graf č. 6a:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na průměrné teplotě vzduchu (u oktoploidních krajových kultivarů jakonu)

**Graf č. 6b:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz na jakonu na průměrné teplotě vzduchu (u dodekaploidních krajových kultivarů jakonu)

## Seznam tabulek

**Tabulka č. 1:** Další druhy *Smallanthus*

**Tabulka č. 2 a 3:** Chemické složení hlíz, listů a stonků jakonu

**Tabulka č. 4:** Chromozomové číslo jednotlivých krajových kultivarů pěstovaných na pokusných pozemcích Fakulty tropického zemědělství České zemědělské univerzity

**Tabulka č. 5:** Vegetační doba jakonu v letech 2007-2012

**Tabulka č. 6:** Klimatické údaje za rok 2007

**Tabulka č. 7:** Klimatické údaje za rok 2008

**Tabulka č. 8:** Klimatické údaje za rok 2009

**Tabulka č. 9:** Klimatické údaje za rok 2010

**Tabulka č. 10:** Klimatické údaje za rok 2011

**Tabulka č. 11:** Klimatické údaje za rok 2012

**Tabulka č. 12a, 12b, 12c :** Průměrná hmotnost kořenových hlíz jednotlivých krajových kultivarů jakonu v letech 2007 - 2012 (v kg na rostlinu)

**Tabulka č. 13:** Průměrná hmotnost kořenových hlíz jakonu v letech 2007 - 2012 (v tunách na hektar)

**Tabulka č. 14:** Průměrný výnos kořenových a stonkových hlíz všech kultivarů a počet kořenových hlíz pro jednotlivé roky 2007 – 2012

**Tabulka č. 15a, 15b, 15c:** Průměrný počet kořenových hlíz jednotlivých krajových kultivarů jakonu

**Tabulka č. 16a, 16b, 16c:** Průměrná hmotnost stonkových hlíz jednotlivých krajových kultivarů jakonu v letech 2007 - 2012 (v kilogramech na rostlinu)

**Tabulka č. 17:** Průměrná hmotnost stonkových hlíz jakonu v letech 2007 - 2012 (v tunách na hektar)

**Tabulka č. 18:** Výpočet závislosti výnosu mezi kořenovými a stonkovými hlízami

**Tabulka č. 19:** Průměrný výnos kořenových hlíz oktaploidů a dodekaploidů v letech 2007-2012

## OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	3
2.1. Původ a rozšíření jakonu ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ).....	3
2.2. Taxonomie jakonu.....	5
2.3. Botanický popis jakonu .....	6
2.4. Využití jakonu .....	8
2.5. Chemické složení.....	9
2.6. Ekologické podmínky a systém pěstování.....	11
2.7. Polyploidie .....	12
2.7.1. Polyploidie jakonu .....	13
2.8. Abiotické faktory .....	15
3. CÍL PRÁCE .....	17
4. METODIKA PRÁCE.....	18
4.1. Rostlinný materiál.....	18
4.2. Systém pěstování jakonu na pokusných pozemcích FTZ ČZU v letech 2007 – 2012 .....	19
4.3. Klimatické podmínky .....	21
4.4. Hlavní parametry .....	22
4.5. Statistické zpracování získaných dat .....	23
5. VÝSLEDKY A DISKUZE.....	24
6. ZÁVĚR .....	38
7. LITERATURA.....	39



## 1. ÚVOD

*Smallanthus sonchifolius* (jakon) je málo využívaná a vědecky opomíjená kořenová plodina, která pochází z oblasti And a která byla pěstována a konzumována již v době před Inky. Přes to,

že je lidem jakon již tak dlouho znám, zůstává (na rozdíl od jiných andských okopanin, jako jsou například brambory nebo batáty) plodinou relativně nevyužívanou. Do dnešní doby byl jakon obecně pěstován andskými farmáři pro jejich vlastní potřebu. Teprve poměrně nedávno se stal jakon známější díky svým zdravím prospěšným vlastnostem a začal být pěstován i pro prodej na malých provinčních tržištích měst. V posledních letech se již dostal i na tržiště ve velkých městech, kde

se začal obchodně využívat a různými technikami zpracovávat (Manrique et al., 2005).

Dnes se rozlohy pěstování jakonu v Andách i mimo ně zvětšují rychlým tempem. Začíná se i s exportem jakonu a jeho produktů. Zemědělci z oblasti Oxapampy (Peru) dnes již exportují jakon do Japonska a Spojených Států (Fernández, 2005). Ve světě roste zájem o jakon především díky jeho potencionálnímu využití diabetiky, kde se uplatňuje jako dietní zelenina. Kořenové hlízy jakonu obsahují fruktooligosacharidy, které mají nízkou energetickou hodnotu. Hlízy jsou navíc chutné a dají se konzumovat za syrova. Listy obsahují velké množství polyfenolových antioxidantů, a jsou proto vhodné k přípravě léčivých nálevů. Nadzemní část může sloužit jako krmivo pro hospodářská zvířata (Fernández et al., 2010).

Jakon se řadí do čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*). Je velmi odolný a roste i v extrémních teplotních podmínkách a to jak v různých klimatických pásmech, tak i nadmořských výškách – jde o velmi adaptabilní rostlinu. Je to až 2 metry vysoká, vytrvalá plodina, která je však v systému pěstování jednoletá (Lachman et al., 2003a). Výnos kořenových hlíz je ovlivněn jak biotickými faktory (tj. vliv jiných živých složek na rostlinu), tak i abiotickými faktory (tj. vliv neživých složek přírody na rostlinu – například vliv teploty, srážek, vlhkosti apod.). Rovněž je výnos kořenových hlíz závislý na délce vegetační doby (Fernández, 2005). Obvyklý výnos jakonu v andských podmínkách bývá udáván v rozmezí 20-40 t/ha (Manrique et al., 2004). Ve městě Cusco (Peru) byl zjištěn maximální výnos 25-111 t/ha (Meza, 2001, cit. Fernández, 2005). V podmínkách České republiky, konkrétně v Praze, byl při hnojení organickými hnojivy zjištěn maximální výnos 8-49 t/ha (Fernández, 2005). Z And se jakon rozšířil v 80. letech 20. století na Nový Zéland a poté do Japonska. Úspěšné bylo pěstování této rostliny také v Itálii, Německu, Francii a USA, ale i tak tam dnes jakon není téměř rozšířen. Do České republiky byl jakon přivezen ve formě stonkových hlíz pocházejících z Nového Zélandu (Frček et al., 1995, cit. Valentová et al., 2001).

Tato práce je zaměřena na sledování vlivu abiotických faktorů na výnos kořenových hlíz krajových kultivarů jakonu pěstovaných na pokusných pozemcích České zemědělské univerzity v letech 2007-2012. V současné době je na ČZU pěstováno 29 krajových kultivarů, což je dle dostupné literatury největší kolekce jakonu mimo oblast And.

## 2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1. Původ a rozšíření jakonu (*Smallanthus sonchifolius*)

Původním místem výskytu jakonu je východní část Jižní Ameriky, konkrétně andská vysočina (obr. 1). Jakon pochází z nadmořských výšek od 1800 po 2800 metrů nad mořem a z oblastí táhnoucích se od jižní Kolumbie až po severní Argentinu, nicméně daří se mu na rozmanité škále půd i podnebí a roste až do nadmořské výšky 3500 m.n.m. Pochází z tropických horských klimatických podmínek (Manrique et al., 2004).



**Obrázek č. 1:** Území výskytu jakonu (Grau a Rea, 1997)

Nejistý aktuální výskyt v Kolumbii je označen otazníkem (světleji vyznačené území = území výskytu jakonu, tmavěji vyznačené území = území s nejvyšší diverzitou).

Jakon je jednou z důležitých rostlin používaných již od doby Inků, o čemž svědčí i archeologické vykopávky (Tjukavin, 2008). V pobřežním archeologickém nalezišti Nazca, (osídleného v letech 500-1200 n. l.), byla objevena vůbec nejstarší zobrazení jakonu na textiliích

a na keramice (Grau a Rea, 1997). První písemná zmínka o jakonu pochází od kronikáře Padre Bernabé Cobo ([ 1653] libro IV, cap. XVI: 365-366), který o jakonu napsal: „Cómense crudas por frutas y tienen muy buen sabor, y mucho mejor si se pasan al sol. Es maravillosa fruta para embarcada, porque dura mucho tiempo. Yo la he visto llevar por la mar y durar mas de veinte dias y respecto de ser tan zumosa, se ponía mas dulce y refrescaba mucho en tiempo de calor." (Zardini, 1991). Tuto jeho zmínku lze přeložit do češtiny takto: „Jedí se syrové jako ovoce a chutnají velmi dobře, ještě lépe chutnají, pokud jsou vystaveny slunci. Skvěle se hodí jako náklad, protože dlouho vydrží. Viděl jsem je vzít s sebou na moře, kde vydržely více než 20 dnů š’avnaté a staly se ještě sladšími a byly velmi osvěžujícími během horkého počasí."

V dnešní době je jakon rozšířen z původního místa výskytu do Spojených států, západní Evropy, severní Afriky, Nového Zélandu, Japonska a Jižní Koreje. Obecně lze říci, že dnes je jakon pěstován ve světě v rozmezí od 40° jižní šířky až po 45° severní šířky (Tjukavin, 2008).

První vysazení jakonu v Evropě proběhlo v roce 1927 a to v italském San Remu. Po třinácti letech adaptace bylo doporučeno používat jakon jako zdroj dietní výživy, krmivo a zejména jako materiál pro cukrovarnictví (Calvino, 1940). Na základě Calvinových experimentů se jakon rozšířil v roce 1941 do německého Hamburгу a Wulfsdorfu (Bredemann, 1948 cit. Fernández et al., 2006).

Do naší země byla tato plodina poprvé zavedena v roce 1993 ve formě stonkových hlíz pocházejících z Nového Zélandu (Frček a Loyková, 1997 cit. Valentová et al., 2001) a je zde pěstována od roku 1994 (Fernández et al., 2006) a to na pozemcích Fakulty tropického a subtropického zemědělství České zemědělské univerzity v Praze a ve Výzkumném ústavu bramborářském v Havlíčkově Brodě.

## 2.2. Taxonomie jakonu

Jakon a jemu příbuzné rostliny byly původně zařazeny do rodu *polymnia* (*Asteraceae*, *Heliantheae*, *Melampodinae*) a to i přes to, že již v roce 1933 byl navrhován rod *Smallanthus* (*Asteraceae*, *Heliantheae*), jenž v roce 1978 opět objevil (sestavil) H. Robinson, který do něj zařadil 21 druhů. Toto nové zařazení, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.& Endl.), se dnes používá přednostně a starší název *Polymnia sonchifolia* (Poepp.& Endl.) se považuje za synonymum. Je také možné se setkat s názvem *Polymnia edulis* (Valentová et al., 2001).

Jakon patří do čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae* (dříve *Compositae*)).

V biologické klasifikaci je taxonomie jakonu následující:

Říše:	<i>Plantae</i>
Podříše:	<i>Embryobionta</i>
Oddělení:	<i>Magnoliophyta</i>
Třída:	<i>Magnoliopsida</i>
Podtřída:	<i>Asteridae</i>
Řád:	<i>Asterales</i>
Čeleď:	<i>Asteraceae</i>
Podčeď:	<i>Asteroidae</i>
Kmen:	<i>Heliantheae</i>
Podkmen:	<i>Melampodiinae</i>
Rod:	<i>Smallanthus</i>
Druh:	<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Cronquist, 1955)

Původ slova “jakon” pochází pravděpodobně z domorodé kečuánštiny a je složený ze dvou slov: yaccu = mdlé chuti a unu = voda (Grau a Rea, 1997). Mezi další běžná pojmenování, která jsou používána v různých částech And, patří llaqon, llacum, llacuma, yacumpi, aricama, chicama, jiquima a jiquimilla (Manrique et al., 2004).

Španělský název pro *Smallanthus sonchifolius* je „yacón”, anglický „yacon”, francouzský „poir de terre”, italský „polimnia” a německý „Erdbirne” (Fernández et al., 2010). Kromě jakonu existují i další druhy *Smallanthus*, které se od sebe navzájem liší habitem, výškou, rozšířením a počtem chromozomů (viz tab. 1).

**Tabulka č. 1:** Další druhy rodu *Smilax* podle H. Robinsona (1978), jejich habitus, výška, rozšíření a somatický počet chromozomů

Druh	Habitus	Výška	Rozšíření	Chromosomy
<i>S. apus</i> (Blake)			Mexico	32
<i>S. connatus</i> (Spreng.)	jednoletá bylina	do 2 m	Brazílie, Paraguay, Uruguay, vých. Argentina	32
<i>S. fruticosus</i> (Benth.)	keř nebo strom	do 12 m	Kolumbie, Ekvádor, severní Peru	>50
<i>S. glabratus</i> (DC.)	keř nebo strom	do 8 m	Peru, Ekvádor, Chile	
<i>S. jelksii</i> (Hieron.)	keř nebo strom	do 8 m	Peru	58
<i>S. latisquamus</i> (Blake)	bylina	do 3 m	Kostarika	
<i>S. lundellii</i> (H. Robinson)	bylina	do 1 m	Guatemala	
<i>S. macroscyphus</i> (Baker ex. Martius)	vytrvalá bylina	do 3 m	Bolivie, severozápadní Argentina	32
<i>S. maculatus</i> (Cav.)	keř	do 5 m	Mexico, Guatemala, Honduras, Salvador, Nikaragua, Kostarika	32,68
<i>S. macvaughii</i> (Wells)	bylina	do 5 m	Mexico	
<i>S. meridensis</i> (Steyerm.)	bylina	do 3 m	Venezuela a Kolumbie	
<i>S. microcephalus</i>	keř nebo malý strom	do 8 m	Ekvádor	54, 60
<i>S. oaxacanus</i> (Sch. Bip. Ex Klatt)	bylina	do 2 m	Mexico, Guatemala, Honduras	32
<i>S. parviceps</i> (Blake)	keř nebo strom	do 8 m	jižní Peru a severní Bolívie	58
<i>S. pyramidalis</i> (Triana)	strom	do 12 m	Venezuela, Kolumbie, Ekvádor	60, 58
<i>S. quichensis</i> (Coult.)	bylina		Kostarika, Guatemala	
<i>S. riparius</i> (H.B.K)	bylina nebo keř	do 4 m	od jižního Mexika po severní Bolívii	30,32
<i>S. siegesbeckius</i> (DC.)	vytrvalá bylina	do 5 m	Peru, Bolívie, Brazílie, Paraguay	
<i>S. suffruticosus</i> (Baker)	keř nebo bylina	do 2 m	nížiny Venezuelské Amazonie	
<i>S. uvedalius</i> (L.)	vytrvalá bylina	do 3 m	východ USA	32

Zdroj: Valentová et al., 2001

### 2.3. Botanický popis jakonu

Jakon je vytrvalá rostlina, ale v našich podmínkách je považována za rostlinu jednoletou (Fernández, 2006).

#### Podzemní část

Jakon má dva typy kořenů: vlásčité (absorpční) a zásobní (viz obr. 3). Vláščité kořeny jsou velmi tenké a slouží k upevnění rostliny k zemi a k absorpci vody a živin (Seminario et al., 2003).

Kořenový systém bývá složený ze 4 až 20 jedlých, dužnatých zásobních hlíz, které bývají až 20 cm dlouhé a v průměru mají až 10 cm (Zardini, 1991). Zásobní kořeny jsou především větvenité, ale často získávají nepravidelné tvary v důsledku kontaktu s půdními kameny nebo díky tlaku sousedních kořenů (Grau a Rea, 1997). Podle Fernández et al. (2010) můžou kořeny

jakonů nabývat taktěž tvarů cylindrických či kulovitých.

Zásobní hlízy se tvoří 90 až 120 dní po výsadbě (v podmínkách ČR se začínají tvořit v průměru po 65 dnech od výsadby) (Fernández et al., 2010).

Dužina jakonu se značně liší díky pigmentům. Může být bílá, krémová, fialová, růžová a žlutá. Pokožka hlízy je nejčastěji zbarvena hnědě, růžově, nafialověle, krémově nebo slonovinově bíle, je 1-2 mm silná (Grau a Rea, 1997). Převládající zbarvení pokožky je charakteristickým genetickým rysem vlastním pro jednotlivé klony (Fernández et al., 2010). Epidermis hlíz na vzduchu velmi rychle tmavne (Valentová a Ulrichová, 2003).

Za normálních podmínek vyprodukuje jedna rostlina 2 až 3 kg hlíz, ale s použitím přiměřeného zavlažování, hnojení a prostředků k hubení škůdců, překročí výnos s největší pravděpodobností i 5 kg. V experimentálních studiích byly několikrát za sebou dosaženy vynikající výnosy do 10 kg na rostlinu (Amaya, 2000 cit. Manrique, 2005).

Hlíznaté kořeny jsou podobné topinamburovým, které jsou však mnohem sladčí a křehčí (Lachman et al. 2003a). Kromě kořenových hlíz má jakon rovněž jedlé hlízy stonkové, známé jako kaudexy, které slouží k vegetativnímu rozmnožování této rostliny. Tímto způsobem rozmnožování lze také vhodně selektovat kultivary s největšími výnosy a nejlepšími vlastnostmi z pěstitelského hlediska. Vegetativní způsob rozmnožování je jediný možný způsob, schopnost pohlavního rozmnožování rostlina totiž ztratila (Valentová et al., 2001).

### Nadzemní část

Rostlina je vysoká až 2,5 m (Zardini, 1991), stonek jakonu bývá válcovitý, ochlupený a dutý, zbarvený do zelena a fialova (Seminario et al., 2003). Stonky jsou hustě olistěné tmavozelenými listy, které jsou taktěž ochlupené a někdy zbarvené do fialova (Valentová et al. 2001). Horní i dolní epidermis má žlázy, které obsahují terpenoidní sloučeniny a je pokryt trichomy dlouhými od 0,8 do 1,5 mm o průměru 0,05 mm (Grau a Rea, 1997).

Listy jakonu jsou vstřícně postavené, mívají trojúhelníkovitý či šípovitý tvar. Okraje listů jsou u obou typů laločnaté nebo zubaté. Po obou stranách řapíku jsou vytvořena křídla, která na bázi mírně objímají stonek (Fernández et al., 2010).

Květenství má jakon vrcholičnaté a je tvořeno 1-5 osami. Každá osa se dělí na tři větve zakončené jedním úborem (Grau a Rea, 1997). Ten má na bázi 5-7 zelených, ostře trojúhelníkových listenů, které jsou dlouhé 15-20 mm (Fernández et al., 2010). Stopky jsou hustě ochlupené (Grau a Rea, 1997). Úbory jsou oranžové nebo žluté, mají v průměru 3 cm a vyrůstají v latách na vrcholu stonku (Frček a Loyková, 1997 cit. Valentová et al., 2001).

Jakon tvoří dva typy květů – oboupohlavní květy ve střední části květenství a samičí

květy po obvodu. Plody jakonu jsou nažky, které jsou černé a přibližně 2 mm velké (Valentová et al., 2001). Sto nažek má hmotnost od 0,6 do 1,2 g (Seminario et al. 2003).

## 2.4. Využití jakonu

Na místních tržištích And je jakon zařazován mezi ovoce a je prodáván společně s jablky, avokády, ananasy a podobně. Hlízy jakonu mají příjemnou sladkou chuť a jsou křupavé, a proto bývají běžně jedeny za syrova, například nasekané v ovocných salátech společně s banány, pomeranči, papájou atd. Většinou se vystavují na slunci, kdy dochází ke zvýšení cukernatosti. Hlízy se jedí oloupané, protože slupka má poněkud pryskyřičnou chuť. Také mohou být pojidány dušené. Vymačkáním je možné z hlíz získat sladký osvěžující nápoj (Grau a Rea, 1997).

V Japonsku bývají hlízy jakonu zpracovávány například do džusů nebo pečiva (Valentová et al., 2001).

Zvyšující se obliba jakonu není způsobena jen díky sladké příjemné chuti, ale hlavně aktivními obsahovými látkami, které mají pozitivní vliv na zažívací trakt a díky jeho antirakovinným účinkům a účinkům při léčbě diabetes (Zardini, 1991).

Ve Fakultní nemocnici v Olomouci bylo studií taktéž prokázáno, že potraviny z jakonu jsou vhodné pro přípravu diabetických pokrmů, redukčních diet a diet pro pacienty s chronickými jaterními nemocemi (Valentová et al., 2001).

Fruktooligosacharidy, které jakon obsahuje, mají (jak už bylo zmíněno výše) příznivé účinky pro diabetiky, ale taktéž i pro lidi trpící nadváhou. Jakon je bohatým zdrojem antioxidantů obsažených především v listech (Fernández et al., 2007a).

V literatuře bylo rovněž zmíněno, že jakon má příznivé účinky na zanícenou pokožku a má diuretické účinky (Valentová et al., 2001).

V Brazílii se sušené listy této rostliny používají k přípravě léčivého (antidiabetického) čaje. Sušené listy se používají také v Japonsku smícháním s běžnými čajovými lístky (Grau a Rea, 1997).

Díky koncentraci fruktooligosacharidů a dalších zdraví prospěšných látek, má jakon velký předpoklad být vysoce ziskovým zbožím v tržní ekonomice, kde se může stát důležitým prvkem místního obchodu a posunout úroveň ekologických pěstitelských postupů a místního zpracování této plodiny (Grafae et al., 2003).

Pěstování jakonu se již rozšířilo a to díky vedlejší činnosti zemědělců, kteří si výnosy z této plodiny přivydělávali, což pomohlo k rozvoji domácí ekonomiky v Andách a přilehlých regionech. Jakon se již objevil v regálech supermarketů jako inovativní jídlo na Novém Zélandě, v Japonsku, Koreji a Brazílii. Jeho přítomnost byla také hlášena v ČR a v USA a to s pozitivními



výsledky co se týče marketingu. Jakon má slibnou budoucnost v regionálním a mezinárodním obchodu. Je to vysoce výnosná plodina (produkuje průměrně 30 tun na hektar) (FAO, 2012).

## 2.5. Chemické složení

Jakon je jedna z plodin, v jejichž jedlých kořenech převažuje voda. Podle autorů Lachmana et al. (2003b) tvoří voda více než 70 % čerstvé hmoty, sacharidy tvoří 70 – 80% sušiny, 0,3 – 3,7 % představují bílkoviny.

Podle některých autorů tvoří voda 83 až 90% hmotnosti čerstvých hlíz. Sušinu čerstvě zklizených hlíz tvoří asi z 90% sacharidy, z nichž mezi 50 až 70% zastupují fruktooligosacharidy (FOS) (Seminario et al., 2003).

Fruktooligosacharidy (FOS) jsou cukry, které se nacházejí přirozeně v mnoha rostlinách, ale téměř nikdy v tak vysokých koncentracích, jako je tomu právě v kořenech jakonu. FOS jsou chemicky složeny z jedné molekuly glukózy spojené se dvěma až deseti molekulami fruktózy. Vazby, které spojují molekuly fruktózy, jsou schopné odolávat hydrolýze enzymů v počáteční fázi lidského zažívacího systému, a proto jsou schopné projít tenkým střevem, aniž by byly rozštěpeny a stráveny (Manrique et al., 2005). Právě díky tomu, že FOS jsou přepravovány až do tlustého střeva, byly nedávno klasifikovány jako prebiotika. V tlustém střevě dochází k jejich kvašení pomocí některých druhů střevní mikroflóry, zejména díky bakteriím *Bifidobacterium* a *Lactobacillus* (Valentová a Ulrychová, 2003).

FOS jakonu jsou tedy nízkého stupně polymerace a v tkáni jsou přítomny ve velkém množství. Obecně platí, že FOS mohou snížit hladinu glukózy v krvi (Pedreschi et al., 2003).

FOS obsažené v hlízách jakonu jsou  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) inulinového typu a zvláště oligomery (GF<sub>2</sub>-GF<sub>16</sub>) jsou známy svou schopností udržovat tlusté střevo v dobrém zdravotním stavu. Hlízy jakonu jsou sladké, což je způsobeno především fruktózou. Z oligosacharidů jsou zastoupeny především 1-kestosa a nystosa (Lachman et al., 2003a).

Kořenové hlízy dále obsahují bílkoviny, popeloviny, tuk, vlákninu, vitamíny a minerály (například vápník, fosfor, železo, retinol, karoten, thiamin, riboflavin, niacin nebo kyselinu askorbovou) (Grau a Rea, 1997).

Kořenové hlízy obsahují průměrně 193 mg/g sušiny fruktózy, 179 mg/g sušiny inulinu, 63,2 mg/g sušiny glukózy a 28,6 mg/g sušiny sacharózy. Obsah sacharidů a enzymů se mění v průběhu tvorby hlíz a také v době jejich skladování – v období tvorby hlíz se zvyšuje stupeň polymerizace oligofruktanů, při skladování naopak klesá a roste obsah volné fruktózy, glukózy a sacharózy (Fernández et al., 2010).

Na základě několikaletého pokusu na ČZU v Praze - Suchdole bylo zjištěno, že během skladování po dobu 140 dní se hydrolytickými procesy snížil obsah inulinu o 48,7% a obsah monosacharidů se zvýšil (fruktózy o 9,97 %, glukózy o 31,4 %). Obsah disacharidu sacharózy se zvýšil o 12,9 % (Lachman et al., 2004).

Nadzemní část rostliny obsahuje 38-41% sacharidů, 11-17% bílkovin a 2-7% tuků. Listy jakonu obsahují také flavonoidy a terpeny (Fernández et al., 2010).

Právě díky ochranným účinkům di- a seskviterpenů obsažených v listech, nemá jakon problémy se škůdci a chorobami (Lachman, 2003a). Tabulky 2 a 3 ukazují průměrné látkové složení hlíz, listů a stonků jakonu, zjištěných na základě výzkumu níže zmíněných vědců.

**Tabulka č. 2 a 3:** Chemické složení hlíz, listů a stonků jakonu (zdroj: A-Calvino, 1940; B-Bredemann, 1948; C- León, 1964; D-Nieto, 1991; F-Frček et al., 1995)

**Tabulka č. 2**

Látka	HLÍZY							
	čerstvé				suché			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Voda (%)	69,5	92,7	86,6	84,8	-	-	-	-
Popeloviny (%)	2,4	0,26	-	3,5	6,71	3,59	-	23,03
Bílkoviny (%)	2,22	0,44	0,3	3,7	7,31	6,02	2,24	24,34
Lipidy (%)	0,13	0,1	0,3	1,5	0,43	1,32	2,24	9,87
Vláknina (%)	1,75	0,28	0,5	3,4	5,73	3,88	3,73	22,37
Sacharidy (%)	19,67	-	-	-	67,53	-	-	-

Zdroj: Lachman et al., 2003a

**Tabulka č. 3**

Látka	LISTY			STONEK			LISTY A STONEK	
	A		F	A		F	B	
	čerstvé	suché	suché	čerstvé	suché	suché	čerstvé	suché
Voda (%)	83,2	-	-	86,7	-	-	92,0	-
Popeloviny (%)	2,68	15,98	12,52	1,35	10,23	9,6	1,03	14,49
Bílkoviny (%)	2,87	17,12	21,18	1,51	11,37	9,73	1,13	15,97
Lipidy (%)	1,24	7,4	4,2	6,3	2,26	1,98	0,22	3,04
Vláknina (%)	1,68	10,04	11,63	3,57	26,85	23,82	1,11	15,69
Sacharidy (%)	1,44	8,58	-	1,55	11,7	-	-	-

Zdroj: Lachman et al., 2003a

## 2.6. Ekologické podmínky a systém pěstování

V Andách se jakon sází tradičně v době od září do listopadu, na počátku období dešťů. Pokud je ovšem dostupné zavlažování a pokud víme, že nepřijdou mrazy, je možné sázet jakon kdykoliv během roku (Manrique et al., 2004). Je to rostlina s neutrální reakcí na délku dne, dokáže se dobře přizpůsobit sezónním výkyvům počasí a dobře snáší sucho a chlad (Grau a Rea, 1997; Valentová et al., 2001). Ovšem v polohách s vyšší zeměpisnou šířkou začíná jakon růst velmi pozdě, což může znamenat, že rostlina slabě odpovídá i na krátké dny (Grau a Rea, 1997).

Optimální teplota pro růst jakonu je 18-25 °C, je však schopný tolerovat teploty až do 40 °C a to bez velkých ztrát na výnosu, pokud je mu ovšem dodáváno dostatečné množství vody (Grau a Rea, 1997). Nízké noční teploty jsou dle autorů Grau a Rea (1997) nezbytnými pro optimální tvorbu hlíz. Farmáři v Argentině a Jižní Bolívii naznačují, že rostliny rostoucí ve výškách 1500-2000 m.n.n mají nejlepší produkci zásobních hlíz, zatímco teplejší nížinné lokality jsou lepší pro produkci stonkových hlíz, ale jejich výnos je zase o něco nižší.

Obecně platí, že optimální srážkový úhrn pro jakon je asi 800 mm (Manrique, 2004). Jakon je tolerantní k široké škále půd, ale dává přednost bohaté, středně hluboké až hluboké, lehké, dobře strukturované a dobře odvodněné půdě. Na těžkých půdách je růst pomalý. Jakon snáší široký rozsah pH - od kyselého po slabě alkalický (Grau a Rea, 1997).

Jakon se rozmnožuje především vegetativně. Generativní rozmnožování se díky vysoké sterilite semen téměř nepoužívá. Vegetativně se jakon množí různými technikami: prostřednictvím stonkových hlíz, pomocí stonkových řízků, celými stonky nebo prostřednictvím techniky in vitro (Fernández, 2005). Nejčastější vegetativní způsob rozmnožování jakonu je pomocí stonkových hlíz - rhizomů (Grau a Rea, 1997). Stonkové hlízy, místně známé jako "cepas", mají na povrchu mnoho oček nebo bodů růstu. Zralá stonková hlíza může být rozdělena na deset až dvacet částí, které jsou následně tradičně používány jako osivo a každý z nich má 3-5 rostoucích bodů (Seminario et al., 2003).

Jakon bývá pěstován jak v monokulturách a na rodinných zahradách, tak i v systému smíšených kultur, což je v oblasti And nejrozšířenější způsob pěstování jakonu. Nejčastěji se pěstuje společně s kukuřicí, obilovinami, bobem, zeleninou ovocnými druhy a dalšími rostlinami (Fernández, 2005).

Příprava pole se výrazně liší pro různé oblasti a je také různá v závislosti na objemu produkce. Vysazuje se ručně ve vzdálenosti 70-100 cm mezi řádky a 60-80 cm mezi rostlinami (Grau a Rea, 1997). Autoři Manrique et al. (2004) uvádějí rozteč mezi rostlinami 60-100 cm a mezi jednotlivými řádky uvádějí jako vhodnou vzdálenost 80-100 cm.

Doba vegetace se pohybuje mezi šesti až dvanácti měsíci v závislosti především

na nadmořské výšce (Manrique et al., 2004). V našich klimatických podmínkách má ovšem tato plodina mnohem kratší období růstu oproti oblasti jejího původu a to z toho důvodu, že rostlina je poměrně citlivá na zmrznutí (Frček, Loyková, 1996 cit. Valentová et al., 2001).

Počáteční růst rostlin je velmi rychlý, avšak odplevelování je v prvotní části růstu potřebné a provádí se ručně (Fernández, 2005). V prvních měsících růstu je také dobré rostlinu zavlažovat a vlhkost půdy pokud možno udržovat. (Zardini, 1991).

Jakon se sklízí v době, kdy se na vrcholcích stonků objeví květenství, nebo když přijdou první mrazíky (Valentová et al., 2001). Nejprve se posekají stonky rostliny a až poté se vyorávají kořenové a stonkové hlízy, které se pak od sebe navzájem opatrně oddělí (Seminario et al., 2003). Kořenové hlízy i hlízy stonkové je možné uchovávat v temperovaných skladech do května následujícího roku (Valentová et al., 2001).

Jak již bylo zmíněno, listy jakonu obsahují terpeny, které jsou ochranným prostředkem proti škůdcům a chorobám. Právě díky těmto terpenům je možné pěstovat jakon bez pesticidů, tudíž je vhodnou plodinou pro pěstování v ekologickém zemědělství a je možné ho pěstovat jako biopotravinu (Fernández et al., 2007b).

## 2.7. Polyploidie

Polyploidie je u rostlin (na rozdíl od živočichů) velmi častým jevem. Je to více než dvojnásobné zvýšení základního, to znamená haploidního ( $n$ ) počtu chromozomů v jádře buněk. Polyploidii je možné dělit podle různých hledisek, například podle počtu haploidních sad (Graman a Čurn, 1998). Pokud jsou přítomny tři sady, mluvíme o triploidii, při čtyřech o tetraploidii, při šesti o hexaploidii atd. (Jan Suda, 2009).

Podle Brochmanna et al. (2004) je rozšíření a zastoupení polyploidních rostlin převážně výsledkem působení dramatických klimatických změn v průběhu čtvrtohor a zejména pak poslední doby ledové.

Polyploidie vždy hrála a stále hraje klíčovou roli v evoluci rostlin. Podle Skalické (2005) nejméně 80% druhů všech současných krytosemenných rostlin prošlo v minulosti alespoň jedenkrát procesem polyploidizace. U kapradin se předpokládá, že polyploidních druhů může být až 95%. Naopak u jehličnanů je výskyt polyploidie velice vzácný (Grant, 1981 cit. Kubešová, 2004). Toto zmíněné procentuální zastoupení polyploidů u rostlin by se však mělo brát s rezervou, protože různí autoři hovoří o jiných údajích a výskyt polyploidizace je stále velmi diskutovaným tématem.

Mezi polyploidní druhy patří rovněž mnoho hospodářsky významných rostlin. Jako příklad můžeme uvést třeba vojtěšku, bavlník, tabák, banánovník nebo obiloviny (Skalická,

2005). Na 83,7 % z celkové rozlohy orné půdy se pěstují polyploidní plodiny a většina lidské civilizace je na polyploidní stravě závislá (Jan Suda, 2009).

Důsledky polyploidie jsou rozmanité:

Podle Burešové (2012) „obecně platí, že polyploidi mají vyšší stupeň heterozygotnosti, větší rozmanitost alel a jsou méně náchylní na snižování genetické diverzity v důsledku příbuzenského křížení.”

Polyploidizace podmiňuje zvětšování buněk a následně i změnu povrchu a objemu, s čímž souvisí i změny v intenzitě metabolických procesů. Polyploidní jedinci proto zpravidla bývají celkově robustnější než diploidi (Jan Suda, 2009), zvětšení však není proporcionální stupni polyploidie (Graman a Čurn, 1998).

Polyploidní druhy mívají sníženou tvorbu semen a plodů (výnosy jsou pak nižší) a obvykle tvoří méně pylu, bývají méně fertlní. Dochází však ke změnám počtu listových průduchů a chloroplastů, mívají větší květy, pylová zrna i plody. Jejich trichomy jsou větší a silnější, listy bývají také větší a zkadeřené apod.(Graman a Čurn, 1998).

Obvykle jsou konkurenčně zdatnější, odolnější vůči různým ekologickým podmínkám a patogenům (Jan Suda, 2009). Je prokázáno, že duplikované genomy mohou zpomalovat rychlost růstu a ontogenetický vývoj polyploidu, což následně zapříčiňuje například pozdější a delší dobou kvetení (Burešová 2012).

### 2.7.1. Polyploidie jakonu

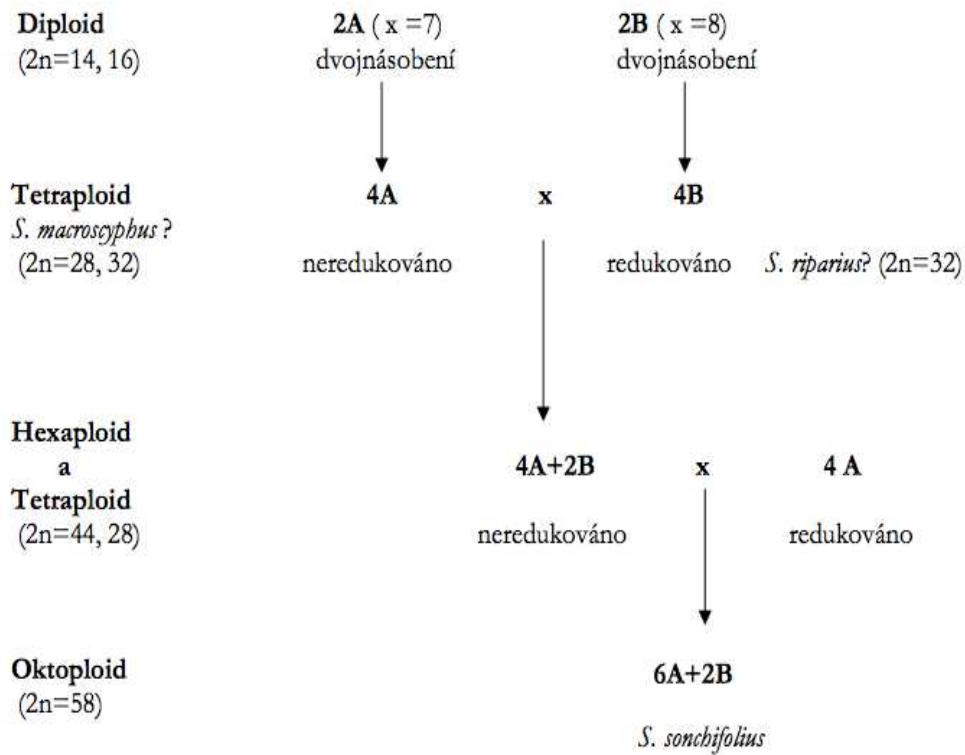
Počet chromozomů v somatických buňkách jakonu je různorodý v závislosti na jednotlivých krajových kultivarech. V rostlinném materiálu, který vyrostl v La Molina University (Peru), bylo zjištěno chromozomové číslo  $2n=32$  (Leon, 1964 cit. Grau a Rea, 1997) a v kultivaru pocházejícího z Ekvádoru byl zjištěn počet chromozomů  $2n=60$  (Nieto, 1991). Nicméně z podrobnější studie na 15 klonech z Ekvádoru, Peru, Bolívie a Argentiny vyplynulo, že všechny krajové kultivary měly počet chromozomů 58 ( $2n$ ) a 87 ( $2n$ ) (Salgado Moreno (1996) cit. Grau a Rea, 1997).

Vědci Talledo a Escobar (1996) ve svém zkoumání na rostlinném materiálu z Peru zaznamenali opět číslo  $2n = 60$  a popsali jakon jako tetraploidní (Grau a Rea, 1997). Jiné studie (například autorů Ishiki et al., 1997) určují jakon jako allopolyploidní (Fernández, 2005).

Rostliny pěstované v České republice byly získány z Nového Zélandu, Německa, Ekvádoru, Bolívie, Peru, Belgie a jejich chromozomové číslo je  $2n = 58$ ,  $2n=87$  a  $2n=116$  (Fernández et al., 2008; Viehmannová et al., 2009; Viehmannová, 2009).

Předpokládá se, že jakon vznikl při křížení *S. macroscyphus* nebo podobného příbuzného

planě rostoucího druhu ( $2n=28$ ,  $A=7$ ) a *S. riparius* ( $2n=32$ ,  $B=8$ ). Tento hybridní původ jakonu by mohl vysvětlovat jeho oktoploidní ( $2n=6A+2B=58$ ) a dodekaploidní výskyt ( $2n=9A+3B=87$ ) (Fernández, 2005). Obrázek č. 2 ukazuje hypotetické křížení během evoluce jakonu.



**Obrázek č 2:** Hypotetická evoluce jakonu (Ishiki et al., 1997 cit. Fernández, 2005)

## 2.8. Abiotické faktory

Abiotickými faktory se nazývají faktory, které souvisí s neživými složkami prostředí. Tyto faktory mohou být uspořádány do kategorií meteorologie, půdy, znečištění ovzduší, mikrotopografických prvků, dostupnosti vody a kvality vody.

Z hlediska meteorologických faktorů bývají za primární abiotické faktory považovány teplota, srážky, rychlost větru, sluneční záření, barometrický tlak a vlhkost. Je třeba také nezapomínat na důležitost přechodů a interakcí mezi jednotlivými proměnnými a na jejich časovou proměnlivost (Hogan, 2010).

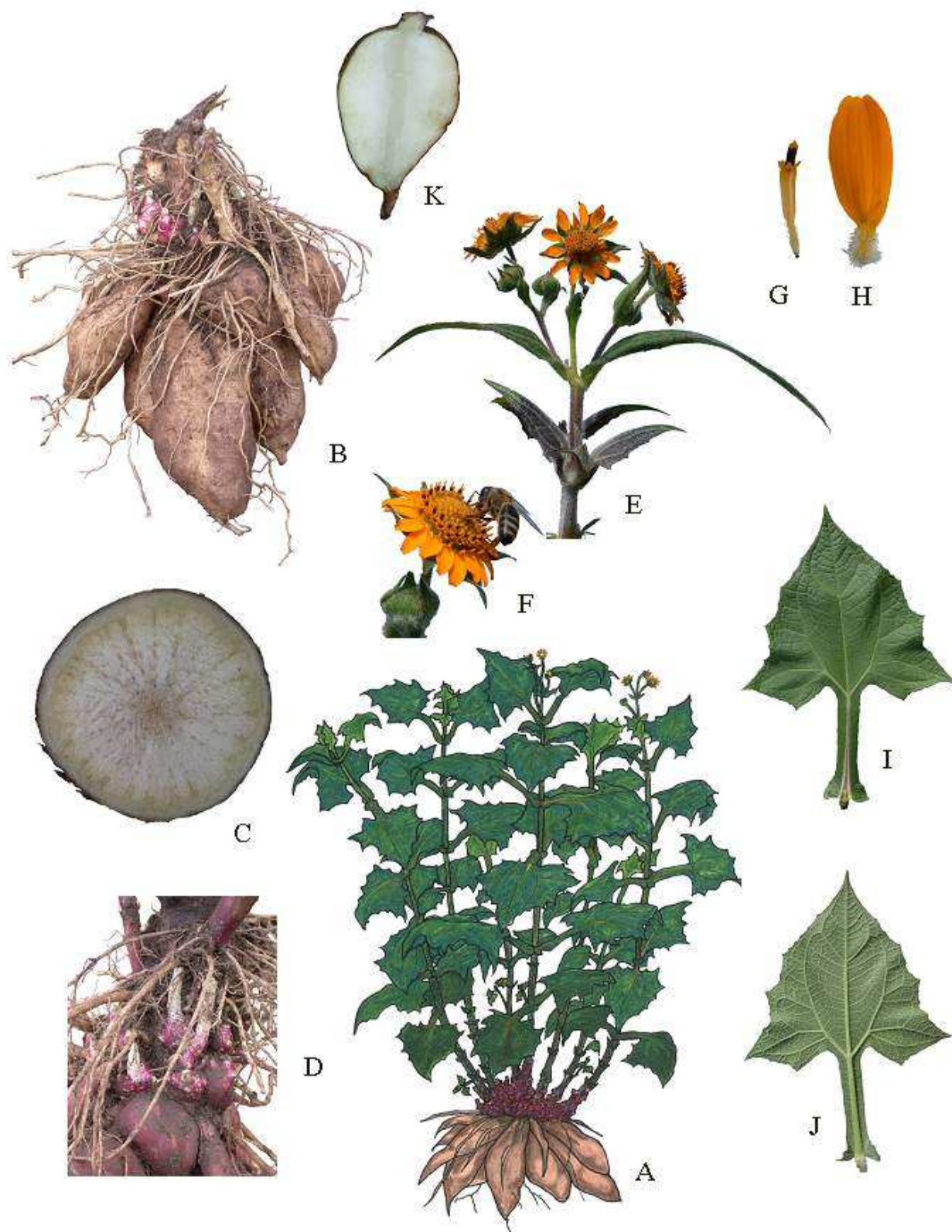
Pro rostliny je jedním z nejdůležitějších meteorologických abiotických faktorů délka denního osvětlení – fotoperioda. Na základě fotoperiody rostliny rozdělujeme do tří skupin (Anonym, 2012b):

krátkodenní rostliny - potřebují krátké denní osvětlení a na přechod do kvetení potřebují dlouhý čas tmy. Jsou hodně zastoupené v tropech a subtropích (bavlník, tabák, konopí, kukuřice, jiřiny);  
dlouhodenní rostliny – potřebují na přechod do květu dlouhé denní osvětlení a krátký čas tmy. Vyskytují se obvykle v mírném pásmu, kde je délka osvětlení vyšší jak 12 hodin (například obilniny, brambory);

rostliny neutrální k délce dne - na délku dne nejsou citlivé (například pelargonie). Při vhodných podmínkách mohou kvést po celý rok. (Anonym, 2012a; Anonym, 2012b)

Dalším abiotickým faktorem, který představuje nezbytnou podmínku pro růst a vývoj rostlin je voda. Voda je rozpouštědlem všech látek včetně rostlinných živin a získává se z ní vodík, který je třeba pro redukční děje fotosyntézy. Voda je zdrojem vznikajícího volného kyslíku, který ovlivňuje dýchání. Zajišťuje transport látek v rostlině a má i termoregulační význam – vyrovnává rozdílné teploty mezi rostlinou a vnějším prostředím.

Teplota půdy a vzduchu je pro růst a vývoj také nezbytnou součástí. Teplota je důležitým faktorem pro klíčení rostlin i pro další životní projevy rostlin (dýchání, transpirace, fotosyntéza, příjem vody a živin (Anonym, 2011).



**Obrázek č. 3:** Morfologie a anatomie jakonu (Fernández, 2005)

A - rostlina jakonu; B – kořenové hlízy, C – příčný řez kořenovou hlízou, D – stonkové hlízy, E – vrcholičnaté květenství, F - květenství – úbor, G – tyčinka, H – pestík, I – svrchní část listu, J – spodní část listu



### 3. CÍL PRÁCE

Hlavním cílem předložené bakalářské práce je statistické zpracování vlivu abiotických faktorů (konkrétně teploty a množství srážek) a délky vegetační doby na výnosy kořenových hlíz u 27 krajových kultivarů jakonu pěstovaných v klimatických podmínkách České republiky v letech 2007-2012.

Doplňujícím cílem bakalářské práce je statistické zjištění závislosti výnosu mezi stonkovými a kořenovými hlízami jakonu v letech 2007-2012.

Při stanovení cílů bakalářské práce se vycházelo z následujících hypotéz:

- I. Abiotické faktory (teplota a srážky) mají zásadní vliv na výnos kořenových hlíz jakonu.
- II. Abiotické faktory (teplota a srážky) nemají zásadní vliv na výnos kořenových hlíz jakonu.
- III. Délka vegetační doby má vliv na výnos kořenových hlíz jakonu.
- IV. Délka vegetační doby nemá vliv na výnos kořenových hlíz jakonu.

## 4. METODIKA PRÁCE

### 4.1. Rostlinný materiál

Primárním centrem původu všech krajových kultivarů jsou Andy, avšak Fakulta tropického zemědělství České zemědělské univerzity (FTZ ČZU) disponuje genetickým materiálem získaného z různých geografických oblastí, do kterých byl jakon z andské oblasti již dříve introdukován. Krajové kultivary jakonu byly na ČZU přivezeny poprvé v roce 1993 a sbírka jakonu je neustále rozšiřována. Jen v období 2007-2012 byla kolekce jakonu obohacena o několik nových krajových kultivarů. FTZ ČZU se v současné době může chlubit udržováním 29 krajových kultivarů jakonu, což je největší sbírka mimo andský region.

#### Přehled jednotlivých krajových kultivarů jakonu udržovaných na FTZ ČZU

Krajové kultivary jakonu udržovaných na pokusných pozemcích FTZ ČZU jsou označovány podle země, odkud byly introdukovány. Kultivary značené PER byly tedy na ČZU přivezeny z Peru, BOL z Bolívie, ECU z Ekvádoru, NZL z Nového Zélandu, GER z Německa, CZE z České republiky a BEL z Belgie.

FTZ ČZU ve své sbírce nejdéle udržuje kultivary značené 'NZL 51' a 'NZL 52', které byly zakoupeny v hlavním městě Nového Zélandu - Aucklandu a do České republiky byly introdukovány již v roce 1993. Od následujícího roku je v ČR pěstován i krajový kultivar označován jako 'GER30', který byl ve formě mladých rostlin přivezen z německé botanické zahrady Stückerborstelu a od roku 1994 je zde také pěstován i kultivar značený 'ECU40', jehož genetický materiál byl do ČR introdukován z Ekvádoru. Od roku 1995 je v ČR pěstován i kultivar známý pod označením 'BOL20', jejíž stonkové hlízy byly odebrány přímo z přirozeného stanoviště v oblasti San Pedro.

V roce 2005 byly od peruánské organizace CICA (Centro Internacional de Cultivos Andinos) získány kultivary značené jako 'PER01', 'PER02', 'PER03', 'PER04', 'PER05', 'PER06', 'PER07', 'PER08', 'PER09', 'PER10', 'PER11', 'PER12', 'PER13' a 'PER14'.

Roku 2007 byly do ČR přivezeny z Bolívie 4 krajové kultivary jakonu. Introdukce proběhla v rámci spolupráce s bolívijskou Národní univerzitou v Siglo XX (Universidad Nacional Siglo XX). Kultivar jakonu pocházející z oblasti Yanayo Grande má označení 'BOL21', kultivar z Tuquizy 'BOL22' a dva krajové kultivary z Locotalu jsou značené 'BOL23' a 'BOL24'.

V roce 2008 byl do České republiky v rámci spolupráce s UNSAAC (Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco) dovezen krajový kultivar pocházející z oblasti Cuzca, který je označován jako 'PER15'.

Na konci roku 2008 byl v rámci spolupráce s VŠCHT získán krajový kultivar, jehož původ

je z peruánské Cajamarcy a který se označuje jako 'PER16', ovšem na pokusných pozemcích FTZ ČZU není pěstován, a proto není součástí statistických analýz.

Klony mající označení 'NZL 53' a 'NZL 54' byly uměle získány z krajového kultivaru 'NZL1' prostřednictvím indukované mitotické polyploidizace (Viehmánová, 2009). Kultivar 'NZL 54' však není kvůli nedostatku naměřených hodnot do následujícího statistického zpracování zařazen. Od roku 2008 je na FTS ČZU taktéž vysazován kultivar jakonu 'CZE', který má primární původ v Ekvádoru a od roku 2011 je pěstován i kultivar 'BEL70', jenž k nám byl introdukován z Belgie, a jehož primární původ je dosud neznámý, bývá však určován jako peruánský nebo ekvádorský.

Rostliny pěstované na FTZ ČZU jsou polyploidní s počty chromozomů  $2n=58$  (oktoploidi),  $2n=87$  (dodekaploidi) a  $2n=116$  (hexadekaploidi) a nebo u nich chromozomové číslo dosud nebylo zjištěno (viz tab. 4).

**Tabulka č. 4:** Chromozomové číslo jednotlivých krajových kultivarů pěstovaných na pokusných pozemcích FTZ ČZU. (U kultivarů 'PER15', 'PER16', 'CZE60' a 'BEL70' nebylo chromozomové číslo dosud zjištěno).

Počet chromozomů jednotlivých krajových kultivarů				
2n = 58		2n=87	2n=116	nezjištěno
PER01	BOL20	PER05	NZL 53	PER 15
PER02	BOL21	PER11	NZL 54	PER 16
PER03	BOL22	PER12		CZE 60
PER04	BOL23	PER13		BEL 70
PER06	BOL24	PER14		
PER07	ECU40			
PER08	NZL 51			
PER09	NZL 52			
PER10	GER30			

Zdroj: Fernández et al., 2008; Viehmánová et al., 2009; Viehmánová, 2009

#### 4.2. Systém pěstování jakonu na pokusných pozemcích FTZ ČZU v letech 2007 – 2012

Pokusné pozemky Fakulty tropického zemědělství České zemědělské univerzity v Praze se nalézají v nadmořské výšce 286 metrů na zeměpisných souřadnicích 50°04' severní šířky a 14°26' východní délky.

Jakony jsou na pozemky FTZ ČZU vysazovány nejpoužívanější metodou množení – tzn. ve formě stonkových hlíz. Půda se připraví již na podzim, kdy se provede hluboká orba. Sedm

měsíců před výsadbou je provedeno organické hnojení půdy. Hnojí se kompostem o hmotnosti 30 t/ha

Na jaře se pak jakon vysazuje přibližně 15 cm hluboko (myšleno od spodní části stonkové hlízy) do připravených hrůbků a to ve sponu 70x70 cm ( tzn. hustota rostlin činí 20 408 kusů na hektar), aby byl mezi jednotlivými rostlinami zabezpečen optimální prostor.

Vysazování probíhá v době, kdy již rostlinám nehrozí, že teplota vzduchu klesne pod bod mrazu, a proto bývá jakon obvykle vysazován na konci dubna, nebo na začátku května (viz datum výsadeb v tab. 5).

Ošetření během vegetace se provádí plečkováním a to ve dvou fázích. K prvnímu plečkování obvykle dochází po měsíci od výsadby, k druhému po dalším měsíci, při čemž se odstraní plevel z okolí rostliny a dojde k nahrnutí hrůbků. Od doby, co se rostlina pěstuje v ČR, nebyla zaznamenána žádná choroba ani škůdce, který byl jakon napadal.

Během vegetace nedochází na pokusných pozemcích FTZ ČZU k významnému zavlažování, pouze v období výsadby bývá růst jakonu podpořen mírnou závlahou, aby se napomohlo snadnějšímu počátečnímu růstu.

Délka vegetační doby v ČR je závislá na teplotě. Podobně jako při výsadbě je i pro sklizeň limitujícím faktorem pokles teploty pod bod mrazu. Je tedy třeba rostliny sklízet co nejpozději, ale ještě v době před příchodem podzimních mrazíků, což bývá přibližně v polovině října. Jakon se sklízí v tomto období i přes to, že rostliny nedokončí celý vegetační cyklus. Pokud by se hlízy včas nesklidily, došlo by vlivem počínajících mrazů k jejich rozpraskání a znehodnocení. Ještě před sklizní se odstraňuje nadzemní část rostlin, čímž dojde k následnému usnadnění manipulace s podzemními částmi rostliny.

V roce 2012 proběhla výsadba jakonu 10. května a průběh růstu rostlin byl obdobný předchozím letům (viz tabulka č. 5). Sklizeň byla stanovena na 11. října, takže délka vegetační doby byla ve srovnání s předchozími lety podprůměrná.

**Tabulka č. 5:** Vegetační doba jakonu v letech 2007-2012

Rok	Datum výsadby	Datum sklizně	Vegetační doba (dny)
2007	28. duben	15. říjen	170
2008	24. duben	8. říjen	167
2009	4. květen	12. říjen	161
2010	18. květen	15. říjen	150
2011	10. květen	15. říjen	158
2012	10. květen	11. říjen	154
Průměr			160

### 4.3. Klimatické podmínky

Průměrná denní teplota v průběhu vegetace jakonu v letech 2007-2012 činila 15,86°C a úhrn srážek byl 316,23 mm. Dlouhodobý normál teploty vzduchu naměřený pro Prahu v měsících květen - říjen v letech 1961-1990 byl 14,37°C a dlouhodobý srážkový normál pro totéž období a lokalitu činil 372 mm. (ČHMÚ, 2013). Je tedy možné říci, že období 2007-2012 bylo oproti dlouhodobému normálu teplejší a sušší. Doba vegetace činila v letech 2007-2012 v průměru 160 dní.

Podrobná klimatická data pro jednotlivé roky a vegetační doba jakonu jsou uvedeny v tabulkách 6-11. Klimatické údaje byly naměřené na stanici umístěné v Praze-Suchdole v areálu kampusu České zemědělské university. Nadmořská výška, ve které se meteorologická stanice nachází, činí přibližně 280 m, zeměpisná délka je 14°22', šířka 50°08'. Průměrná roční teplota vzduchu se zde pohybuje kolem 9°C a průměrný roční úhrn srážek kolem 500 mm.

**Tabulka č. 6:** Klimatické údaje za rok 2007 (Meteorologická stanice ČZU v Praze, 2013)

Měsíc	Duben (28.4.)	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen (15.10.)	
Vegetační doba (dny)	2	31	30	31	31	30	15	Celkem 170
Průměrná denní teplota (°C)	11,25	15,95	19,3	19,41	18,71	12,82	10,36	Průměr 15.4
Celkový úhrn srážek (mm)	0	49,3	84,5	76,3	76,6	74,2	5,5	Celkem 366.4

**Tabulka č. 7:** Klimatické údaje za rok 2008 (Meteorologická stanice ČZU v Praze)

Měsíc	Duben (24.4.)	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen (8.10.)	
Vegetační doba (dny)	6	31	30	31	31	30	8	Celkem 167
Průměrná denní teplota (°C)	11,62	14,78	18,52	19,16	19,08	13,38	10,94	Průměr 15.35
Celkový úhrn srážek (mm)	14,4	56,6	44,7	80,9	62,6	18,2	3,7	Celkem 281.1

**Tabulka č. 8:** Klimatické údaje za rok 2009 (Meteorologická stanice ČZU v Praze)

Měsíc	Duben	Květen (4.5.)	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen (12.10.)	
Vegetační doba (dny)	-	27	30	31	31	30	12	Celkem 161
Průměrná denní teplota (°C)	-	14,86	15,64	19,09	20,29	16,34	12,48	Průměr 16.45
Celkový úhrn srážek (mm)	-	103	95,9	76,6	20,5	16,2	17,9	Celkem 330.1

**Tabulka č. 9:** Klimatické údaje za rok 2010 (Meteorologická stanice ČZU v Praze)

Měsíc	Duben	Květen (18.5.)	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen (15.10.)	
Vegetační doba (dny)	-	13	30	31	31	30	15	Celkem 150
Průměrná denní teplota (°C)	-	13,08	17,65	21,4	18,2	11,7	9	Průměr 15.17
Celkový úhrn srážek (mm)	-	10,7	74,5	90	128,7	35,1	1,7	Celkem 340.7

**Tabulka č. 10:** Klimatické údaje za rok 2011 (Meteorologická stanice ČZU v Praze)

Měsíc	Duben	Květen (10.5.)	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen (15.10.)	
Vegetační doba (dny)	-	21	30	31	31	30	15	Celkem 158
Průměrná denní teplota (°C)	-	16,86	18,2	17,8	19,1	15,98	10,29	Průměr 16.37
Celkový úhrn srážek (mm)	-	18,5	60	120,3	70	25,5	23,6	Celkem 317.9

**Tabulka č. 11:** Klimatické údaje za rok 2012 (Meteorologická stanice ČZU v Praze)

Měsíc	Duben	Květen (10.5.)	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen (11.10.)	
Vegetační doba (dny)	-	21	30	31	31	30	11	Celkem 154
Průměrná denní teplota (°C)	-	15,65	18,09	19,41	19,98	14,63	10,74	Průměr 16.42
Celkový úhrn srážek (mm)	-	15,2	46,8	79,9	55,9	46,1	17,3	Celkem 261.2

#### 4.4. Hlavní parametry

Hlavními zjišťovanými parametry byly:

- I. průměrná hmotnost kořenových hlíz,
- II. průměrný počet kořenových hlíz,
- III. průměrná hmotnost stonkových hlíz.

## 4.5. Statistické zpracování získaných dat

### A) metoda regresní analýzy

Na základě metody regresní analýzy byla zpracována data z let 2007-2012 o výnosu kořenových hlíz jakonu v závislosti na abiotických faktorech, konkrétně na průměrné denní teplotě vzduchu a na celkovém úhrnu srážek během vegetace jakonu. Dále byla metodou regresní analýzy zkoumána velikost vlivu výnosu kořenových hlíz na délce vegetační doby jakonu.

Byla použita metoda regresní analýzy na základě lineárního regresního modelu. S pomocí metody nejmenších čtverců byla odhadnuta regresní křivka:

$$b_0 = \frac{\sum y_i \sum x_i - \sum x_i y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Poté byl určen koeficient determinace  $R^2$  (tzv. R-squared), který nabývá hodnot v rozsahu od nuly do jedničky a který udává, jak těsná je závislost mezi proměnnými  $x$  a  $y$ . Čím je  $R^2$  blíže jedničce, o tím přesnější aproximaci se jedná. Pokud je R-squared blízko nule, neexistuje mezi veličinami těsná závislost. Po vynásobení  $R^2$  stovkou jej můžeme považovat za procento z celkové variability hodnot vysvětlované proměnné.

Za závislou proměnnou osy  $y$  zde byl stanoven výnos kořenových hlíz, nezávislou proměnnou jsou zde abiotické faktory a délka vegetační doby, které zaujímají osu  $x$ . Všechna data byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel.

### B) Analýza rozptylu (ANOVA)

Vzájemná závislost mezi hmotnostmi kořenových a stonkových hlíz byla zkoumána na základě statistické metody analýzy rozptylu (někdy také označována zkratkou z anglického „ANalysis Of VAriance“ jako ANOVA). Tato metoda byla použita z toho důvodu, že na rozdíl od závislosti abiotických faktorů na výnosu hlíz, kde je závislost jednostranná, jde v tomto případě o závislost vzájemnou.

Bylo vybráno 152 údajů o výnosu kořenových hlíz a rovněž i 152 údajů o výnosu stonkových hlíz jakonu, což jsou průměry hlíz všech krajových kultivarů vypěstovaných v letech 2007-2012. Data byla zpracována jednofaktorovou ANOVOU, která provádí jednoduchou analýzu rozptylu dat z jednoho nebo více výběrů. Analýza testuje hypotézu, která předpokládá, že jednotlivé výběry pocházejí ze stejného základního rozdělení pravděpodobnosti, v porovnání s alternativní hypotézou, která předpokládá, že základní rozdělení pravděpodobnosti není u všech výběrů stejné. Hladina významnosti byla stanovena na  $\alpha=0,05$ . Údaje byly rovněž zpracovány pomocí programu Microsoft Excel.

## 5. VÝSLEDKY A DISKUZE

### Výnos:

Díky faktu, že je jakon rostlinou schopnou se dobře přizpůsobovat různým klimatickým podmínkám, bylo dosaženo velkého výnosu hlíz i v podmínkách České republiky.

**Průměrný výnos kořenových hlíz** jakonu pěstovaného v klimatických podmínkách České republiky v období od roku 2007 do roku 2012 disponuje poměrně velkými rozdíly ve výnosu mezi jednotlivými krajovými kultivary (viz tabulky č. 12a – 12c). Průměrný výnos všech uváděných kultivarů činil 1,37 kg/rostlinu, ale rostliny s nejvyšším a nejnižším výnosem se od tohoto celkového průměru značně odchyľují. Nejvyšší průměrný výnos za zkoumané období 2007-2012 (2,46 kg na jednu rostlinu) měl kultivar PER03. Pouze dva další kultivary dosáhly průměrného výnosu kořenových hlíz nad 2 kilogramy na rostlinu a tím byly kultivary ECU40 (2,11 kg/rostlinu) a NZL52 (2,03 kg/rostlinu). Naopak nejnižší výnos kořenových hlíz měl kultivar NZL53, který dosáhl průměrného výnosu pouhých 0,17 kg/rostlinu.

Po přepočtení výsledků na tuny na hektar bylo zjištěno, že průměrný výnos všech uváděných kultivarů činil 30,7 t/ha, kultivar s nejvyšším výnosem, PER03, měl výnos 55,22 t/ha, avšak kultivar s nejnižším výnosem, NZL53, dosáhl výnosu pouhých 3,84 t/ha (viz tabulka č. 13).

Průměrná výnosnost všech kořenových hlíz jakonu se v období od roku 2007 do roku 2012 pohybovala v rozmezí od 1,49 do 1,25 kg/rostlinu (viz tabulka č. 14). Nejvyšší výnos kořenových hlíz byl získán v roce 2007 – dosahoval hmotnosti již zmíněných 1,49 kg/rostlinu, následován rokem 2008, kdy výnos kořenových hlíz jakonu činil 1,47 kg/rostlinu. Naopak nejnižší výnos kořenových hlíz byl zaznamenán v roce 2012, kdy byl roven 1,25 kg/rostlinu.

Tyto údaje je možné srovnat s výnosy kořenových hlíz jakonu pěstovaného v Andách, které se obvykle pohybují od 20-40 t/ha (Manrique et al., 2004). V klimatických podmínkách mimo oblast And byl zaznamenán výnos kořenových hlíz již v roce 1940 v Italském San Remu, kdy byl zjištěn výnos 38 t/ha (Calvino, 1940). Tjukavin (2001) na základě svých experimentů udává, že výnos kořenových hlíz se v Rusku pohybuje mezi 57 a 86 t/ha a Fernández (2003) udává výnosnost jakonů vzešlých v Praze pohybující se mezi 8 a 49 t/ha. Podle Nieta (1991) by mohl potencionální výnos dosahovat až 70 t/ha, což ale silně závisí na kultivaru.

Při porovnávání svých výsledků s jinými autory bylo zjištěno, že je možné dosáhnout velkého výnosu kořenových hlíz i mimo území And, a to konkrétně i v klimatických podmínkách České republiky.



**Průměrný počet kořenových hlíz** na rostlinu byl v ČR také velmi různorodý (viz tabulky 15a – 15c). Nejvíce hlíz měl kultivar PER03, jehož průměrný počet hlíz v letech 2007-2012 činil 43,2 kusů hlíz na rostlinu. S tímto počtem hlíz je PER03 o mnoho produktivnější než kultivar ECU40, který se se svým průměrným počtem 35,5 kořenových hlíz na rostlinu řadí na druhé místo co se počtu hlíz na rostlinu týče.

Průměr počtu hlíz všech kultivarů v letech 2007-2012 činil 22,98 kusů. Nejnižší počet hlíz vyprodukoval krajový kultivar NZL53 (4,2 hlízy/rostlinu), který se spolu s BOL23 (9,6 hlízy/rostlinu) řadí mezi jediné dva kultivary s průměrným počtem hlíz pod 10 kusů na rostlinu.

Bylo zjištěno, že kultivary mající větší počet kořenových hlíz, mají obvykle i vyšší výnos, není tomu tak ale vždycky.

**Průměrný výnos stonkových hlíz** byl v období již zmíněných šesti let nejvyšší u kultivaru PER07, jehož stonkové hlízy dosahují při pěstování na pozemcích FTZ ČZU průměrné hmotnosti 2,21 kg/rostlinu, a dále pak u kultivaru PER03, který dosáhl průměrné hmotnosti hlíz 1,90 kg/rostlinu (viz tabulky 16a – 16c).

V porovnání s ostatními kultivary byl zjištěn nízký výnos stonkových hlíz u kultivaru PER15, který dosahuje průměrného výnosu 0,44 kg/rostlinu. Druhý nejnižší výnos byl zaznamenán u kultivaru BOL23, který činil 0,61 kg/rostlinu. Průměrný výnos stonkových hlíz všech uváděných kultivarů činil 1,25 kg/rostlinu. V tabulkách je možné vidět, že podobně jako u kořenových hlíz, tak i u hlíz stonkových se mnoho kultivarů od celkového průměru výnosu poměrně hodně odchyluje.

Po převedení těchto údajů o výnosu stonkových hlíz na tuny na hektar, průměrný výnos všech uváděných kultivarů činil 28,1 t/ha, kultivar s nejvyšším výnosem, PER07, dosáhl 49,53 t/ha, zato kultivar s nejnižším výnosem, PER15, dosáhl výnosu pouhých 9,92 t/ha (viz tabulka č. 17).

Stonkové hlízy dosáhly nejvyššího výnosu rovněž v roce 2007 (1,51 kg/rostlinu), kdy jejich výnos dokonce přesáhl hmotnost hlíz kořenových, k čemuž došlo i v roce 2012. Nejnižší výnos stonkových hlíz byl zjištěn v roce 2011, kdy činil pouhých 1,13 kg/rostlinu.

## **Závislost mezi výnosem kořenových a stonkových hlíz**

Pro zkoumání závislosti mezi výnosem kořenových a stonkových hlíz byla použita metoda analýzy rozptylu (viz tab. 18). Jak již bylo zmíněno, hladina významnosti byla stanovena na  $\alpha=0,05$ .

Byly zjištěny hodnoty  $F_{1,302}=2,978$ ,  $p=0,085$ . Jelikož vyšla hladina významnosti  $\alpha$  vyšší jak hodnota  $p$ , nevyšla nám signifikantnost tzn. mezi výnosem kořenových a stonkových hlíz nebyla zjištěna výrazná vzájemná závislost.

## **Délka vegetace:**

Rea (1992, cit. Hernández, 2003) uvádí, že doba vegetace jakonu se v nížinných oblastech pohybuje kolem sedmi měsíců, ve velmi vysokých oblastech však trvá přibližně rok. Meza (1995, cit. Grau a Rea, 1997) tvrdí, že vegetační doba se pohybuje mezi 210–270 dny.

V podmínkách ČR (v Praze) činila průměrná vegetační doba jakonu v období 2007-2012 160 dnů (jak již bylo zmíněno v tabulce č. 5). Nejdélší doba růstu jakonu byla v roce 2007, kdy trvala 170 dnů, nejkratší byla naopak v roce 2010, kdy byly jakony poměrně pozdě vysazeny a délka vegetační doby dosahovala pouhých 150 dnů. Délka vegetace je ovlivněna oblastí, ve které je jakon pěstován. V České republice je doba růstu limitována posledními jarními (květnovými) a prvními podzimními (říjnovými) mrazy. V grafu č. 1 je zobrazena závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na délce vegetační doby. Bylo zjištěno, že vyšla silná lineární závislost výnosu na vegetační době - hmotnost hlíz je závislá na délce vegetační doby z 87%. Z grafu č.1 je patrné, že čím delší je vegetační doba jakonu, tím vyšší je i výnos.

## **Srážky:**

V grafu č. 2 je zobrazena závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na celkovém úhrnu srážek. Na základě údajů naměřených v letech 2007 až 2012 bylo zjištěno, že úhrn srážek nemá významný vliv na tvorbu výnosu kořenových hlíz.

I přes to, že regresní analýzou byla zjištěna jen nepatrná (šestnáctiprocentní) závislost výnosnosti jakonu na úhrnu srážek, dosáhl jakon nejvyššího výnosu právě v roce 2007, kdy byl naměřen i nejvyšší srážkový úhrn (366,4 mm). V roce 2012, kdy byl výnos nejnižší, spadlo i nejméně srážek (261,2 mm).

I když v tomto výzkumu nebyla zjištěna významná závislost kořenových hlíz na srážkách, jiní autoři závislost na srážkách ve svých studiích zmiňují. Podle autorů Grau a Rea (1997) je zavlažování nezbytné v nejsušších oblastech And. V oblastech Bolívie, kde se jakon pěstuje, je srážkový úhrn 300-600 mm. 800 mm je považováno za optimum.

V oblastech Cusca (Peru), ve kterých se jakon pěstuje (údolí Marcapaty, Lares a Convención), se srážky ve vegetačním období pohybují od 800 do 1200 mm a výnos se pohybuje mezi 25-111 t/ha (Meza, 2001).

### **Teplota:**

Podle autorů Grau a Rea (1997) se ideální teplota pro růst jakonu pohybuje mezi 18 a 25 °C, přičemž důležitou úlohu při vzniku hlízy mohou hrát nízké noční teploty.

Průměrná teplota během vegetace v letech 2007-2012 činila v podmínkách České republiky (v Praze) 15,86 °C, nejvyšší byla naměřena v roce 2009 (16,45 °C), nejnižší v roce 2010 (15,17 °C). V nejproduktivnějším roce (2007) byla naměřena průměrná teplota 15,4 °C.

V grafu č. 3 je zobrazena závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na průměrné teplotě vzduchu. Na základě výsledků regresní analýzy bylo zjištěno, že podobně jako u srážek, nemá teplota vzduchu na tvorbu výnosu kořenových hlíz téměř žádný vliv a výnos kořenových hlíz jakonu je tedy ovlivňován zejména délkou vegetační doby.

Dosažené výsledky ukazují, že abiotické faktory (teplota a srážky) nemají na výnosnost kořenových hlíz tak zásadní vliv jako délka vegetační doby, která se ukázala jako primárním činitelem ovlivňujícím hmotnost kořenových hlíz. Tato zjištění se ale neshodují s výsledky Fernándeze et al. (2006), kteří ve své studii uvádějí, že klíčovým faktorem, který ovlivňuje výnos kořenových hlíz jakonu, je úhrn srážek.

**Tabulka č. 12a, 12b, 12c :** Průměrná hmotnost kořenových hlíz jednotlivých krajových kultivarů jakonu v letech 2007 - 2012 (v kg na rostlinu)

**Tabulka č. 12a**

Rok	Krajový kultivar									
	PER01	PER02	PER03	PER04	PER05	PER06	PER07	PER08	PER09	PER10
2007	0,42	0,93	2,51	1,95	0,75	2,14	1,71	1,15	1,53	0,57
2008	0,54	1,66	2,85	1,28	0,67	1,76	1,55	1,08	1,48	1,03
2009	1,49	1,69	2,06	1,94	0,73	1,57	1,36	1,39	1,24	1,89
2010	1,39	1,40	2,49	2,68	0,87	1,17	1,35	1,41	1,35	0,43
2011	1,39	2,64	1,24	2,68	0,91	1,00	1,61	1,61	1,41	0,44
2012	1,35	1,20	3,64	1,19	0,62	1,35	0,93	0,90	1,12	0,47
<b>PRŮMĚR</b>	<b>1,10</b>	<b>1,59</b>	<b>2,46</b>	<b>1,95</b>	<b>0,76</b>	<b>1,50</b>	<b>1,42</b>	<b>1,26</b>	<b>1,36</b>	<b>0,80</b>

**Tabulka č. 12b**

Rok	Krajový kultivar									
	PER11	PER12	PER13	PER14	PER15	BOL20	BOL21	BOL22	BOL23	BOL24
2007	0,83	1,09	1,18	0,92		2,19				
2008	0,97	1,47	1,96	1,11	0,80	1,81	1,20	2,12	1,53	2,10
2009	1,26	1,59	1,05	1,46	0,76	2,20	1,95	1,84	0,87	1,60
2010	1,49	1,53	1,12	1,23	0,67	1,84	0,79	1,96	0,30	1,76
2011	1,32	1,74	1,11	2,14	0,73	1,83	0,80	1,87	0,30	1,93
2012	1,56	1,76	0,98	0,75	0,75	1,91	0,77	1,75	0,21	1,84
<b>PRŮMĚR</b>	<b>1,24</b>	<b>1,53</b>	<b>1,23</b>	<b>1,27</b>	<b>0,74</b>	<b>1,96</b>	<b>1,10</b>	<b>1,91</b>	<b>0,64</b>	<b>1,85</b>

**Tabulka č. 12c**

Rok	Krajový kultivar						
	ECU40	NZL51	NZL52	NZL53	GER30	CZE60	BEL70
2007	2,94	2,01	2,32	0,18	2,54		
2008	2,10	2,31	1,45	0,27	2,05	1,13	
2009	1,89	0,94	2,65	0,17	1,26	0,53	
2010	1,65	0,77	1,73	0,06	1,35	0,64	
2011	1,64	0,77	1,73	0,23	1,20	0,63	1,10
2012	2,46	0,84	2,28	0,11	1,45	0,63	0,90
<b>PRŮMĚR</b>	<b>2,11</b>	<b>1,27</b>	<b>2,03</b>	<b>0,17</b>	<b>1,64</b>	<b>0,71</b>	<b>1,00</b>

**Tabulka č. 13:** Průměrná hmotnost kořenových hlíz jakonu v letech 2007 - 2012 (v tunách na hektar)

<b>PER01</b>	<b>PER02</b>	<b>PER03</b>	<b>PER04</b>	<b>PER05</b>	<b>PER06</b>	<b>PER07</b>	<b>PER08</b>	<b>PER09</b>	<b>PER10</b>
24,60	35,53	55,22	43,74	16,97	33,57	31,74	28,16	30,39	18,01
<b>PER11</b>	<b>PER12</b>	<b>PER13</b>	<b>PER14</b>	<b>PER15</b>	<b>BOL20</b>	<b>BOL21</b>	<b>BOL22</b>	<b>BOL23</b>	<b>BOL24</b>
27,71	34,30	27,63	28,43	16,58	44,00	24,70	42,72	14,38	41,38
<b>ECU40</b>	<b>NZL51</b>	<b>NZL52</b>	<b>NZL53</b>	<b>GER30</b>	<b>CZE60</b>	<b>BEL70</b>			
47,39	28,47	45,44	3,84	36,78	15,96	22,41			

**Tabulka č. 14:** Průměrný výnos kořenových a stonkových hlíz všech kultivarů a počet kořenových hlíz pro jednotlivé roky 2007 – 2012

	<b>hmotnost kořenových hlíz (kg)</b>	<b>počet kořenových hlíz</b>	<b>Hmotnost stonkových hlíz (kg)</b>
<b>2007</b>	1,49	21,2	1,51
<b>2008</b>	1,47	23,4	1,16
<b>2009</b>	1,44	21,4	1,22
<b>2010</b>	1,28	23,6	1,25
<b>2011</b>	1,33	26,8	1,13
<b>2012</b>	1,25	21,1	1,29

**Tabulka č. 15a, 15b, 15c:** Průměrný počet kořenových hlíz jednotlivých krajových kultivarů jakonu

**Tabulka č. 15a**

Rok	Krajový kultivar									
	PER01	PER02	PER03	PER04	PER05	PER06	PER07	PER08	PER09	PER10
<b>2007</b>	6,5	32,1	35,3	34,9	29,1	26,9	15,1	25,6	12,6	9,9
<b>2008</b>	24,0	26,5	38,8	22,1	22,9	28,3	21,9	28,3	15,3	9,9
<b>2009</b>	10,9	32,5	47,2	33,7	28,1	25,8	25,4	28,2	18,2	22,3
<b>2010</b>	20,0	27,4	43,5	45,4	27,8	21,0	14,1	26,1	19,8	13,6
<b>2011</b>	20,0	41,4	40,0	46,0	29,8	30,2	34,2	31,5	29,8	14,0
<b>2012</b>	19,4	12,2	54,4	27,1	19,7	18,0	12,2	22,7	10,7	8,3
<b>PRŮMĚR</b>	<b>16,8</b>	<b>28,7</b>	<b>43,2</b>	<b>34,9</b>	<b>26,2</b>	<b>25,0</b>	<b>20,5</b>	<b>27,1</b>	<b>17,7</b>	<b>13,0</b>

**Tabulka č. 15b**

Rok	Krajový kultivar									
	PER11	PER12	PER13	PER14	PER15	BOL20	BOL21	BOL22	BOL23	BOL24
<b>2007</b>	10,7	15,5	21,0	11,6		26,9				
<b>2008</b>	20,7	33,2	36,2	16,9	18,2	30,2	12,7	12,3	21,9	25,1
<b>2009</b>	17,3	24,5	24,1	20,5	18,5	28,3	9,8	26,2	7,8	11,4
<b>2010</b>	22,5	27,1	22,9	18,6	17,0	32,5	14,6	40,4	6,8	18,3
<b>2011</b>	30,3	39,0	23,0	34,7	18,2	32,8	13,4	42,2	6,8	14,6
<b>2012</b>	19,7	31,6	20,4	9,9	17,4	32,3	32,3	41,2	4,6	13,2
<b>PRŮMĚR</b>	<b>20,2</b>	<b>28,5</b>	<b>24,6</b>	<b>18,7</b>	<b>17,9</b>	<b>30,5</b>	<b>16,6</b>	<b>32,5</b>	<b>9,6</b>	<b>16,5</b>

**Tabulka č. 15c**

Rok	Krajový kultivar						
	ECU40	NZL51	NZL52	NZL53	GER30	CZE60	BEL70
<b>2007</b>	37,3	24,2	25,6	4,4	18,9		
<b>2008</b>	34,1	32,0	33,2	9,4	11,9	21,1	
<b>2009</b>	28,9	15,1	17,8	4,2	17,0	12,3	
<b>2010</b>	39,8	19,4	34,7	2,4	14,9	22,7	
<b>2011</b>	39,4	19,2	32,4	2,4	16,3	22,8	18,6
<b>2012</b>	33,4	19,7	34,7	2,5	14,9	20,9	15,6
<b>PRŮMĚR</b>	<b>35,5</b>	<b>21,6</b>	<b>29,7</b>	<b>4,2</b>	<b>15,6</b>	<b>20,0</b>	<b>17,1</b>

**Tabulka č. 16a, 16b, 16c:** Průměrná hmotnost stonkových hlíz jednotlivých krajových kultivarů jakonu v letech 2007 - 2012 (v kilogramech na rostlinu)

**Tabulka č. 16a**

Rok	Krajový kultivar									
	PER01	PER02	PER03	PER04	PER05	PER06	PER07	PER08	PER09	PER10
2007	0,46	1,53	1,52	1,50	2,01	1,76	1,44	1,24	1,17	0,60
2008	1,45	1,05	1,79	0,81	1,48	1,58	1,69	1,03	1,07	0,39
2009	0,48	1,34	2,00	1,50	1,50	1,42	2,77	0,96	0,95	1,39
2010	0,66	1,29	1,89	1,47	1,69	1,40	2,18	1,26	1,14	0,65
2011	0,66	1,03	1,17	1,48	1,15	0,67	3,65	0,89	0,79	0,66
2012	0,68	1,12	2,99	2,24	1,51	1,97	1,54	1,35	1,20	0,52
<b>PRŮMĚR</b>	<b>0,73</b>	<b>1,23</b>	<b>1,90</b>	<b>1,50</b>	<b>1,56</b>	<b>1,47</b>	<b>2,21</b>	<b>1,12</b>	<b>1,05</b>	<b>0,70</b>

**Tabulka č. 16b**

Rok	Krajový kultivar									
	PER11	PER12	PER13	PER14	PER15	BOL20	BOL21	BOL22	BOL23	BOL24
2007	1,28	1,21	1,81	1,03		1,73				
2008	1,08	1,46	2,65	1,25	0,45	0,90	0,30	1,26	0,77	0,63
2009	1,30	1,44	1,50	1,10	0,43	1,55	0,15	1,86	0,45	0,91
2010	1,63	1,73	1,31	1,13	0,45	0,99	2,13	1,26	0,80	0,96
2011	0,80	1,75	1,32	1,44	0,43	0,99	2,08	1,28	0,78	0,88
2012	1,93	1,67	1,40	1,00	0,45	1,15	0,68	1,27	0,24	1,22
<b>PRŮMĚR</b>	<b>1,34</b>	<b>1,54</b>	<b>1,66</b>	<b>1,16</b>	<b>0,44</b>	<b>1,22</b>	<b>1,07</b>	<b>1,39</b>	<b>0,61</b>	<b>0,92</b>

**Tabulka č. 16c**

Rok	Krajový kultivar						
	ECU40	NZL51	NZL52	NZL53	GER30	CZE60	BEL70
2007	2,23	1,34	2,43	2,22	1,80		
2008	1,05	1,25	1,42	0,93	1,55	0,91	
2009	1,24	0,77	1,23	1,28	1,45	0,85	
2010	1,78	1,03	1,07	1,21	0,85	0,58	
2011	1,77	0,75	1,07	0,53	0,85	0,58	1,09
2012	1,68	0,78	1,56	1,30	1,37	0,60	1,54
<b>PRŮMĚR</b>	<b>1,63</b>	<b>1,03</b>	<b>1,46</b>	<b>1,24</b>	<b>1,31</b>	<b>0,70</b>	<b>1,37</b>

**Tabulka č. 17:** Průměrná hmotnost stonkových hlíz jakonu v letech 2007 - 2012 (v tunách na hektar)

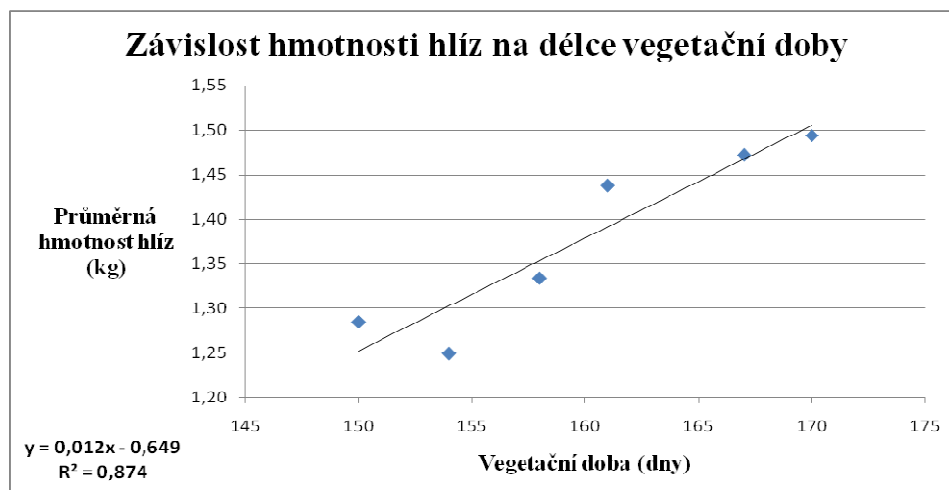
<b>PER01</b>	<b>PER02</b>	<b>PER03</b>	<b>PER04</b>	<b>PER05</b>	<b>PER06</b>	<b>PER07</b>	<b>PER08</b>	<b>PER09</b>	<b>PER10</b>
16,40	27,52	42,48	33,59	34,85	32,87	49,53	25,16	23,56	15,71
<b>PER11</b>	<b>PER12</b>	<b>PER13</b>	<b>PER14</b>	<b>PER15</b>	<b>BOL20</b>	<b>BOL21</b>	<b>BOL22</b>	<b>BOL23</b>	<b>BOL24</b>
1,34	34,52	37,31	25,95	9,92	27,27	23,92	31,06	13,65	20,65
<b>ECU40</b>	<b>NZL51</b>	<b>NZL52</b>	<b>NZL53</b>	<b>GER30</b>	<b>CZE60</b>	<b>BEL70</b>			
36,46	23,05	32,78	27,85	29,41	15,79	30,74			

**Tabulka č. 18:** Výpočet závislosti výnosu mezi kořenovými a stonkovými hlízami

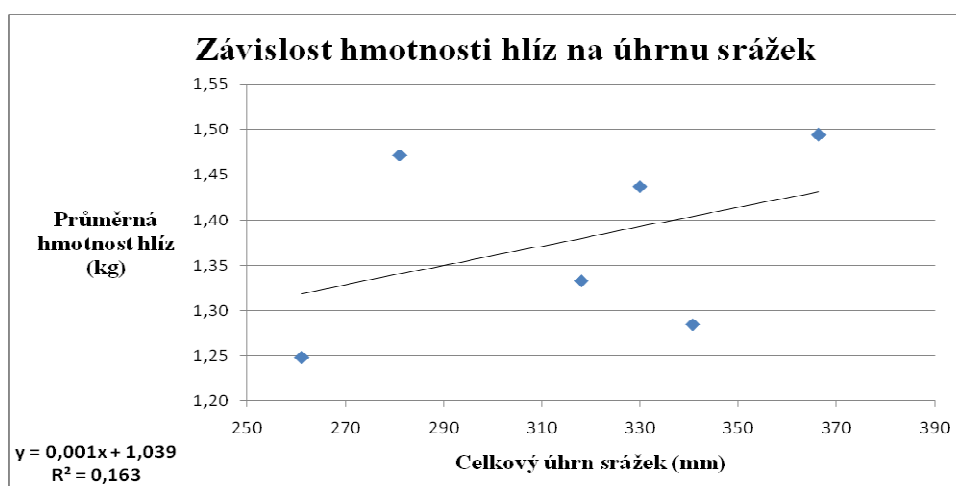
Faktor						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
Kořenové hlízy	152	208,624	1,373	0,432		
Stonkové hlízy	152	190,352	1,252	0,305		
ANOVA						
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	1,098	1	1,098	2,978	0,085	3,872
Všechny výběry	111,368	302	0,369			
<b>Celkem</b>	<b>112,466</b>	<b>303</b>				

poznámka: SS – some of squares (součet čtverců), MS – mean squares (průměrné čtverce)

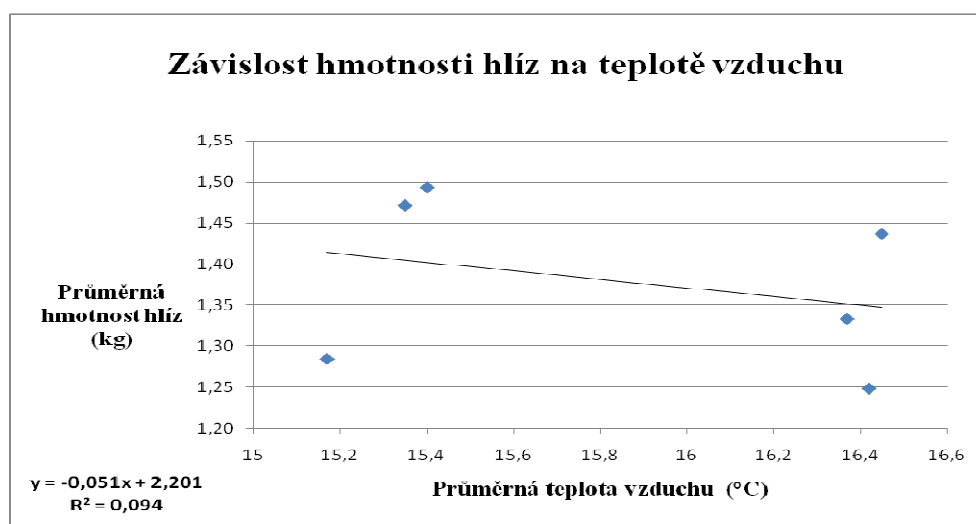




**Graf č. 1:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na délce vegetační doby



**Graf č. 2:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na celkovém úhrnu srážek spadlých během vegetačního období



**Graf č. 3:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na průměrné teplotě vzduchu během vegetační doby

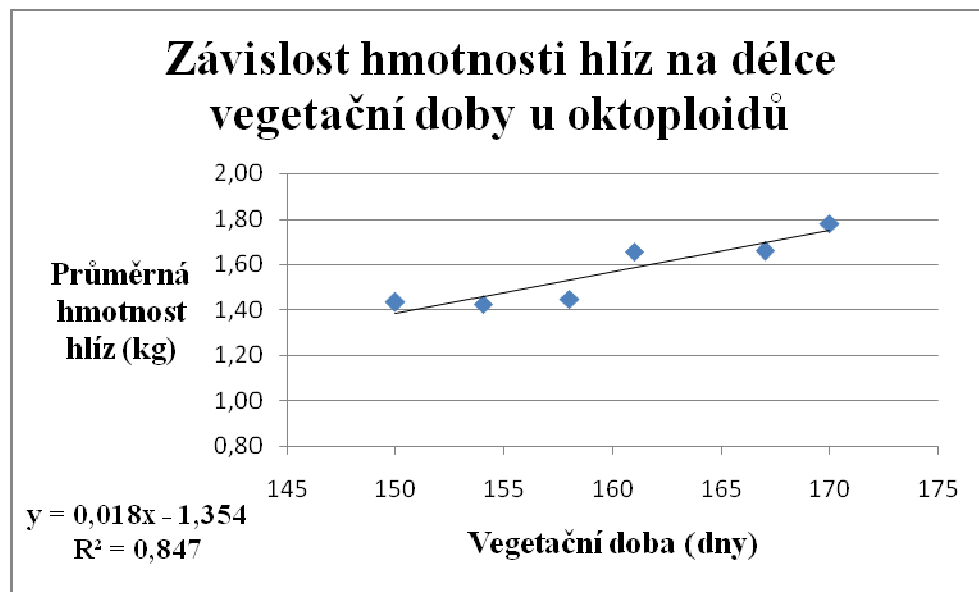
Metodou regresní analýzy byla dále zjišťována závislost hmotnosti kořenových hlíz na délce vegetační doby, na úhrnu srážek a na průměrné teplotě vzduchu zvláště pro **oktoploidní kultivary** jakonu a zvláště pro **dodekaploidní**. Opět byly porovnávány hodnoty zjištěné z měření rostlin jakonu vypěstovaných na pozemcích FTZ ČZU v klimatických podmínkách České republiky v letech 2007-2012 s již zmíněnými nezávislými proměnnými. Z průměrného výnosu kořenových hlíz jakonu na úrovních ploidie  $2n=58$  a  $2n=87$  (viz tab. 19) můžeme vyčíst, že u oktoploidních rostlin byla ve všech letech zjištěna vyšší výnosnost než u rostlin dodekaploidních.

**Tabulka č. 19:** Průměrný výnos kořenových hlíz oktoploidů a dodekaploidů v letech 2007-2012

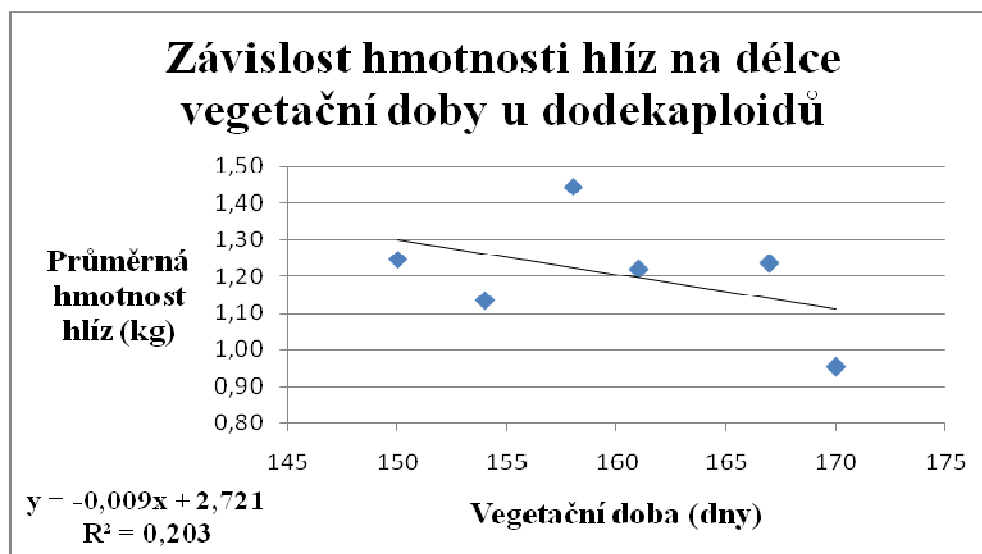
	<b>2n = 58</b>	<b>2n=87</b>
<b>2007</b>	1,78	0,95
<b>2008</b>	1,66	1,24
<b>2009</b>	1,66	1,22
<b>2010</b>	1,43	1,25
<b>2011</b>	1,45	1,44
<b>2012</b>	1,43	1,13

Z výsledků regresní analýzy byl zjištěn zajímavý fakt, že při měření závislosti výnosu na délce vegetační doby, byla u oktoploidních kultivarů jakonu zjištěna silná lineární závislost (85%, čím delší vegetační období, tím větší výnos), kdežto u zkoumání dodekaploidních rostlin byla zjištěna jen malá závislost (dvacetiprocentní) a to se snižujícím se charakterem (delší vegetační období = o něco málo nižší výnos), viz grafy č. 4a a 4b.

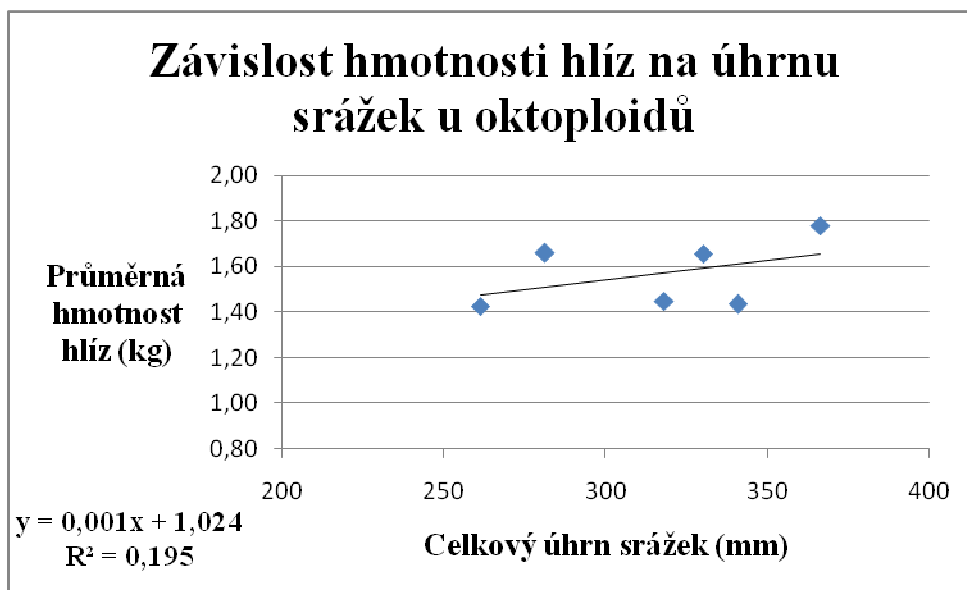
Při zkoumání závislosti výnosu na úhrnu srážek nebyla zjištěna významná závislost ani u oktoploidních ani u dodekaploidních jakonů. To samé bylo zjištěno i při zkoumání vlivu teploty vzduchu na výnos - ani v tomto případě nebyla zjištěná významná závislost výnosu na teplotě ani pro jednu ze zmiňovaných úrovní ploidie (viz grafy 5a, 5b, 6a a 6b).



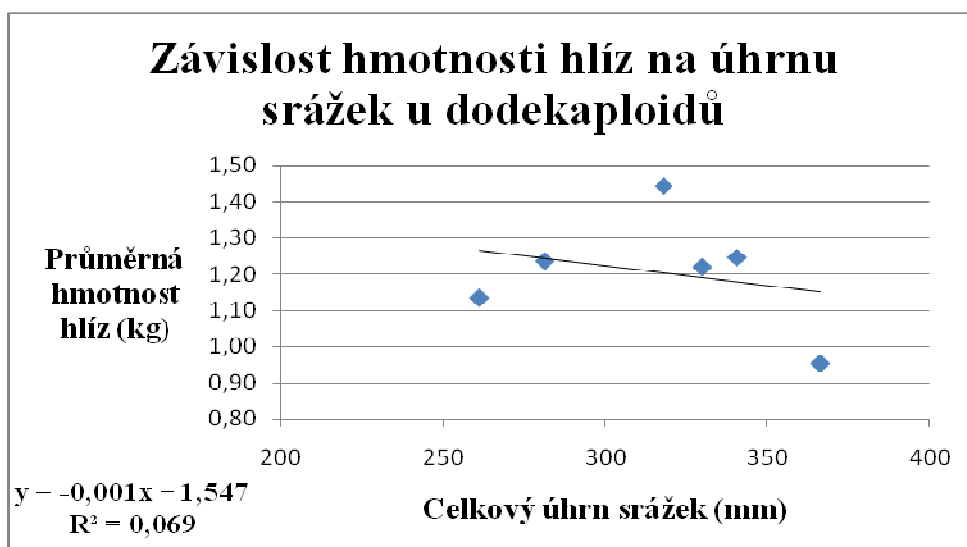
**Graf č. 4a:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz na délce vegetační doby (u oktoploidních krajových kultivarů jakonu)



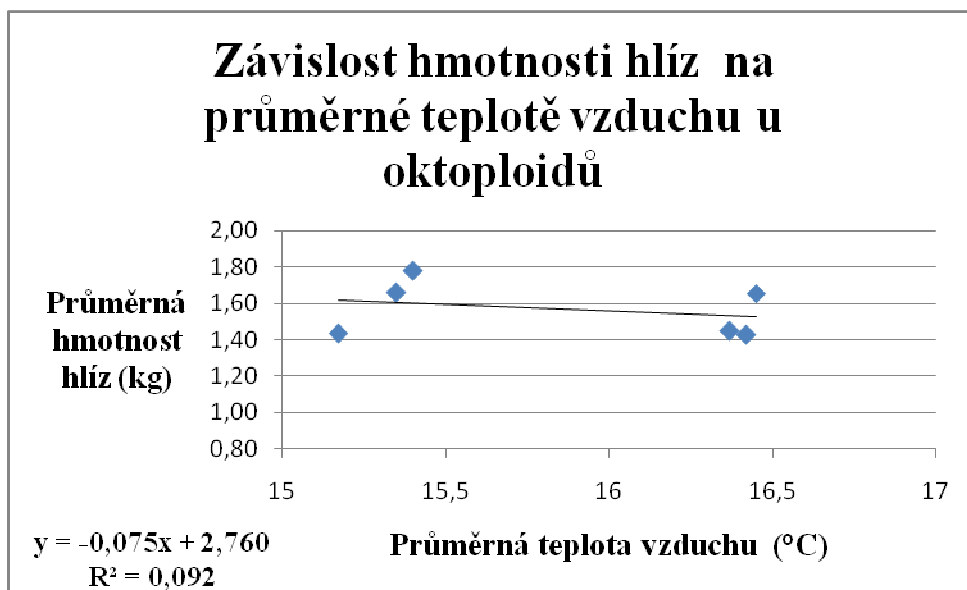
**Graf č. 4b:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz na délce vegetační doby (u dodekaploidních krajových kultivarů jakonu)



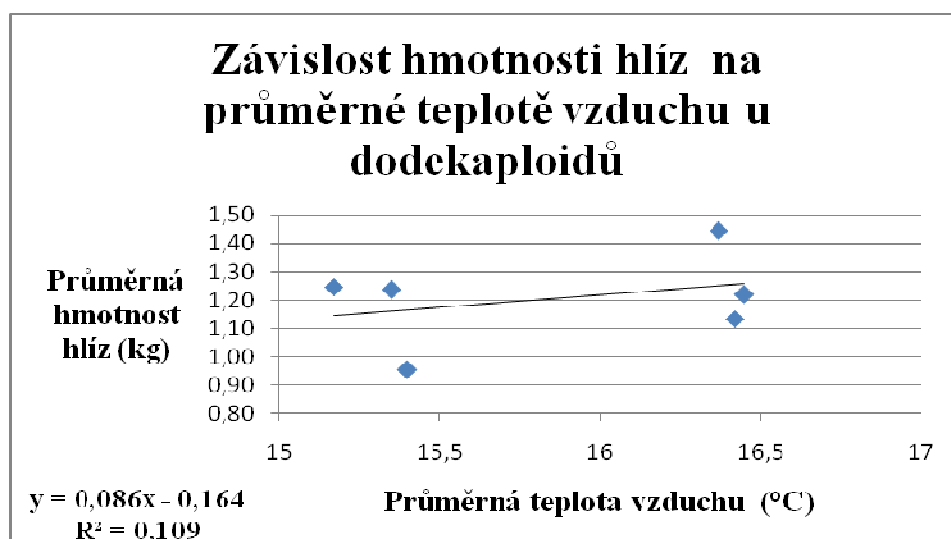
**Graf č. 5a:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na úhrnu srážek spadlých během vegetačního období (u oktoploidních krajových kultivarů jakonu)



**Grafy č. 5b:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz na jakonu na úhrnu srážek spadlých během vegetačního období (u dodekaploidních krajových kultivarů jakonu)



**Graf č. 6a:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz jakonu na průměrné teplotě vzduchu během vegetační období (u oktoploidních krajových kultivarů jakonu)



**Graf č. 6b:** Závislost hmotnosti kořenových hlíz na jakonu na průměrné teplotě vzduchu během vegetační období (u dodekaploidních krajových kultivarů jakonu)

## 6. ZÁVĚR

Výnosnost veškerých plodin je závislá na mnoha faktorech. Ať již jde o délku vegetačního období, o úhrn srážek nebo o teplotu ovzduší, nesmíme zapomínat ani na další okolnosti, jako jsou například i nadmořská výška, složení a pH půdy, délka a intenzita slunečního svitu, hnojení a další činitele. Jakon je však rostlinou velmi adaptabilní a lze ho pěstovat i mimo původní oblast.

V České republice je jakon pěstován od roku 1994. Na FTZ ČZU je v současné době udržováno 29 krajových kultivarů pocházejících nebo získaných z různých klimatických podmínek světa: z Nového Zélandu, Německa, Ekvádoru, Bolívie, Peru a Belgie.

Mezi jednotlivými krajovými kultivary existují jak morfologické rozdíly (tvar listů, jejich okraje, barva a velikost hlíz, výška rostlin a chemické složení hlíz), tak byly zaznamenány i rozdíly ve výnosu kořenových hlíz.

Bylo zjištěno, že výnos kořenových hlíz je nejvíce ovlivňován délkou vegetační doby. U oktaploidních kultivarů byla zjištěna silná lineární závislost (85%), u dodekaploidních rostlin byla zjištěna pouze dvacetiprocentní závislost. Na základě tohoto zjištění byla potvrzena hypotéza č. III.

Výsledky dále ukazují, že abiotické faktory (teplota vzduchu a úhrn srážek) mají na výnosnost kořenových hlíz také určitý vliv, i když zdaleka ne tak zásadní jako je tomu u délky vegetační doby. Tím byla potvrzena hypotéza č. II.

Jelikož do dnešní doby nebylo provedeno mnoho výzkumů týkajících se vlivu různých faktorů (a to především abiotických) na výnosy jakonu, myslím si, že by do budoucna bylo vhodné pokračovat ve sběru dat a v dalších studiích. Měla by být také dále věnována pozornost zkoumání optimálních podmínek pro pěstování jakonu a hledání co nejvhodnějších kultivarů pro klimatické podmínky České republiky – to znamená (mimo jiné) s kratší vegetační dobou.

## 7. LITERATURA

- Amaya, J.** 2000. Efeitos de doses crescentes de nitrogênio e potássio na produtividade de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. & Endl.) In: Manrique I, Párraga A, Hermann M. 2005. Yacon syrup: Principles and processing. Lima. Centro Internacional de la Papa (CIP), 31 s.
- Anonym.** 2011. Dostupné z: <http://www.agrokrom.cz/> [online]. (přístup 13.ledna 2013).
- Anonym.** 2012a. Dostupné z: <http://www.vseved.cz/> [online]. (přístup 28. listopadu 2012).
- Anonym.** 2012b. Dostupné z: <http://biology.webz.cz/individua.php> [online]. (přístup 29.listopadu 2012).
- Bredemann G.** 1943. Über *Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. (*Polymnia edulis* Wedd.). In: Fernández, E C, Viehmannová I, Lachman J, Milella L. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson]. 2006. A new crop in the Central Europe. Plant Soil Environ., 52 (12): 564-570.
- Brochmann C, Brysting A K, Alsos I G, Borgen L, Grundt H H, Scheen A-C, Elven R.** 2004. Polyploidy in arctic plants. Biological Journal of the Linnean Society, 82: 521–536.
- Burešová V.** 2012. Srovnávací morfologie cytotypů česneku planého (*Allium oleraceum*). Diplomová práce. Univerzita Palackého. Olomouc.
- Calvino M.** 1940. Una nuova pianta da foraggio e da alcole: La *Polymnia edulis*. Industria Saccarifera Italiana 33: 95-98.
- ČHMÚ** (Český hydrometeorologický ústav): Aktuálně naměřené hodnoty [online]. Praha. Dostupné z www: <http://www.chmi.cz/meteo/ok/okdat61.html> (přístup 12. února 2013).
- Cronquist A.** 1955. Phylogeny and taxonomy of the Compositae, American midland Naturalist, 53: 478-511.
- FAO.** 2012. Proposal for new work on a codex regional standard for yacon (*Smallanthus sonchifolius* [Poeppig & Endlicher] H. Robinson). Codex alimentarius commission. 10 s.
- Fernández C E, Viehmannová I, Lachman J, Milella L.** 2006. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson]: A new crop in the Central Europe. Plant Soil Environ., 52 (12): 564-570.
- Fernández C E, Viehmannová I, Lachman J, Zámečníková J.** 2007. Organic farming of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson]. Praha. Mezinárodní vědecká konference „Ekologické zemědělství 2007“, s. 157-159.
- Fernández C E, Viehmannová I, Lachman J.** 2010. Jakon - *Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson. In: Fernández C, Viehmannová I et al. (eds).. Netradiční plodiny pro diabetiky.. Praha. Grada Publishing, a.s., s 18-28.

- Fernández C E, Viehmannová I, Meza Z G, Klíma M, Robles C D.** 2008. Influencia del nivel de ploidía en el contenido de sacáridos en raíces del yacón (*Smallanthus sonchifolius* poeppig & endlicher). Revista Latinoamericana de Genética. Segunda Epoca, 1 (1): 116-122.
- Fernández C E.** 2005. Jakon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: Pěstování v klimatických podmínkách České republiky. Habilitační práce. Česká zemědělská univerzita. Institut tropů a subtropů. Praha.
- Fernández, E C, Viehmannová I, Lachman J, Milella L.** 2006. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson]. A new crop in the Central Europe. Plant Soil Environ., 52 (12): 564-570
- Frček J, Loyková V.** 1991. Výživa a potraviny. In: Valentová K, Frček J, Ulrichová J. 2001. Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maka (*Lepidium meyenii*): tradiční andské plodiny jako nové funkční potraviny na evropském trhu. Chem. Listy 95. 594-601.
- Frček J, Michl J, Pavlas J, Šupichová J.** 1995. Plant Genetic resources. In: Valentová K, Frček J, Ulrichová J. 2001. Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maka (*Lepidium meyenii*): tradiční andské plodiny jako nové funkční potraviny na evropském trhu. Chem. Listy 95. 594-601.
- Graefe S, Hermann M, Manrique I, Golombek S, Buerkert A.** 2004. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. Field Crops Research 86: 157-165.
- Graman J, Čurn V.** 1998. Šlechtění rostlin (obecná část). České Budějovice, ZF JU, 133 s.
- Grant V.** 1981. Plant Speciation. In Kubešová M. 2004. Karyologická studie *Agrostis stolonifera* v České republice. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice.
- Grau A, Rea J.** 1997. Yacón – *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M, Heller J (eds.). Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome. 21. International Plant Genetic Resources Institute, s 199-242.
- Hogan MC.** 2010. Ecology: Abiotic factor [online]. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.  
Dostupné z [http://www.eoearth.org/article/Abiotic\\_factor?topic=49461#endnote\\_1](http://www.eoearth.org/article/Abiotic_factor?topic=49461#endnote_1) (přístup 20. dubna 2013).
- Ishiki K, Salgado Moreno V X, Arellano J.** 1997. Revision of chromosome number and karyotype of yacon (*Polymnia sonchifolia*). Resúmenes del Primer taller internacional sobre Recursos fitogenéticos del Noreste Argentino. In: Fernández C E. 2005. Jakon



- [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: Pěstování v klimatických podmínkách České republiky. Habilitační práce. Česká zemědělská univerzita. Institut tropů a subtropů. Praha.
- Lachman J, Fernández C E, Orsák M.** 2003a. Chemické složení a využití jakonu [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson]. I. Mezinárodní seminář "Andské plodiny" v České republice. Sborník referátů, 132 s.
- Lachman J, Fernández C E, Orsák M.** 2003b. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. Et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. *Plant Soil Environ.*, 49 (6). 283-290.
- Lachman J, Havrland B, Fernández E C, Dudjak J.** 2004. Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] tubers and rhizomes and factors affecting their content. *Plant Soil Environ.*, 2004, 50 (9): 383-390.
- Leon J.** 1964. Plantas alimenticias andinas. In Grau A, Rea J. 1997. Yacón – *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M, Heller J (eds.). Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome. 21. International Plant Genetic Resources Institute, s 199-242.
- Manrique I, Hermann M, Bernet T.** 2004. Yacón: Ficha Técnica. [online]. Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP).  
Dostupné z [http://www.cipotato.org/artc/cip\\_crops/fichatecnicyacon.pdf](http://www.cipotato.org/artc/cip_crops/fichatecnicyacon.pdf) (přístup 5. dubna 2013).
- Manrique I, Párraga A, Hermann M.** 2005. Yacon syrup: Principles and processing. Lima. Centro Internacional de la Papa (CIP), 31 s.
- Meteorologická stanice České zemědělské univerzity v Praze:** Aktuálně naměřené hodnoty [online]. Praha. Dostupné z <http://meteostanice.agrobiologie.cz/> (2. února 2013).
- Meza Z G.** 2001. Cultivo del Ilacon (*Smallanthus sonchifolius* H. Robinson) en Cusco. Folleto presentado al workshop sobre "Agricultura sostenible". In: Fernández C E. 2005. Jakon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: Pěstování v klimatických podmínkách České republiky. Habilitační práce. Česká zemědělská univerzita. Institut tropů a subtropů. Praha. 154 s.
- Meza Z G.** 1995. Variedades nativas de Ilacon (*Polymnia sonchifolia* Ker Gawler) en Cusco. In: Grau A, Rea J. 1997. Yacón – *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M, Heller J (eds.). Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and

- yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome. 21. International Plant Genetic Resources Institute, s 199-242.
- Nieto C C.** 1991. Estudios agronómicos y bromatológicos en jícama (*Polymnia sonchifolia* Poeppig & Endlicher). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 41 (2): 213-221.
- Pedreschi R, Campos D, Noratto G, Chirinos R, Cisneros-Zevallos L.** 2003. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl): Fructooligosaccharides as a Potential Novel Source of Prebiotics. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51(18): 5278-5284.
- Rea J.** 1992. Raíces Andinas: Yacón (*Polymnia sonchifolia*). In: Hernández B J E, León J (Eds). Cultivos Marginados otra perspectiva de 1942, s 174- 177.
- Salgado Moreno V X.** 1996. Evaluación y caracterización citogenética de 16 estradas de Jicama (*Polymnia sonchifolia* Poep. & Endl.) de Sudamerica. In: Grau A, Rea J. 1997. Yacón – *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: Hermann M, Heller J (eds.). Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome. 21. International Plant Genetic Resources Institute, s 199-242.
- Seminario J, Valderrama M, Manrique I.** 2003. El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), 60 s.
- Skalická K.** 2005. Polyploidie dokáže s rostlinnými genomy pořádně zatřást. Živa 2: 50-52.
- Suda J.** 2009. Darwinova „odporná záhada“ po 130 letech aneb souvisí polyploidie s rozmanitostí krytosemenných rostlin?. Živa 5: 204–208.
- Tjukavin G B.** 2008. Introdukcija jakona (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.). Ovočivnictvo i baštannictvo. 54.  
Dostupné z: [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/Oib/2008\\_54/Stattia%2032.htm](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Oib/2008_54/Stattia%2032.htm) (přístup 22. dubna 2013).
- Valentová K, Frček J, Ulrichová J.** 2001. Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maka (*Lepidium meyenii*): tradiční andské plodiny jako nové funkční potraviny na evropském trhu. Chem. Listy 95. 594-601.
- Valentová K, Ulrichová J.** 2003. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* - Prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases, Biomed. Papers, 147 (2): 119-130.
- Viehmánová I, Fernández C E, Bechyně M, Vyvadilová M, Greplová M.** 2009. In vitro induction of polyploidy in yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Plant Cell Tiss. Organ Cult., 97: 21-25.

- Viehmannová I.** 2009. Indukovaná polyploidizace in vitro a protoplastové kultury u jakonu [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig.& Endlicher) H. Robinson]. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita. Praha.
- Zardini E.** 1991. Ethnobotanical notes on "yacon" (*Polymnia sonchifolia*). *Asteraceae*. *Economic Botany* 45 (1): 72-85.