

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství**

---



**Výskyt listových a klasových patogenů obilnin  
ve vztahu k mikroklimatu porostu**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Tomáš Středa, Ph.D.

*Vypracovala:*  
Bc. Kristýna Gešvindrová

---

Brno 2015



# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Kristýna Gešvindrová**  
Studijní program: Rostlinolékařství  
Obor: Rostlinolékařství  
Konzultant: Prof. Ing. Radovan Pokorný, Ph.D.  
Název tématu: **Výskyt listových a klasových patogenů obilnin ve vztahu k mikroklimatu porostu**  
Rozsah práce: 55 s.

## Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární přehled na téma: vztah prostředí, hostitel a patogen u listových a klasových chorob pšenice seté a ječmene setého.
2. Zpracujte literární přehled na téma: specifika porostního mikroklimatu polních plodin.
3. Založte porostní monitoring teploty a vlhkosti vzduchu v různých vrstvách porostu vybraných plodin. V průběhu vegetace sledujte napadení rostlin listovými a klasovými patogeny.
4. Na základě výstupů z porostního mikroklimatického monitoringu a dat ze standardní klimatologické stanice popište a kvantifikujte difference mezi uvedenými prostředími.
5. S využitím výsledků ze Zásady 4 kvantifikujte vlivy rozdílných prostředí na výskyt a vývoj listových a klasových patogenů vybraných plodin.

Seznam odborné literatury:

1. AGRIOS, G N. *Plant pathology*. 5. vyd. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005. 922 s. ISBN 978-0-12-044565-3.
2. PETR, J. a kol. *Počasí a úrodnost*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987. 365 s.
3. LESLIE, J F. – SUMMERELL, B A. *The fusarium laboratory manual*. 1. vyd. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2006. 388 s. ISBN 0-8138-1919-9.
4. MADDEN, L V. – HUGHES, G. – BOSCH, F V D. *Study of plant disease epidemics*. St. Paul, Minn.: American Phytopathological Society, 2007. 421 s. ISBN 978-0-89054-354-2.
5. STŘEDOVÁ, H. – BOKWA, A. – DOBROVOLNÝ, P. – KRÉDL, Z. – KRAHULA, L. – LITSCHMANN, T. – POKORNÝ, R. – ROŽNOVSKÝ, J. – STŘEDA, T. – VYSOUDIL, M. *Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2011. 102 s. ISBN 978-80-86690-90-2.

Datum zadání diplomové práce: listopad 2013

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

L. S.

**Bc. Kristýna Gešvindrová**  
Autorka práce

*Gešvindrová*



**Ing. Tomáš Středa, Ph.D.**  
Vedoucí práce

*Středa*

**prof. Ing. Radovan Pokorný, Ph.D.**  
Vedoucí ústavu

*Pokorný*

**prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.**  
Děkan AF MENDELU

v z. *Zeman*

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „**Výskyt listových a klasových patogenů obilnin ve vztahu k mikroklimatu porostu**“ vypracovala 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 *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, 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 .....

Podpis .....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych touto formou poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Středovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při tvorbě diplomové práce a Ing. Janě Krčmářové za pomoc při zpracování meteorologických dat. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za psychickou podporu.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na monitoring a hodnocení mikroklimatu porostu a procesů, které se v něm odehrávají. Proběhlo měření teploty a vlhkosti vzduchu a byl sledován výskyt významných listových a klasových patogenů v porostu pšenice seté a ječmene setého. Naměřené hodnoty byly porovnávány s hodnotami naměřenými na standardní klimatologické stanici za účelem vytvoření regresního modelu. Byly vytvořeny grafy lineární regrese, které sloužily ke zjištění spolehlivosti závislosti porostu na klimatologické stanici. Dále byly vytvořeny grafy znázorňující změny difference teploty a vlhkosti vzduchu v porostu a na standardní klimatologické stanici. Výskyt škodlivých patogenů byl srovnán s naměřenými daty a bylo prokázáno, že určitý průběh počasí (zejména teplot a vlhkostí) má vliv na výskyt daného patogena.

**Klíčová slova:** mikroklima, porost, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, predikce

## **ABSTRACT**

The thesis is focused on monitoring and evaluation of microclimate and stand processes that take place in it. There have been measurements of temperature and humidity and monitored for the appearance of significant leaf and ear pathogens in crops of wheat and barley. The measured values were compared with values measured on standard climatological station for creating a regression model. They were created graphs of linear regression, which were used to determine the reliability of the crop depending on the climatological station. There were also created graphs showing changes in the differential temperature and humidity in stand and standard climatological station. The presence of harmful pathogens was compared with the measured data, and it was established that a certain course of the weather (in particular temperature and humidity) has an effect on the occurrence of the pathogen.

**Key words:** microclimate, stand, air temperature, humidity, prediction

## **OBSAH**

1	Úvod.....	9
2	Cíl práce.....	10
3	Literární přehled .....	11
3.1	Vztah prostředí × hostitel × patogen .....	11
3.1.1	Trojúhelník choroby .....	11
3.1.2	Diagnostické metody a hodnocení chorob.....	11
3.1.3	Prognostické metody a predikce napadení.....	12
3.2	Mikroklima.....	12
3.2.1	Mikroklima porostu .....	12
3.2.2	Metody mikroklimatického monitoringu.....	15
3.3	Atmosféra a procesy v ní se odehrávající .....	15
3.3.1	Radiační bilance.....	16
3.3.2	Energetická bilance.....	18
3.3.3	Teplota .....	19
3.3.4	Vlhkost.....	19
3.3.5	Srážky .....	20
3.3.6	Výpar .....	21
3.3.7	Proudění vzduchu .....	22
3.4	Ostatní vlivy na mikroklima porostu.....	22
3.4.1	Vegetační kryt.....	22
3.4.2	Orografie.....	22
3.5	Porost a procesy v něm se odehrávající .....	23
3.5.1	Porost a atmosféra.....	23
3.5.2	Regulace vody.....	23
3.5.3	Ovlhčení listů.....	24
3.5.4	Energetická bilance rostlinného povrchu.....	24

3.5.5	Radiační režim porostu .....	25
3.6	Choroby pšenice seté.....	26
3.6.1	Listové choroby .....	26
3.6.2	Klasové choroby .....	30
3.7	Choroby ječmene setého .....	33
3.7.1	Listové choroby .....	33
3.7.2	Klasové choroby .....	36
4	Monitoring výskytu listových a klasových patogenů v porostu obilnin.....	37
4.1	Materiál a metody .....	37
4.1.1	Popis lokality .....	37
4.2	Měření, používané přístroje a programy .....	38
4.3	Výsledky a diskuze .....	39
4.3.1	Grafy rozdílů teplot a vlhkostí .....	40
4.3.2	Srovnání grafů lineární regrese .....	53
4.3.3	Výskyt patogenů v letech 2013 a 2014.....	53
4.3.4	Srovnání poznatků s jinými autory .....	57
5	Závěr .....	58
6	Seznam použité literatury .....	59
7	Seznam grafů .....	64
8	Seznam použitých zkratk .....	66
	Příloha č. 1: Grafy lineární regrese teplot a vlhkostí .....	I



## 1 ÚVOD

Procesy, které probíhají v porostu, jsou velmi složité a komplikované. V rámci integrované produkce stoupá tendence předpovídání výskytu škodlivých organismů v porostu dané plodiny. K tomu je nutné znát průběh počasí, okolních vlivů a také vývoj daného patogena. Jedná se o velmi složitý proces, který je ovlivňován mnoha faktory. Zásadní roli zde hraje samotná atmosféra, ve které probíhá mnoho dějů, které významně ovlivňují dění v porostu. Jsou to například změny teplot, vlhkosti, tlaku, vliv mají také množství srážek, proudění vzduchu, oblačnost bránící přímému slunečnímu záření apod. Zásadní vliv má také samotná plodina, díky které je vytvořeno konkrétní mikroklima porostu. Rozdílné hodnoty budou naměřeny v porostu pšenice ve srovnání hodnot s porostem kukuřice. Vliv má také hustota porostu a dokonce i odrůda porostu, protože odlišné odrůdy mohou mít různou stavbu rostliny (výšku, délku klasu, větší listy apod.).

Aby mohly být vytvořeny predikční programy sloužící k včasnému upozornění na možný výskyt patogena na plodině, musí být důsledně prozkoumány veškeré vlivy podílející se na zásadních změnách v porostu. Je nutné zahrnout, že i samotné konkrétní faktory ovlivňují samy sebe, to znamená, že dochází k určitým řetězovým reakcím.

V následujících kapitolách jsou popsány a hodnoceny meteorologické děje probíhající v atmosféře a také v porostu a jejich vazba na výskyt vybraných patogenů.

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem práce bylo zpracovat literární přehled zabývající se vztahem prostředí × hostitel × patogen se zaměřením na listové a klasové choroby pšenice seté a ječmene setého. Byl založen mikroklimatický monitoring v porostu pšenice seté za účelem měření teplot a vlhkostí vzduchu v porostu a současně byl pozorován výskyt listových a klasových chorob. Výsledky měření teplot a vlhkostí byly dále využity ke srovnání s naměřenými daty ze standardní klimatologické stanice a sloužily ke srovnání dvou různých prostředí. Na základě rozdílů srovnávaných prostředí pak bylo možné identifikovat hlavní vlivy na výskyt a vývoj listových a klasových patogenů obilnin.

## **3 LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **3.1 Vztah prostředí × hostitel × patogen**

#### **3.1.1 Trojúhelník choroby**

Aby mohla vzniknout choroba, musí existovat náchylný hostitel, virulentní patogen a vhodné podmínky prostředí v daný čas na daném místě. Vzájemné působení těchto tří komponentů bývá velmi často označováno jako trojúhelník choroby. Jedná se o velice složitý komplex vztahů, kdy je nutno brát v potaz infekční cyklus patogena, včetně rozmnožování, šíření na další hostitele, přežití nepříznivých podmínek atd. Pro vývoj a šíření patogenů jsou klíčovými faktory hlavně teplota a vlhkost prostředí, přičemž každý patogen má svou optimální teplotu a vlhkost, proto je nezbytné zabývat se jednotlivými patogeny zvlášť. Jsou-li známy vhodné podmínky pro rozvoj daného patogena, mohou být tyto informace využity při tvorbě prognostických modelů předpovídající výskyt určitého škodlivého patogena či škůdce (AGRIOS et al., 1997; COOKE et al., 2006; UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA et al., 2010; STŘEDA et al., 2011; STŘEDOVÁ et al., 2011).

#### **3.1.2 Diagnostické metody a hodnocení chorob**

Pro zhodnocení míry napadení rostlin je nezbytná správná diagnostika patogena způsobující chorobu. Aby mohlo být určeno, o jakou chorobu se jedná, musí být znám druh rostliny nebo také odrůdy. Napadená rostlina má většinou charakteristické symptomy, na kterých jsou většinou diagnostické metody založeny. Příznaky choroby se běžně pozorují a hodnotí na několika částech rostliny. Nejdříve se pozorují listy, jakou mají barvu, jak jsou velké, zda se na nich vyskytují skvrny apod. Pokud nelze určit příčinu onemocnění hned na poli, provádějí se laboratorní testy. Z napadené rostliny je odebrán rostlinný vzorek obsahující napadenou část a následně se v laboratoři vytvoří příznivé podmínky pro růst patogena, který je následně izolován a kultivován a posléze identifikován. Pro určení intenzity napadení byly v současné době vyvinuty programy a klíče, které ji pomohou určit (VĚCHET et al., 2010; THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY et al., 2015).

### **3.1.3 Prognostické metody a predikce napadení**

Aby se předešlo napadení rostlin patogeny, vytvářejí se prognostické metody, které mají za účel předpovědět napadení porostů jednotlivými patogeny. Tyto metody velmi často vycházejí z metod využívaných v epidemiologii a jsou schopny předpovědět napadení pouze do jisté míry. Epidemiologické modely pro prognózu výskytu patogenů a škůdců velmi často využívají data z meteorologických stanic, které však nezahrnují mikroklima porostu. Z toho důvodu bylo zavedeno měření meteorologických prvků přímo v porostu (jedná se hlavně o teplotu a vlhkost ve třech úrovních) a tato data se pak srovnávají s daty naměřenými na meteorologických stanicích, které se nacházejí v blízkosti sledovaného porostu. Měření probíhá standardně v přízemní výšce porostu, dále v efektivní výšce porostu (což je asi 70 % aktuální výšky porostu) a pak ve 2 m nad půdním povrchem (STŘEDA et al., 2011; STŘEDOVÁ et al., 2011; LITSCHMANN et al., 2014).

## **3.2 Mikroklima**

Mikroklima bývá velmi často definováno jako klima (podnebí) velmi malých oblastí, jako je např. konkrétní porost plodiny. Za mikroklima je považována oblast, která se vyznačuje odlišným, vyhraněným uspořádáním meteorologických prvků (jedná se tedy o klima malých oblastí, které se liší od klimatu okolí). Je ovlivněno utvářením povrchu v oblasti, nadmořskou výškou oblasti, stavem vegetace, tvarem povrchu, plochami vyskytujícími se v okolí a dále hydrologickými poměry. Horizontální rozsah se pohybuje rozměrově většinou do 1 km. Vertikální rozsah je závislý na výšce vrstvy přiléhající k zemskému povrchu a právě v této vrstvě pak probíhají zcela odlišné procesy než v okolí (MATEJKA et al., 1987; PETR et al., 1987; CHEN et al., 1999; BROM et al., 2010; MCMAHON et al., 2011; STŘEDOVÁ et al., 2011).

### **3.2.1 Mikroklima porostu**

Mikroklima porostu má zásadní význam pro ekosystémové procesy. V současné době ještě stále nejsou dostupná úplně přesná data o porostním mikroklimatu, protože nebyl brán zřetel na možnou heterogenitu v porostu ať už horizontální nebo vertikální, stejně jako nebyl brán zřetel na proměnlivost podnebí v závislosti na poloze porostu (CHEN et al., 1999; STŘEDOVÁ et al., 2011).

Porostní mikroklima je ovlivňováno vlastním porostem, to znamená, že je přímo závislé na plodině a jejích fyziologických vlastnostech či struktuře. Vliv má také počasí a podnebí a to jak na mikroklima porostu, tak na růst a vývoj samotné plodiny. Stejně tak platí vztah, že dané mikroklima porostu ovlivňuje rostliny, které ho utvářejí. S růstem rostliny dochází k přizpůsobování klimatickým podmínkám, takže během vegetačního období dojde k zapojení porostu a tím se mikroklima vytvoří. Během vegetace se však značně mění v závislosti na růstových fázích porostu (SAPOŽNIKOVÁ et al., 1952; CHEN et al., 1999; ROŽNOVSKÝ et al., 2003).

Hlavním činitelem mikroklimatu bývá označován aktivní povrch, což je rozhraní mezi ovzduším a zemským povrchem (porostem). Mezi aktivním povrchem a spodními vrstvami neustále dochází k výměně hmoty a energie, což má za následek uvolnění tepla a vodní páry do atmosféry a díky tomu pak dochází ke změně teploty a vlhkosti vzduchu jak uvnitř porostu, tak v těsné blízkosti nad ním. Rozdílné hodnoty teplot a vlhkostí budou naměřeny také v průběhu celého dne. Vlastnosti aktivního povrchu tedy určují, jaké procesy budou v mikroklimatické vrstvě probíhat, čímž přímo ovlivňují mikroklima (MATEJKA et al., 1987; PETR et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; MATEJKA et al., 2003; ROŽNOVSKÝ et al., 2003; STŘEDOVÁ et al., 2011).

Je-li pěstovaná kultura dobře vyvinuta, lze pozorovat v celé vrstvě ve vertikálním směru izotermii (tedy jiné podmínky než v okolí) a díky tomu vznikne mikroklima konkrétního porostu. Stav porostu a výška Slunce významně ovlivňuje míru slunečního záření, která proniká kulturou. Pokud je porost příliš mohutný, pronikne směrem k půdě pouze malá část slunečního záření, protože zbytek je pohlcen v různých výškách porostu. Podstatný je však vliv výdaje tepla na výpar (transpiraci), poněvadž úzce souvisí s vývojem kultury. Pokud se bude rostlinná hmota zvětšovat, budou se zmenšovat denní změny teploty a celkově se sníží úroveň tepla, takže pod hustým porostem bude přes slunný den chladněji než v okolí. Naopak budou-li v okolí naměřeny výrazně nižší teploty než v předchozích dnech, bude v porostu naměřena vyšší teplota, protože porost si dokáže udržet určitou teplotu déle. To nastává převážně v noci, kdy se okolní teplota snižuje, takže se sníží i teplota v horních vrstvách, ale ne v přízemní vrstvě porostu (SAPOŽNIKOVÁ et al., 1952; STŘEDOVÁ et al., 2011).

Je-li pozornost zaměřena na porost z horizontálního hlediska, lze říct, že bude variabilní a to díky např. svažitosti, orientaci na různé světové strany, typu půdy, či množství živin v ní obsažených, které mají přímý vliv na vývoj jednotlivých rostlin. Z vertikálního hlediska je to složitější vzhledem k neustálým přeměnám energie, která závisí mimo jiné např. na struktuře porostu, jeho výšce nebo růstové fázi (STŘEDOVÁ et al., 2011).

Je-li porost pšenice srovnán s několika jednotlivými rostlinami, budou se lišit hodnoty měřených meteorologických prvků (teplota, vlhkost apod.). Porost pšenice bude mít v porovnání s jednotlivci rozdílnou teplotu a vlhkost v přízemní vrstvě a v efektivní výšce porostu, jelikož porost působí jako celek o větší ploše a zabraňuje okolnímu prostředí ovlivnit procesy, které uvnitř probíhají. U jednotlivců tyto procesy probíhat nebudou. Rozdílné hodnoty budou naměřeny v různých plodinách a to je dáno především tím, že se bude lišit celková fyziologická stavba rostlin (ROŽNOVSKÝ et al., 2003).

Porost může být rozdělen na tři části. První částí je přízemní výška, kde jsou obecně nižší teploty než v okolí, ale vlhkost je vyšší než okolní. Druhou částí je efektivní výška porostu (stanoví se jako 70 % aktuální výšky porostu). Při srovnání s modelovými teplotami ze standardní klimatologické stanice byly teploty v porostu nižší, zatímco vlhkost byla vyšší (díky fotosyntéze a evapotranspiraci). Výrazný vliv má charakter a hustota porostu. Poslední částí je výška 2 m nad půdním povrchem, kdy se ve srovnání s okolím teploty nijak zvlášť neliší a vlhkost je ve srovnání s okolím mírně vyšší, (STŘEDOVÁ et al., 2011).

Hlavní vliv na utváření mikroklimatu v porostu mají následující charakteristiky:

- Radiační a tepelná bilance povrchu
- Výpar
- Teplota
- Vlhkost
- Proudění větru
- Stav vegetace
- Typ půdy a půdní prostředí
- Orografie

(BROM et al., 2010)

### **3.2.2 Metody mikroklimatického monitoringu**

Studium mikroklimatu porostů jednotlivých plodin je založeno na měření meteorologických prvků „in situ“. Aby bylo studium použitelné pro vytvoření modelů predikce napadení patogeny a škůdci, je nezbytně nutné, aby se zohlednila heterogenita porostu a to jak vertikálně, tak horizontálně. Vertikální profil porostu lze standardně rozdělit na tři významné části. První částí je přízemní výška (0,05 m), druhou částí je efektivní výška porostu a třetí je výška 2 m nad půdním povrchem. Toto rozdělení bylo provedeno v závislosti na procesech, které v daných částích probíhají (STŘEDOVÁ et al., 2011; STŘEDA et al., 2012).

Efektivní výška porostu je z pohledu výskytu patogenů a škůdců nejvýznamnější. Určení efektivní výšky porostu probíhá z celkové aktuální výšky porostu a je to přibližně 70–85 % z celku (STŘEDOVÁ et al., 2011; STŘEDA et al., 2012).

#### **3.2.2.1 Používané přístroje**

Dříve se používaly elektronické meteorologické stanice, které byly propojené kabelem s počítačem. Dále se používaly přenosné staničky typu SIGNALIZÁTOR, které využívaly datového boxu pro přenos dat do počítače. Později se rozšířily stanice, které využívají bezdrátového přenosu do počítače, který se nachází v blízkosti. Dalším způsobem přenosu dat je přenášení přes mobilní sítě na webový server, kde k nim mají přístup jednotliví uživatelé (STŘEDOVÁ et al., 2011).

### **3.3 Atmosféra a procesy v ní se odehrávající**

Atmosféra je plynným obalem Země. Stejně jako Země i atmosféra se zúčastňuje denní a roční rotace. Je tvořena několika plyny, které dohromady nazýváme vzduchem (jeho součástí je vždy také vodní pára), (PETR et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

Lze rozlišit mezní vrstvu atmosféry, kde se přímo projevuje vliv zemského povrchu na vzduch. Teplota vzduchu vertikálně klesá s rostoucí nadmožskou výškou, je-li tomu naopak, dochází k inverzi. Horizontálně klesá teplota směrem od rovníku k pólům (jedná se o výsledek radiační a energetické bilance povrchu Země a přesunu vzduchu). Tlak vzduchu se snižuje s rostoucí výškou. Vítr je horizontální pohyb vzduchu, který vzniká v důsledku rozdílu tlaku. Může být způsoben nerovnoměrným dopadajícím zářením, které může být způsobené rozdílnou zeměpisnou šířkou,

odlišnými povrchy (a to jak druhem, tak barvou) nebo proměnlivou oblačností (PETR et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

### **3.3.1 Radiační bilance**

Radiační bilance je pojem označující přicházející a odcházející toky energie. Spolu s vodní bilancí jsou hlavními procesy, které ovlivňují biodiverzitu a stabilitu každého přirozeného ekosystému. Záření neboli radiace významně ovlivňuje další meteorologické prvky, jako jsou teplota, výpar, vítr, tlak vzduchu, vlhkost, srážky. Lze rozlišit krátkovlnné a dlouhovlnné záření. Krátkovlnné záření je záření Slunce a dlouhovlnným zářením je záření Země a atmosféry (PETR et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

#### **3.3.1.1 Krátkovlnné (sluneční) záření**

Na povrch zemské atmosféry dopadá sluneční záření, které má hustotu  $1,38 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$  a nazývá se solární konstanta. Díky atmosféře dopadne na zemský povrch jen přibližně 47 % z původního množství (ROŽNOVSKÝ et al., 1999; BROM et al., 2010).

Sluneční záření je z části pohlceno a z části odraženo. Lze ho rozdělit na čtyři hlavní složky: přímé záření dopadající kolmo na povrch, difúzní (rozptýlené) záření, které se dostane i do míst, kam přímo Slunce nesvítí (např. do spodních pater porostu) – je to dáno jevem nazývaným se rozptýl. Dále existuje globální záření, což je součet přímého a difúzního záření. Posledním zářením je záření odražené, které se odráží od zemského povrchu zpět do atmosféry a lze ho vyjádřit pomocí albeda, což je bezrozměrná veličina vyjadřující schopnost povrchu odrážet dopadající záření. Udává se v procentech a je ovlivněno mnoha faktory (např. fyzikální vlastnosti povrchu, barva, vlhkost a mnoho dalších), (MATEJKA et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

#### **3.3.1.2 Dlouhovlnné záření**

Zdrojem dlouhovlnného záření je zemský povrch a také všechno, co se na něm vyskytuje. Lze rozlišit tři hlavní složky. První složkou je vyzařování povrchu Země (zahrnuje všechny předměty na ní usazených). Druhou složkou je zpětné záření atmosféry, které je díky menším teplotám atmosféry (ve srovnání se Zemí) menší. Třetí složkou je odražené záření atmosféry uplatňující se pouze v malé míře (ROŽNOVSKÝ et al., 1999; KUSHNIR et al., 2000; ŽALUD et al., 2010).



Celková radiační bilance je dána součtem krátkovlnné a dlouhovlnné bilance a podrobný vzorec tedy vypadá následovně: přímé záření + difúzní záření – odražené záření – vyzařování Země + zpětné záření atmosféry – odražené záření atmosféry (ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

### **3.3.1.3 Rozdělení záření podle biologické účinnosti**

Záření lze rozdělit na následující skupiny: UV-záření, fotosynteticky aktivní radiace (FAR), infračervené záření (ROŽNOVSKÝ et al., 1999).

Ultrafialové záření dále dělíme na UV-A, UV-B a UV-C záření, kdy se nejvíce vyskytuje UV-A záření (90–99 %), které není životu nebezpečné. UV-B záření se vyskytuje velmi málo (1–10 %), je absorbováno ozonovou vrstvou. UV-C záření se téměř nevyskytuje, protože je zachyceno řadou plynů v atmosféře a to včetně ozonu (ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

Fotosynteticky aktivní radiace (viditelné záření) je záření, které má vlnovou délku cca 400–700 nm a má významnou roli pro fotosyntézu rostlin. Záření je zachycováno chlorofylem a bylo dokázáno, že rostlina využije při fotosyntéze do 1 % a zbytek záření je přeměněn na tepelnou energii, takže dochází k zahřívání listu. Při nadbytku nebo nedostatku FAR dochází ke stresu rostliny a tím dochází k inhibici fotosyntézy. Prahové hodnoty pro průběh fotosyntézy se mohou lišit v závislosti na druhu rostliny. Minimální hodnotou je kompenzační bod, a když příkon energie klesne pod tento bod, začnou převládat disimilační procesy nad asimilačními. Maximální hodnota je označována jako saturační hodnota (MATEJKA et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010; MCMAHON et al., 2011).

Infračervené záření lze nazývat také tepelným zářením, poněvadž účinky na organismus jsou převážně tepelné (dochází k přeměně absorbovaného záření na tepelné). Dojde-li k nadměrnému infračervenému záření, dochází u rostlin k přehřátí, což vede k otevření průduchů a vysoké transpiraci (což je označení pro výpar z rostlin). Rostlina tak ztrácí příliš mnoho vody a zvyšuje kořenové sání (ŽALUD et al., 2010).

V závislosti náročnosti rostlin na intenzitu světla lze rozlišit heliofyta a sciofyta. Sciofyta jsou rostliny stinných stanovišť, které však dokážou záření využít efektivněji. Heliofyta neboli rostliny výslunných stanovišť mají listy postavené tak, aby jejich plochy byly vystaveny polednímu Slunci v ostrém úhlu. Některé rostliny také mohou

vytvořit rozdílné listy vzhledem ke stinné a slunné straně, kdy na slunné straně jsou listy menší, silnější, s větším množstvím chloroplastů a hustšími průduchy, čímž jsou fotosynteticky aktivnější (ŽALUD et al., 2010).

#### **3.3.1.4 Rozdělení rostlin podle způsobu fixace CO<sub>2</sub> při fotosyntéze**

Rostliny lze rozdělit do tří skupin podle typu fotosyntézy: C3 rostliny, C4 rostliny, CAM rostliny.

C3 rostliny mají karboxylační enzym rubisco a prvním produktem fixace uhlíku je kyselina 3-fosfoglycerová, která má tři uhlíky. Do této skupiny patří většina druhů, jako např. pšenice (*Triticum aestivum*), ječmen (*Hordeum vulgare*), oves (*Avena sativa*), hrách (*Pisum sativum*), řepa (*Beta vulgaris*), tykev (*Cucurbita pepo*), tabák (*Nicotiana tabacum*), špenát (*Spinaca oleracea*), merlík (*Chenopodium album*), svlačec (*Convolvulus arvensis*), (MÁHRLOVÁ et al., 2010).

C4 rostliny mají karboxylační enzym PEP karboxylázu a prvním produktem fixace uhlíku je kyselina oxaloctová, která má čtyři uhlíky. Rostlinami patřící do této skupiny jsou např. kukuřice (*Zea mays*), proso (*Panicum miliaceum*), čirok (*Sorghum dochna*), lebeda (*Atriplex sabulosa*), (MÁHRLOVÁ et al., 2010; MCMAHON et al., 2011).

CAM rostliny jsou podobné C4 rostlinám, ale karboxylace jsou odděleny v čase (den/noc). Jedná se o sukulenty a kaktusy (MCMAHON et al., 2011; EPROJEKT et al., 2015).

#### **3.3.2 Energetická bilance**

Jedná se o přenos energie pomocí molekulární vodivosti, turbulence (konvekce, advekce) a latentního tepla. Mezi atmosférou a zemským povrchem dochází k výměně tepla zpočátku pomocí molekulárního vedení, ale později převažuje turbulence. Mezi zemským povrchem a jeho podložím dochází v případě půdy k molekulárnímu vedení, ale póry mohou být naplněné vodou či vzduchem, které jsou schopné turbulence. Je-li v půdě dostatek vody, dochází k lepšímu vedení půdy, ale teplota bude nad vlhkou půdou nižší než nad suchou. Dojde-li však k ochlazení, bude rychlejší nad provzdušněnou půdou než nad vlhkou (ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

### 3.3.3 Teplota

Teplotu lze definovat jako termodynamický stav tělesa. Vyjadřuje míru střední kinetické energie pohybujících se částic dané hmoty. Změna teploty je dána přijímáním nebo výdejem energie danou hmotou a je závislá na vlastnostech dané hmoty a dále na její energetické bilanci. Teplotu povrchu určuje energetická bilance povrchu, proudění větru, struktura a tvar povrchu/porostu, vlhkost a teplota vzduchu (BROM et al., 2010; ŽALUD et al., 2010).

Energie přechází v podobě tepla do vzduchu za pomoci kondukce, což je přímé vedení vzduchu s půdou a rostlinami. Pokud bude hustota teplého a studeného vzduchu rozdílná, začne přehřátý vzduch z přízemní vrstvy stoupat vzhůru a na jeho místo se posune studený vzduch. Tento jev je označován jako konvekce. Vypařuje-li se voda z povrchu vodní hladiny, půdy nebo rostlin, dochází ke kondenzaci a uvolnění tepla, (PETR et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ROUSEY et al., 2006).

Lze rozlišit následující charakteristiky teploty. Aktuální (skutečná) teplota je stanovená na konkrétním místě v konkrétní čas. Je nutné dodržet podmínku, aby byl teploměr zastíněný a ve výšce 2 m nad zemí. Průměrnou teplotu lze stanovit průměrem termínových teplot a to vždy v 7, 14 a 21 hodin středního místního času, kdy se večerní měření počítá 2×. Má využití převážně pro popis růstu plodin, vegetační sezony nebo polních pokusů. Minimální a maximální teplota se vztahuje ke kritickým obdobím rostliny (doba, kdy může být rostlina vystavena stresu či poškození). Dále se využívají dva typy teplotních sum. Teplotní suma aktivních teplot (TS) a suma efektivních teplot (SET), která má využití při posuzování teplotních dopadů na vývoj rostlin nebo živých organismů. Suma se počítá od prahové teploty, která je určená teplotním biologickým prahem (KLABZUBA et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

### 3.3.4 Vlhkost

Vlhkost vzduchu lze definovat jako množství vodní páry obsažené ve vzduchu. V přirozených podmínkách není možná existence suchého vzduchu. Nastane-li rovnovážný stav mezi vodou a vodní parou, nazýváme jej jako stav nasycení (vzduch je nasycen vodní parou), (PETR et al., 1987; ŽALUD et al., 2010).

Voda se dostává do vzduchu odpařováním z aktivních povrchů, které ji obsahují. V atmosféře lze rozlišit tři skupenství vody – plynné, kapalné a pevné. V závislosti na teplotě a tlaku vzduchu se mohou skupenství měnit. Voda se může vypařovat pouze do určitého množství (které nazýváme rosný bod, maximální stav nasycení), které je ovlivněno teplotou vzduchu. Pokud je množství vody za konkrétní teploty vzduchu překročeno, dochází ke kondenzaci. Stejně pravidlo platí, pokud je množství vody konstantní, ale dojde k poklesu teploty. Kondenzace je fyzikální proces, který probíhá vždy na konkrétním povrchu. K poklesu teploty povrchu dochází v případě, že dojde k vyzáření energie. Produktem kondenzace je rosa, vytvářející se na povrchu rostlin. Aby mohla vzniknout, musí dojít k velkým ztrátám tepla vyzářováním, což nastane za jasné noci bez oblačnosti. Rosa má velký význam pro rostliny, jelikož jim poskytuje až 0,1–0,3 mm srážek za noc. Vlhkost významně ovlivňuje výpar (PETR et al., 1987; BROM et al., 2010; ŽALUD et al., 2010).

Existují základní charakteristiky vlhkosti. Absolutní vlhkost vzduchu řeší hmotnost vodní páry je v jednotkovém objemu (hustota vodní páry). Měrná vlhkost označuje množství vodní páry v jednotkové hmotnosti vzduchu (podmínkou je stanovení, zda se jedná o suchý či vlhký vzduch). Relativní vlhkost vzduchu udává procentuální nasycenost vzduchu. Sytostní doplněk je deficitem vlhkosti a je doplňkem do maxima (plného nasycení vzduchu), (PETR et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010; SCHWARZER et al., 2013).

### **3.3.5 Srážky**

Za srážky lze označit částice, které vznikly v atmosféře či na zemském povrchu. Mohou vznikat kondenzací nebo desublimací vodní páry. Srážky jsou rozlišeny na vertikální neboli padající srážky a horizontální neboli usazené srážky. Za vertikální srážky je považován déšť, mrholení, sníh nebo zmrzlý déšť. Horizontální srážky jsou veškeré kondenzáty na zemském povrchu. To této skupiny tedy spadá rosa, jinovatka, námraza či ledovka (ŽALUD et al., 2010).

Srážky se vyskytují ve třech skupenstvích – v kapalném, tuhém či smíšeném. Rostlina potřebuje k přežití určité množství vody, které je označováno jako vláhová potřeba rostlin. Do té je zahrnuta voda potřebná na transpiraci, evaporaci a intercepci, ale také voda, která je součástí rostlinných pletiv. V rostlině se nedá nijak nahradit, jelikož představuje základní složku rostlinných orgánů. Vytváří specifické prostředí,

ve kterém probíhají biochemické procesy, transport živin a organických sloučenin. Nemá-li rostlina dostatek vody, dochází zpočátku k dočasnému a později trvalému poškození rostliny. Při dlouhodobém nedostatku vody (období sucha) je rostlina ve stresu, což významně ovlivňuje výnos (ŽALUD et al., 2010).

Základní charakteristikou srážek je množství srážek (v mm/čas) za určitou dobu. Dále se používá počet srážkových dnů (jedná se o dny, ve kterých se vyskytly srážky) nebo intenzita srážek, což je charakteristika, která má největší okamžitou vypovídající schopnost (ŽALUD et al., 2010).

### **3.3.6 Výpar**

Jedná se o přeměnu kapalného skupenství na plynné za spotřeby určitého množství energie. Molekula vody překoná pomocí tepelné energie soudržnost v kapalině a odletí do ovzduší. Ve skutečnosti mohou nastat tři případy. Převažuje-li množství molekul odlétajících do ovzduší, jedná se o výpar. Je-li tomu naopak a molekuly se vrací na povrch, jedná se o kondenzaci. Pokud tyto dva procesy probíhají rovnoměrně, nastává stav dynamické rovnováhy, (PETR et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

Výpar může být ovlivněn klimatickými faktory (např. teplota vypařujícího se povrchu, vlhkost, sytostní doplněk, vítr apod.). Pokud je teplota povrchu vyšší, je vlhkost vzduchu nad ním nižší. Výpar je intenzivnější se stoupající rychlostí větru. Dalšími faktory ovlivňující výpar jsou faktory, které charakterizují vypařující se povrch (např. typ povrchu (půda, voda, vegetace), barva, vlhkost, stáří vegetace atd.), (ŽALUD et al., 2010).

Základními charakteristikami výparu je množství (v mm/čas), které se udává za určitou stanovenou dobu (den, měsíc, rok). Další charakteristikou je intenzita (v mm/čas) a evapotranspirace, která udává celkový výpar složený ze tří dílčích. Evaporace je pojem označující výpar z neživých povrchů, transpirace je výpar vody z rostlin, přičemž voda byla součástí rostlinných buněk, a intercepce, což je výpar z povrchu rostlin (ROŽNOVSKÝ et al., 1999; ŽALUD et al., 2010).

Rostliny mají schopnost aktivně ovlivňovat množství odpařené vody, čímž ovlivňují své okolí. Rostliny transpirují za pomoci průduchů, které jsou regulovány jednotlivě, takže rostlina může okamžitě zareagovat na jakoukoli změnu okolního prostředí (BROM et al., 2010; PERLMAN et al., 2014).

### **3.3.7 Proudění vzduchu**

Proudění je pohyb vzduchu v horizontálním a vertikálním směru. Vzniká díky vyrovnávání tlakových gradientů a teplotních rozdílů. Proudění vzduchu je v mezní vrstvě atmosféry ovlivněno tvarem povrchu, což má vliv na místní cirkulaci vzduchu. Vítr je horizontálním pohybem, tzv. advektivním prouděním, kdy dochází k vyrovnávání tlaku tím, že se tlak začne vyrovnávat posunem z míst s vyšším tlakem do míst s nižším. K vertikálnímu pohybu vzduchu, tzv. konvekci, dochází, když jsou zahřívány vzduchové masy, které stoupají a chladnější naopak klesají. Dalším typem je turbulence, což je konvekce i advekce zároveň a dochází všesměrovému pohybu, neboli chaotickému proudění vzduchu (STRUŽKA et al., 1956; PETR et al., 1987; ROŽNOVSKÝ et al., 1999; BROM et al., 2010; ŽALUD et al., 2010).

## **3.4 Ostatní vlivy na mikroklima porostu**

### **3.4.1 Vegetační kryt**

Mikroklimatické charakteristiky jsou závislé na vegetačním krytu – různé plochy mají různé albedo, různé teplotní, vlhkostní a půdní poměry čímž dochází k proudění vzduchu (BROM et al., 2010; WANG et al., 2012).

### **3.4.2 Orografie**

Zabývá se tvarem povrchu, nadmořskou výškou, orientací ke světovým stranám, sklonitostí a výrazně ovlivňuje mikroklimatické charakteristiky. Svahy orientované na různé strany jsou různě ohřívány, což má vliv na radiační bilanci porostu (BROM et al., 2010).

## **3.5 Porost a procesy v něm se odehrávající**

### **3.5.1 Porost a atmosféra**

Listy mají pro rostliny velmi významnou funkci, protože přijímají dopadající záření a jsou asimilačním orgánem. Celková fytomasa rostliny je dána hlavně množstvím přijatého slunečního záření. Aby se mohla rostlina vyvíjet a růst, potřebuje dostatek půdní vlhkosti, a proto musí mít dostatečně vyvinutý kořenový systém. Rostliny jsou popisovány pomocí fotometrických charakteristik, kam patří např. čerstvá a suchá hmotnost rostliny, výška olistění rostliny (od povrchu půdy po nejvyšší bod na listu), výška rostliny aj. Celkový porost je pak ovlivňován zejména zářením a větrem, které ovlivňují výměnu energie jednotlivých listů. V ekosystému je plocha listů mnohonásobně větší než plocha půdy a poměr těchto ploch je označován jako index listové pokrývnosti a udává nám hustotu fotosyntetizujících povrchů. Listová plocha je nezbytná pro fotosyntézu, dýchání a také čistou produkci. Hustota listové plochy nám udává vrstvy, ve kterých jsou koncentrované fotosyntetizující povrchy. Lze ji vyjádřit jako povrchovou plochu listů na objemovou jednotku porostu v dané výšce. Díky turbulentním a radiačním tokům v porostu vznikají charakteristické profily, ve kterých je určitá teplota, koncentrace vodní páry, či  $\text{CO}_2$  (MATEJKA et al., 1987).

### **3.5.2 Regulace vody**

Rostliny mohou aktivně ovlivnit množství odpařené vody. Pomocí průduchů regulují transpiraci a tím nedochází k přehřívání či podchlazení, protože včas reagují na změnu v okolním prostředí. Při vypařování vody z rostlinných orgánů či půdy dochází ke kondenzaci a tím i k uvolnění energie v podobě tepla, povrch rostlin a okolní prostředí je tak ochlazen. Voda je zdrojem kyslíku produkovaného při fotosyntéze a vodíku, který je potřeba pro redukci  $\text{CO}_2$  (MATEJKA et al., 1987; PETR et al., 1987; BROM et al., 2010).

### 3.5.3 Ovlhčení listů

K ovlhčení listů dochází při kondenzaci a to v době, kdy se v blízkosti povrchu vyskytuje vzduch nasycený vodní párou. Jak již bylo výše zmíněno, dochází k tomu ve dvou případech. Buď dojde k poklesu teploty pod teplotu rosného bodu okolí anebo se zvýší obsah páry ve vzduchu. To znamená, že pokud porost vyzařuje energii, dochází k poklesu teploty povrchu listu a tím se zvyšují šance, že se na listech bude tvořit rosa. Nejvíce energie v podobě tepla vyzařuje porost v noci, kdy je jasno. Rosa má pro rostliny velký význam, poněvadž poskytuje 0,1–0,3 mm srážek za noc. Měření ovlhčení listů se běžně neprovádí, je to pouze v rámci výzkumu. K měření ovlhčení slouží speciální elektrody, většinou jsou založené na vodivosti mezi dvěma elektrodami, mezi kterými se nachází např. filtrační papír, který však musí být pravidelně měněn. Elektrody musejí být čištěny, protože případné nečistoty by mohly zvyšovat vodivost a to i v suchém stavu (MATEJKA et al., 1987; PETR et al., 1987; LITSCHMANN et al., 2014).

### 3.5.4 Energetická bilance rostlinného povrchu

V porostu dochází k neustálým výměnám energie. Slunce vysílá krátkovlnné záření, které ze 47 % projde atmosférou a dopadá na zemský povrch (tudíž i porost). Porost část energie přijme a část je odražena zpátky do atmosféry (albedo). Dlouhovlnným zářením je záření atmosféry, Země a všeho, co se na ní vyskytuje (porost). Porost tedy v průběhu dne přijímá energii v podobě krátkovlnného záření a v noci, kdy Slunce nesvítí, energii zase vyzařuje v podobě dlouhovlnného záření. Ve dne je radiační bilance kladná, protože množství přijaté energie je větší než množství energie povrchem vyzařené, v noci je tomu naopak. S tím souvisí také změna teploty v průběhu dne a noci (MATEJKA et al., 1987).

Kromě výměny energie vzniká za vhodných ventilačních podmínek turbulentní tok tepla. Vzniká v důsledku vířivého pohybu vzduchu a směr je v případě teplejšího povrchu ve srovnání s teplotou vzduchu od povrchu do ovzduší nebo z teplejšího ovzduší k chladnějšímu povrchu. Aby mohla probíhat transpirace, spotřebovává se energie v podobě tepla, která je označována jako tok tepla spotřebovaný na výpar. Hodnoty jsou kladné v případě přenosu vody z povrchu do ovzduší a záporné, když je směr toku vodní páry z atmosféry k zemskému povrchu a zde je pak možná souvislost s tvorbou rosy (MATEJKA et al., 1987).



### 3.5.5 Radiční režim porostu

Světlo je formou energie záření. V rostlině významně ovlivňuje mnohé procesy. Radiční toky mají na rostlinu termální účinky (energie na transpiraci a výměnu tepla s okolím), fotosyntetické účinky (energie využita při fotosyntéze) a morfogenetické účinky (sluneční záření má vliv na růst a vývin rostlin), (MATEJKA et al., 1987).

Listy absorbují sluneční energii velmi selektivně – oblast FAR se absorbuje až z 90 %, ale např. infračervené záření je většinou odraženo nebo propuštěno. List je přizpůsoben, aby co nejvíce využíval záření. Tam, kde je potřeba energie větší, absorbuje silněji a oblast listu, která není využita, záření odráží a propouští, aby nedošlo k přehřátí. Krátkovlnné záření ovlivňuje regulaci růstu a vývinu. Ultrafialové záření, rentgenové záření či gama záření má vliv na strukturu genetického materiálu a může způsobovat mutace (MATEJKA et al., 1987).

Z vertikálního hlediska se porost setká se slunečním zářením hlavně ve vyšších vrstvách, kde se nachází i výše zmiňovaný aktivní povrch, tedy vrstva, kde dochází k největším výměnám energie. V efektivní výšce porostu má přichozí záření výrazný vliv na fotosyntézu a transpiraci, rostlina se snaží při přehřátí ochladit, takže otevře průduchy a zvyšuje se výdej vody. Do nižších vrstev plně vyvinutého porostu se přímé sluneční záření nedostává, tudíž tam budou nejmenší teplotní rozdíly. Sluneční záření, které dopadá na rostlinný porost, se mnohonásobně odráží, rozptyluje, částečně se absorbuje, částečně prochází listy, takže na povrch půdy se dostává jen minimální množství záření, u kterého nedošlo ke změně spektrálního složení (MATEJKA et al., 1987).

## 3.6 Choroby pšenice seté

### 3.6.1 Listové choroby

#### 3.6.1.1 Padlí travní

Padlí travní na pšenici je způsobeno patogenem *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, syn. *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*. Patogen je specializován podle hostitele (forma specialis), mezi jednotlivými druhy však k přenosu nedochází. Padlí je obligátní parazit, který přežívá vždy na živé rostlině. Přezimuje ve formě kleistothecií či mycelia na ozimých hostitelských plodinách. Pro rozvoj a šíření padlí jsou optimální teploty 12–20 °C, aby došlo ke sporulaci, musí se teploty pohybovat v rozmezí 7–24 °C. Patogen vyžaduje vlhké mikroklima uvnitř porostu, nevyhovují mu však přímé srážky, pro šíření preferuje sušší počasí. Padlí se šíří větrem a to na vzdálenosti až 100 km v podobě konidií či askospor. Konidie pak infikuje list, na který dopadne. Dojde k vytvoření infekční hyfy, která proniká do mezibuněčných prostor hostitele, kde dojde k vytvoření haustorií, jimiž se patogen vyživuje. Na povrchu listu se vytvoří bílé, šedé až hnědošedé mycelium, na kterém se vytvářejí konidie, kterými se tato houba šíří po dobu vegetace. Ke konci vegetace se ve starém myceliu vytvoří pohlavní formy (anteridie a askogonie) a na myceliu vyrostou kleistothecia, což jsou plodničky, mající uvnitř vřecka, která obsahují askospory. Ty mají význam na jaře pro šíření patogena. Bylo zaznamenáno, že největší škody působí patogen právě při tvorbě praporcového listu. Aby se předešlo napadení tímto patogenem, je vhodné pěstovat nepřehuštěné porosty a dále je nepřehnojovat dusíkem, poněvadž by to přispělo k rychlejšímu rozvoji patogena. Ochranným opatřením je včasná fungicidní ochrana tak, aby nedošlo k rozšíření padlí do klasu a také na praporcový list. V současné době se šlechtí plodiny na odolnost, kdy šlechtění ječmene je doposud úspěšnější než šlechtění pšenice (ZIMOLKA et al., 2005; TE BEEST et al., 2008; VĚCHET et al., 2008; BITTNER et al., 2009; HANZALOVÁ et al., 2010; CAO et al., 2011; CHRPOVÁ et al., 2013).

### 3.6.1.2 Černá rzivost trav (rez travní)

Černá rzivost trav je způsobena patogenem *Puccinia graminis*. Konkrétně pšenici napadá *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. Jedná se o obligátního parazita, který pro své přežití potřebuje živou rostlinu. Mezihostitelem této rzi je dříšťál a také mahónie. Nevyskytuje-li se v okolí žádný mezihostitel, nemůže se zde vyskytovat ani tento patogen. Houba vyžaduje vlhko a teplé počasí, proto se objevuje později než ostatní rzi. Po infekci patogenem se na listových pochvách a stéblech začnou vyskytovat podlouhlá ložiska uredospor, které mají cihlově červenou, rezavou až hnědavou barvu. Epidermis, pod kterou jsou ukryty letní spory, začne praskat a odchlípnout se. S postupem času se začnou tvořit zimní spory tmavě hnědé až černé barvy. V této formě pak patogen přezimuje na rostlinných zbytcích, kde na jaře vytvoří basidiospory, které se větrem přenesou na mezihostitele. Na něm pak proběhne pohlavní stadium, na líci hostitele bude možné pozorovat spermogonia se spermáciemi, na rubu budou aecidie žlutooranžové barvy a aecidiosporami. Tyto aecidiospory se pomocí větru dostávají na hostitele, na kterém se vytvoří uredospory, které se větrem rozšíří po celém porostu. Poněvadž se již pěstují rezistentní odrůdy, není patogen až tak rozšířený a škodlivost je tedy téměř zanedbatelná. V případě potřeby mohou být použity fungicidy (SYCHROVÁ et al., 2006; BITTNER et al., 2009; HANZALOVÁ et al., 2010; CHRPOVÁ et al., 2012).

### 3.6.1.3 Žlutá rzivost pšenice (rez plevová)

Žlutá rzivost pšenice je způsobena patogenem *Puccinia striiformis*, syn. *Puccinia glumarum*. Jedná se o obligátního patogena, jehož výskyt se soustřeďuje hlavně na chladnější a vlhčí oblasti. Tento patogen přezimuje v podobě uredospor nebo mycelia na živých rostlinách daného hostitele. Pro přezimování jsou vhodné vlhké podmínky a celkově mírná zima. Na jaře se pak začnou uvolňovat spory, které větrem infikují další rostliny. Spory klíčí na vlhkých pletivech a vytváří se infekční hyfa prorůstající do mezibuněčného prostoru hostitele. Vytvoří se haustoria, kterými se patogen živí. Dále následuje vývoj uredospor závislý na teplotách. Budou-li se teploty pohybovat kolem 15 °C, vývoj bude 12–15 dní, ale při 5 °C bude až 25 dní. Stoupnou-li teploty nad 29 °C, přestanou letní spory klíčit. Příznaky lze pozorovat již časně na jaře již v době, kdy ještě není možné pozorovat příznaky jiných rzí. Na listech jsou viditelné čárkovité citrónově žluté kupky uredospor, které postupně vytvoří pruhy mezi

žilnatinou listů a listovými pochvami. Listy následně zasychají a odumírají. Jsou napadeny také pluchy klasu – na vnitřní straně se pomalu začnou protrhávat uredospory. S koncem vegetace jsou uredospory vystřídány teleutosporami černohnědé barvy, ukrývajícími se pod pokožkou rostlinných pletiv. Doposud nebyl objeven mezihostitel této rzi a podrobnější cyklus také není znám. Je vhodné volit odrůdu odolnou vůči danému patogenu, dále se používají také fungicidy (ZIMOLKA et al., 2005; SYCHROVÁ et al., 2006; TE BEEST et al., 2008; BITTNER et al., 2009; HANZALOVÁ et al., 2010).

#### **3.6.1.4 Hnědá rzivost pšenice (rez pšeničná)**

Hnědá rzivost pšenice je způsobena patogenem *Puccinia persistens* subsp. *tritici*, syn. *Puccinia persistens* subsp. *triticina*. Je to obligátní houbový parazit přežívající výhradně na živých rostlinách. V našich podmínkách je hnědá rzivost pšenice nejvýznamnější ze rzí na pšenici. Mezihostitelem patogena je žluťucha. Na listech rostliny se vytvoří uredospory, což jsou tzv. letní spory, které mají oranžovou a později červenohnědou barvu. Jak se blíží konec vegetace, začnou se objevovat v okolí uredospor teleutospory, tzv. zimní spory, které jsou hnědočerně zbarvené. Patogen přezimuje v podobě uredospor nebo mycelia na výdrolu nebo ozimé obilnině. Poté uredospory vyklíčí a infikují nejbližšími průduchy rostlinu. Dojde k vytvoření infekční hyfy, která se šíří mezibuněčnými prostory rostliny a pomocí haustorií vyživuje z buněk. Jakmile se na povrchu listu vytvoří mycelium, vznikne na něm ložisko nových uredospor, které se větrem rozšíří do okolí. Pro klíčení uredospor je udávaná minimální teplota 2 °C za podmínky, že musí být tma. Aby mohlo dojít k infekci, musí se teplota pohybovat okolo 15 °C a listy musí být ovlhčené po dobu alespoň 4 hodin. Intenzivní záření přispívá k vytvoření většího množství spor. Jsou-li teploty 20–26 °C (v noci nad 12 °C), dochází k rychlému šíření a rozvoji patogena. K největšímu rozvoji choroby dochází v době nalévání zrna a za nejvýznamnější je považováno napadení praporcového listu. Ochranným opatřením je výběr odolnějších odrůd, použití fungicidů a také nepřehnojování dusíkem, který ve velkém množství podporuje rozvoj patogena (VĚCHET et al., 2008; BITTNER et al., 2009; HANZALOVÁ et al., 2010; HÝSEK et al., 2014).

### **3.6.1.5 Septoriová skvrnitost pšenice (braničnatka pšeničná)**

Septoriová skvrnitost pšenice je způsobena patogenem *Mycosphaerella graminicola*, který má anamorfu *Septoria tritici*. Jedná se o listovou skvrnitost listů pšenice, kdy dochází k předčasnému stárnutí listových pletiv. V současné době je tento patogen na pšenici velmi běžný. Patogen přežívá pomocí posklizňových zbytků v půdě po dobu až několika měsíců. Až nastanou vhodné podmínky, šíří se vzduchem askosporami z pseudothecií. Černá pseudothecia se tvoří při pohlavní fázi a šíří se větrem, zatímco při nepohlavní fázi se vytváří pyknostry, šířící se deštěm. Pro podporu šíření pyknostry je ideální vlhké počasí a teploty 15–25 °C. K infekci dochází většinou po uplynutí 20–48 hodin. Na listech lze pozorovat světle zelené, žloutnoucí až hnědé nepravidelné skvrny, které se postupem času stále zvětšují. Nakonec pletivo odumírá a celé napadené listy usychají. Patogen se šíří od spodních listů do vyšších pater. Mezi ochranné opatření patří volba odolnějších odrůd a použití fungicidů. Ošetřují se porosty, u kterých jsou v době metání viditelné skvrny na listech. Vhodné je také řádné zapravení posklizňových zbytků do půdy (CHUNGU et al., 2001; VĚCHET et al., 2008; BITTNER et al., 2009, HANZALOVÁ et al., 2010; VĚCHET et al., 2010; BERNARDOVÁ et al., 2013).

### **3.6.1.6 Pyrenoforová skvrnitost pšenice (helminthosporiová skvrnitost pšenice)**

Pyrenoforová skvrnitost pšenice je způsobena patogenem *Pyrenophora tritici-repentis*, který má anamorfu *Drechslera tritici-repentis*, syn. *Helminthosporium tritici-repentis*. Rozvoj patogena podporuje vlhké mikroklima v porostu a teploty pohybující se v rozmezí 5–36 °C. Tvorba konidií začíná až při teplotě 10 °C. Přenos patogena může probíhat pomocí posklizňových zbytků nebo osivem. V posklizňových zbytcích přezimuje pomocí pseudothecií, ve kterých jsou uloženy askospory. Na jaře se askospory uvolňují a infikují listy – primární infekce rostlin. Později se na napadených listech začnou objevovat hnědé skvrny 2–3 mm velké, mající kolem sebe chlorotický kruh. Jedná se o konidie, kterými patogen sekundárně infikuje rostliny. Dojde-li choroba do konečného stadia, začne docházet k postupnému usychání listů od špičky. Na pluchách je možné pozorovat drobné čárkovité nekrózy. Významným ochranným opatřením je odstranění zbytků slámy z polí nebo urychlení jejího rozkladu. Je vhodné vybírat odrůdy, které mají vyšší odolnost vůči patogenu, poněvadž je tak zpomalen rozvoj choroby (ZIMOLKA et al., 2005; VĚCHET et al., 2008; BITTNER et al., 2009).

## 3.6.2 Klasové choroby

### 3.6.2.1 Prašná snětivost pšenice (prašná sněť pšeničná)

Prašná snětivost pšenice je způsobena patogenem *Ustilago tritici*. K infekci dochází převážně při kvetení, kdy dojde ke kontaktu spor letících vzduchem s bliznou kvetoucích klásků. Patogen proroste do semeníku, kde nastane klidové stadium, které končí, až když začne zrnو klíčit. Při klíčení je rostlina infikována, což se projeví časnějším metáním a uvolněním černých spor ve formě prachu, které se dále šíří větrem a deštěm. Pro rozvoj patogena jsou optimální teploty v rozmezí 18–25 °C a vysoká vzdušná vlhkost. Vyšší teploty při klíčení zrn podporují šíření houby v rostlině. Čím déle pšenice pokvete, tím více bude napadených jedinců v porostu. Symptomy jsou viditelné až když je viditelný klas, který změní barvu do tmavě hnědé. Konečným příznakem je holé vřetenو. Choroba se vyskytuje častěji u odrůd, které mají otevřené květy. Základním ochranným opatřením je neinfikované osivo. Dále se používají mořidla, která mají dobrou účinnost (AGROMANUÁL.CZ et al., 2003; BITTNER et al., 2009; PROKINOVÁ et al., 2013; SPITZEROVÁ D., 2013).

### 3.6.2.2 Mazlavá snětivost pšenice (mazlavá sněť pšeničná)

Mazlavou snětivost pšenice způsobuje patogen *Tilletia caries*. Optimální teplota pro rozvoj patogena je 6–7 °C. Patogen se přenáší infikovaným osivem. Jakmile se s osivem, které obsahuje háčky patogena, manipuluje, dojde k hlavní infekci. Nastává to hlavně v kombajnech, skladech nebo čističkách osiv. Patogen proniká do rostliny teprve, až začne infikovaná obilka klíčit. Takto napadené rostliny jsou velmi často náchylné k napadení dalšími houbovými chorobami. Napadené klasy mají tmavší barvu až do modrozelené. Pozorovat napadení snětí je možné teprve, až klasy vymetají. Pluchy klasů, které byly napadeny, jsou rozevřené a místo zrn se nacházejí hnědé háčky. Uvnitř hálek se nachází několik milionů tmavých chlamydospor. Jakmile by došlo ke sklizení takto napadených rostlin, háčky se naruší a chlamydospory infikují další nenapadená zrna a tím je znehodnotí. Mezi ochranná opatření patří výběr neinfikovaného osiva. Běžně se používají mořidla proti tomuto patogenu (AGROMANUÁL.CZ et al., 2003; VĚCHET et al., 2008; BITTNER et al., 2009).

### **3.6.2.3 Zakrslá snětivost pšenice (sněť zakrslá)**

Zakrslá snětivost pšenice je způsobena patogenem *Tilletia controversa*. Rostliny jsou infikovány z půdy chlamydosporami při příliš mělkém setí. Tyto spory mohou přežít v půdě až 10 let. Aby vyklíčily, musí být splněny dvě podmínky. Potřebují světlo a teplotu 1–5 °C po dobu až několika týdnů. Napadené rostliny i klasy jsou o více než polovinu zkráceny a místo obilek se tvoří hálky obsahující chlamydospory. Ve srovnání s mazlavou snětivostí pšenice jsou hálky celkově drobnější a také tvrdší. Pro takto napadené rostliny je typické, že nadměrně odnožují. Klas je nerovnoměrný, celkově deformovaný a vypadá rozčepýřeně. Nejcitlivější je pšenice ve fázi odnožování. Mezi ochranná opatření patří setí v optimální hloubce a také střídání plodin v osevním sledu. Dále musí být zabráněno kontaminaci sklizňové techniky a případnému prodeji napadeného osiva. Běžně se využívají speciální mořidla (VĚCHET et al., 2008; BITTNER et al., 2009).

### **3.6.2.4 Feosferiová skvrnitost pšenice (braničnatka plevová)**

Feosferiová skvrnitost pšenice je způsobena patogenem *Phaeosphaeria nodorum*, jehož anamorfa je *Stagonospora nodorum*. Aby vznikla infekce, musí být teplota vzduchu alespoň 10 °C. K rozvoji houby je nutné vlhké deštivé prostředí, teploty kolem 20 °C. Patogen přezimuje na odumírajících rostlinných zbytcích v půdě v podobě vyvíjejících se plodnic (perithecií). Z plodnic jsou na jaře uvolněny askospory, které se pomocí větru rozšíří do okolí a hned infikují další rostliny. Od počátku infekce rostliny se začnou objevovat první symptomy po 8–12 dnech. Mladé napadené rostliny mají zakrnělý klíček a také hnědé skvrny na koleoptile. U větších rostlin lze v době odnožování pozorovat na spodních listech malé vřetenovité nekrotické skvrny, které se budou stále prodlužovat a slévat dohromady v závislosti na rozvoji choroby. Skvrny se často vyskytují také na pluchách a plevách. Dalším zdrojem infekce bývá velmi často také osivo. Ochrana se provádí chemická a dále se klade důraz na neinfikované osivo (SUTTON et al., 1966; ZIMOLKA et al., 2005; BITTNER et al., 2009; CHRPOVÁ et al., 2012).

### 3.6.2.5 Fuzariózy klasu

Fuzariózy jsou způsobeny patogeny rodu *Fusarium*. Na pšenici a ječmeni se nejčastěji vyskytují *Fusarium graminearum* a *Fusarium culmorum*, které produkují mykotoxiny, což jsou vlastně sekundární metabolity. Jedná se především o deoxynivalenol, nivalenol a zearalenon, které mají strukturu velmi podobnou steroidním hormonům. Tyto látky ohrožují potravinářskou a krmivářskou hodnotu, neboť jsou hygienicky nepřijatelné. Patogen vyžaduje vysokou vzdušnou vlhkost a obecně optimální teploty v rozmezí 18–25 °C, přičemž *Fusarium graminearum* je teplomilnější (optimální teplota je 24–27 °C) a *Fusarium culmorum* je chladnomilnější (optimální teplota je 15–25 °C). Pro infekci jsou ideální několikadenní deště. Tyto patogeny se vyskytují na rostlinách v průběhu celé vegetace. Klasy mohou být napadeny kdykoliv a to přenosem patogena z jiných částí rostliny. Přežívají v osivu, půdě či posklizňových zbytcích. Šíří se v podobě askospor větrem, či deštěm a to v období od dubna do června. Je-li napaden klas, probíhá infekce sporami přes prašníky do jednotlivých květů. Patogen proroste klasovým věténkem a jednotlivá zrna či klásky začnou postupně odumírat. Infekce klasů nastává ve fázích metání do konce plné zralosti. Klas je nejcitlivější k napadení v době od počátku kvetení do konce plného kvetení. Jednotlivé druhy rodu *Fusarium* v klasech je možné určit pouze mikroskopicky či kultivací na agarových půdách. I tak však existuje varianta zmýlení při určování. K přesné detekci jednotlivých druhů slouží metoda PCR založená na druhově specifických primerech. Z rodu *Fusarium* byl zaznamenán největší výskyt *Fusarium graminearum*, poté *Fusarium avenaceum* a následně *Fusarium culmorum*. Vhodným ochranným opatřením je použití fungicidů, urychlení rozkladu posklizňových zbytků, správné agrotechnické postupy, pěstování odolnějších odrůd. Významný vliv má také předplodina a zpracování půdy. Je vhodné potlačit výskyt savého hmyzu, jako jsou např. mšice produkující medovici, která je dobrou živnou půdou pro tyto patogeny (BITTNER et al., 2008; VĚCHET et al., 2008; BITTNER et al., 2009; CHRPOVÁ et al., 2012).



## 3.7 Choroby ječmene setého

### 3.7.1 Listové choroby

#### 3.7.1.1 Padlí travní

Padlí travní na ječmeni je způsobeno patogenem *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*, syn. *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* (BITTNER et al., 2008; BITTNER et al., 2009). Onemocnění je blíže popsáno v kapitole 3.6.1.1 Padlí travní.

#### 3.7.1.2 Hnědá rzivost ječmene (rez ječná)

Hnědá rzivost ječmene je způsobena patogenem *Puccinia hordei*. Patogen přezimuje v podobě mycelia nebo uredospor na živých rostlinách. Spory se šíří větrem, klíčí při 100% vzdušné vlhkosti při teplotách v rozmezí 5–25 °C, přičemž optimální je teplota 15–20 °C. Stoupne-li teplota nad 30 °C, dochází k zastavení infekce, protože uredosporové mycelium odumírá. Napadení lze pozorovat v období metání na líci listů, na které se objevují malé kulaté kupky uredospor žlutooranžové až hnědé barvy. Skvrny jsou ohraničeny žlutým dvůrkem. Uredospory lze pozorovat v menší míře také na stéble, pluchách, osinách nebo zrnech. Později je možné pozorovat na stejném místě pod pokožkou oválné teleutospory hnědé až černé barvy. Mezi základní ochranná opatření patří likvidace výdrolu, dále izolace ozimého ječmene od jarního. Podstatné je také nepřehnojovat porosty dusíkem, nepřehušťovat je a vybírat odrůdy s vyšší odolností vůči danému patogenu. Často se používají také fungicidy (AGROMANUÁL.CZ et al., 2003; BITTNER et al., 2008; BASF et al., 2015).

#### 3.7.1.3 Síťová skvrnitost ječmene (hnědá skvrnitost ječmene)

Síťová skvrnitost ječmene je způsobena patogenem *Pyrenophora teres*, jehož anamorfa je *Drechslera teres*. Patogen se šíří osivem, ale také inokulací listů během vegetace. Pro šíření patogena je vhodné chladnější vlhčí počasí, ale nevádí ani střídání sušších a vlhčích dnů. Optimální teplota se pohybuje v rozmezí 18–24 °C. Patogen způsobuje na listech hnědé nekrózy v podobě síťky. Postupně může dojít až k zasychání listů. K primární infekci dochází velmi často z osiva. Na klíčcích pochvách se objevují nekrotické proužky světle hnědé barvy. Tyto skvrny pak mohou přecházet na listové pochvy a vytvářet síťování. Je-li napadení silné, mohou listy odumírat. V místech skvrn se vytvářejí konidie, které infikují další listy a zrna, čímž dochází k šíření choroby. Mezi hlavní zdroje napadení se řadí posklizňové zbytky a dále infikované osivo.

Na zbytcích se tvoří vřečka, která obsahují spory a ty se dále přenášejí do porostu větrem. Díky výdrolu jarního ječmene a ozimého ječmene je vytvořen tzv. zelený most, díky němuž se patogen dále šíří. Preventivním opatřením je oddělení pěstování ozimého a jarního ječmene, dále je nutná likvidace výdrolu. Využívají se také odrůdy s vyšší odolností vůči danému patogenu, pro zabránění přenosu patogena osivem je vhodné použít mořidla. Od období sloupkování do počátku metání lze aplikovat fungicidy (AGROMANUÁL.CZ et al., 2003; BITTNER et al., 2008; LEIŠOVÁ-SVOBODOVÁ et al., 2011; BERNARDOVÁ et al., 2013; BASF et al., 2015).

#### **3.7.1.4 Pruhovitost ječmene**

Pruhovitost ječmene způsobuje patogen *Pyrenophora graminea*, jehož anamorfa je *Drechslera graminea*. Tato houba je přenosná osivem, kdy mycelium přezimuje mezi pluchou a obilkou a jakmile začne zrno klíčit, pronikne mycelium do koleoptile, čímž infikuje rostlinu. Aby byly infikovány klíčící zrna ječmene, musí být teplota kolem 2 °C po dobu asi 3 týdnů. Je-li teplota vyšší, nedochází k tak rozsáhlému napadení rostlin. Na listech je možné zpočátku pozorovat malé světlé skvrny, které se později přemění v žlutou pruhovitost listů podél listové žilnatiny. Tato pruhovitost postupuje směrem od báze listů až ke špičce. Dochází k postupnému odumírání a listy se začnou podél žilnatiny trhat. Napadené rostliny jsou ve srovnání se zdravými kratší a zakrslejší, systémově napadené rostliny mají hluché klasy. V období třepení listů dochází k tvorbě konidií, které se větrem přesouvají na kvetoucí rostliny ječmene. Infekce v době kvetení bývá nejzávažnější. Choroba se nevyskytuje v ohniskách, ale roztroušeně. Mezi základní ochranná opatření patří setí zdravého neinfikovaného osiva, dále používání mořidel na bázi fungicidů (AGROMANUÁL.CZ et al., 2003; BITTNER et al., 2008; BASF et al., 2015).

#### **3.7.1.5 Vřetenovitá hnědá skvrnitost ječmene**

Vřetenovitou hnědou skvrnitost ječmene způsobuje patogen *Cochliobolus sativus*, jehož anamorfa je *Bipolaris sorokiniana*. Onemocnění se nevyskytuje příliš často. Primární infekce probíhá v době vzcházení a nezbytná pro rozvoj patogena je teplá a suchá půda. Sekundární infekce pak probíhá v době vegetace konidiemi, které se tvoří při teplotách nad 20 °C. Příznaky napadení lze pozorovat na všech částech rostliny. Je-li napadení příliš silné již v době vzcházení, může dojít k odumření. Mohou být zasažena také kolénka, která se mohou i zlomit. Na listech jsou viditelné hnědé skvrny, které jsou

nevýrazně ohraničeny žlutým dvůrkem. Skvrny jsou asi 5 mm velké, později mohou měnit barvu až do tmavě hněda, případně černa. Je-li rostlina silně napadena, je zasažen také klas a zrna. Na pluchách a zrnech je možné pozorovat hnědé nekrózy. Mezi základní ochranná opatření patří použití neinfikovaného osiva, dále moření osiva. Ozimy by neměly být sety příliš brzy a jařiny příliš pozdě (BITTNER et al., 2008).

### **3.7.1.6 Spála ječmene**

Spála ječmene je způsobena patogenem *Rhynchosporium secalis*. Teleomorfa není doposud známa. Nejvíce je napadán ozimý ječmen. Patogen přezimuje na posklizňových zbytcích v podobě mycelia nebo na ozimých hostitelích, může být přenášen i osivem, ale běžně se přenáší konidiami. Pokud proběhlo mělké setí a byl vlhký deštivý chladný podzim, může dojít k primární infekci z osiva. Šíření patogena je podporováno bohatými srážkami a teplotami v rozmezí 15–20 °C, šíření však může začít již při 4 °C. Na listech lze na jaře pozorovat vodnaté, šedivé skvrny velikosti 5–15 mm, které od středu prosychají a jsou ohraničené ostrým tmavě hnědým okrajem. Skvrny se postupně slévají. Při silném napadení je poškozena asimilační schopnost listů. Mezi významná ochranná opatření patří hluboké zaorání posklizňových zbytků, použití fungicidů nebo rezistentních odrůd (AGROMANUÁL.CZ et al., 2003; SYCHROVÁ et al., 2006; BITTNER et al., 2008; BASF et al., 2015).

### **3.7.1.7 Tmavohnědá skvrnitost ječmene**

Tmavohnědá skvrnitost ječmene je způsobena patogenem *Ramularia collo-cygni*. Patogen vyžaduje vysokou vlhkost a vlhké listy. Největší význam má napadení v době metání, kdy je zároveň nejlépe vidět. Na listech se vytvoří nejdříve drobné 1–2 mm velké skvrny, které mají tmavě hnědou barvu a jsou ohraničené žlutým chlorotickým dvůrkem. Výrazněji jsou tyto symptomy vidět na líci, zatímco na rubu listu jsou skvrny matné a málo výrazné. Větší výskyt skvrn je na osluněných částech listu. Napadány jsou především praporcové a podpraporcové listy. Skvrny se postupně mohou zvětšovat a splývat dohromady, takže nakonec dojde k zaschnutí listu. Lze pozorovat také skvrny na listových pochvách, stéblech, klasech a někdy dokonce i na osinách. Na rubové straně listů se mohou tvořit konidie. Když jsou rostliny napadeny tímto patogenem, může docházet k předčasnému dozrání a to až o 14 dní. Ochranná opatření je použití fungicidů na počátku metání (SYCHROVÁ et al., 2006; BITTNER et al., 2008; GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN et al., 2011; FIALA et al., 2013).

### **3.7.2 Klasové choroby**

#### **3.7.2.1 Prašná snětivost ječmene (prašná sněť ječná)**

Prašná snětivost ječmene je způsobena patogenem *Ustilago nuda*. Pro prašnou sněť na pšenici se užívá název *Ustilago tritici* (BITTNER et al., 2008; BITTNER et al., 2009). Onemocnění je blíže popsáno v kapitole 3.6.2.1 Prašná snětivost pšenice.

#### **3.7.2.2 Krytá snětivost ječmene (tvrdá sněť ječná)**

Krytá snětivost ječmene je způsobena patogenem *Ustilago hordei*. Patogen napadá pouze ječmen. Klásky jsou přeměněny v chlamydo-spory. Tvar klasu zůstává obvykle stejný, ale jednotlivé klásky jsou přeměněny, mají červenohnědou barvu, a dokud nedozrají, jsou chráněny bílošedou blankou. Rostliny, které byly napadeny tímto patogenem, metají o 1–2 týdny později. Spory jsou uvolňovány při výmlatu a tím infikují ostatní zdravé obilky. K infekci samotné rostliny dochází až po vyklíčení obilky (BITTNER et al., 2008; SYNGENTA et al., 2014).

#### **3.7.2.3 Fuzariózy klasu**

Fuzariózy klasu jsou způsobeny patogeny rodu *Fusarium*. Onemocnění je popsáno v kapitole 3.6.2.5 Fuzariózy klasu, poněvadž průběh je shodný jako u pšenice.

## 4 MONITORING VÝSKYTU LISTOVÝCH A KLASOVÝCH PATOGENŮ V POROSTU OBILNIN

### 4.1 Materiál a metody

#### 4.1.1 Popis lokality

Lokality, na kterých probíhalo pozorování napadení patogeny a měření meteorologických prvků v roce 2013 a 2014, se nacházejí na území polní pokusné stanice Mendelovy univerzity v Brně v katastru obce Žabčice. Tato obec se nachází asi 25 km jižně od Brna a spadá pod okres Brno-venkov. Ze zeměpisného a geologického hlediska leží Žabčice v Dyjsko-svrateckém úvalu, který je z převážné většiny tvořen neogenními sedimenty. Obec se nachází v průměrné nadmořské výšce 185 m. n. m. Touto oblastí protéká řeka Svratka. Pokusná pole se nacházejí v rovinaté oblasti (STŘEDOVÁ et al., 2011; HAFNEROVÁ et al., 2013).

Půdy v této oblasti jsou neutrální až slabě kyselé a mají nedostatečný obsah humusu. V Žabčicích se nacházejí tři půdní typy – černozemě, mírně podzolované drnové půdy a nivní půdy glejové (HAFNEROVÁ et al., 2013).

Jedná se o jihomoravskou suchou oblast s relativně mírnými zimami, kdy se roční srážky pohybují v rozmezí 450–550 mm. Srážky jsou ve vegetačním období rozloženy velmi nepravidelně, což je pro zemědělskou činnost nežádoucí. Průměrná roční teplota je 9,3 °C. Řešíme-li rozdělení České republiky v rámci výrobních oblastí, řadí se Žabčice do kukuřičné výrobní oblasti (KURPELOVÁ et al, 1975; FUKALOVÁ et al., 2009; HAFNEROVÁ et al., 2013).

Byly sledovány porosty pšenice seté a ječmene setého. Meteorologické prvky byly měřeny v porostu pšenice seté (odrůda Sultan) a nad standardním trávníkem. Výskyt listových a klasových patogenů byl sledován v porostech jak pšenice seté, tak ječmene setého (ROŽNOVSKÝ et al., 2011).

## 4.2 Měření, používané přístroje a programy

Při měření meteorologických prvků v roce 2013 a 2014 byla využita mobilní stanice, na které pak byly připevněny digitální senzory Dallas semiconductor typu DS18B20, které sloužily k měření teploty. Dále se používal analogový senzor Honeywell HIH 4000, který sloužil k měření vlhkosti. Oba dva typy senzorů musely být umístěny ve stínítku, aby nebyla měřená data zkreslená. Tyto registrátory byly vždy umístěny ve třech úrovních porostu, aby byla měřená data co nejpřesnější a tím pádem dále použitelná do predikčních modelů.

Tato data byla dále porovnáována s daty naměřenými na standardní klimatologické stanici nad trávníkem ve výšce 2 m, která se nacházela v blízkosti zkoumaného porostu. Na této stanici byly využívány registrátory teploty a vlhkosti vzduchu typu HOBO, jehož výrobcem je Onset Computer z USA.

Měření probíhalo ve čtvrt hodinových intervalech po celou vegetační sezónu, data byla stahována do počítače a naměřené hodnoty byly následně přepočítány na průměrné hodinové intervaly teplot. Tato data byla statisticky zpracována lineární regresní analýzou a sloužila pro předpověď teploty v porostu, která byla závislá na okolní teplotě.

Ve sledovaném porostu pšenice seté byla umístěna ve třech již výše zmíněných vrstvách mobilní stanice, která měla na sobě připevněné digitální senzory teploty a analogové senzory vlhkosti vzduchu a to vždy ve stínítku. Teplota a vlhkost byla zaznamenávána pravidelně ve čtvrt hodinových intervalech.

Stejně tak probíhalo měření teploty a vlhkosti vzduchu nad standardním trávníkem na standardní klimatologické stanici umístěné v blízkosti porostní stanice. Zde však probíhalo zaznamenávání v desetiminutových intervalech.

Naměřené hodnoty na obou stanicích musely být po určité době stahovány do počítače, v této době probíhalo pozorování porostu z hlediska vegetační fáze, ale také výskytu škodlivých patogenů. Stanice umístěná v porostu musela být zkontrolována, zda probíhá měření korektně a zda nedošlo k poškození, čímž by docházelo k nezaznamenání výsledků. Muselo být očištěno také stínítko, protože kdyby mělo jinou barvu, mohlo by být měření ovlivněno.

Data byla hodnocená vždy od období zapojení porostu až do sklizně, což je 15. duben 2013 – 15. červenec 2013 a v následujícím roce se jedná o 8. březen 2014 – 18. červenec 2014. Za pomoci metodiky dle Meiera (1997) byla vegetace sledována a rozdělována podle vegetační fáze a výšky porostu do tří významných období. I. BBCH 23–32 (doba od odnožování do počátku sloupkování), II. BBCH 33–69 (doba od sloupkování do konce kvetení) a III. BBCH 70–89 (od zelené zralosti do počátku plné zralosti). Naměřená data z roku 2013 se srovnávala s daty naměřenými v roce 2014.

Hodnoty byly statisticky zpracovány a přepočítány aritmetickým průměrem do hodinových kroků. Takto připravená data byla dále pomoci lineární regresní analýzy zhodnocena, čímž se zjistily dopady proměnné porostu v závislosti na okolní teplotě. Nezávislou proměnnou byly hodnoty standardní klimatologické stanice naměřené ve výšce 2 m a závislou proměnnou byla zvolena efektivní výška porostu, vzhledem k její významnosti z hlediska patogenů. Pro každý rok a období byl zvlášť vypracován graf lineární regrese znázorňující závislost teploty či vlhkosti porostu na okolí a každý tento graf má svou rovnici, pomoci které lze vypočítat predikci. Pro přesnost rovnice byla vypočítána hodnota spolehlivosti, která udává spolehlivost (použitelnost) daného modelu do budoucna. Blíží-li se hodnota 1, je model velmi spolehlivý.

Z hodnot naměřených ve 2 m na standardní klimatologické stanici a hodnot naměřených v porostu v efektivní výšce a přízemí, byly vypočítány rozdíly teplot a vlhkostí, které byly pro přehlednost zpracovány do grafů rozdílů teplot a vlhkostí pro jednotlivé roky a období, aby byl vidět průběh změn v porostu vůči klimatologické stanici (byly odečteny hodnoty naměřené na standardní klimatologické stanici od hodnot naměřených v efektivní výšce/přízemí).

### **4.3 Výsledky a diskuze**

Vzhledem k charakteru orografie terénu lokality, na které pokus probíhal, byla použita jedna mikroklimatická stanice, poněvadž díky rovinatému terénu a ploše sledovaného porostu je horizontální variabilita minimální. Stanice byla umístěna do porostu pšenice seté. Vzhledem k velmi podobnému habitu pšenice seté a ječmene setého nejsou v mikroklimatických podmínkách výrazné rozdíly. V porostu ječmene setého probíhalo tedy pouze pozorování výskytu škodlivých patogenů, jejichž výskyt byl srovnáván

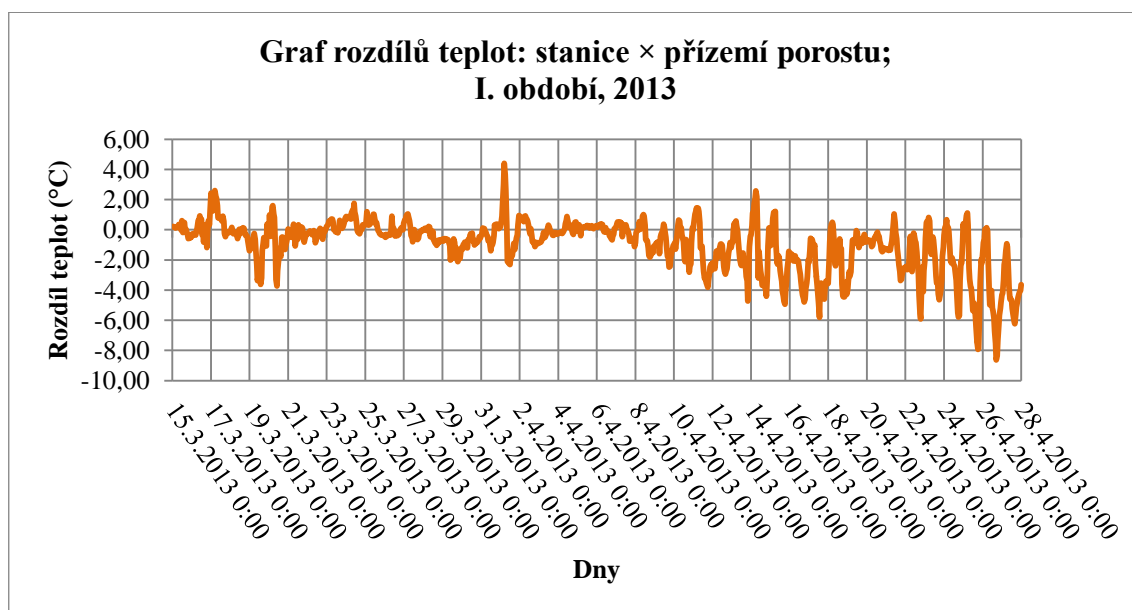
s naměřenými teplotami a vlhkostmi ze stanice v porostu pšenice seté vyskytující se v bezprostřední blízkosti.

#### 4.3.1 Grafy rozdílů teplot a vlhkostí

Byly vypracovány grafy rozdílů teplot a vlhkostí v efektivní výšce a přízemní výšce porostu vzhledem ke klimatologické stanici ve 2 m nad povrchem. Tyto grafy posloužily k lepšímu popisu rozdílů v jednotlivých vrstvách, obdobích a letech.

##### 4.3.1.1 Grafy rozdílů teplot za rok 2013 a 2014 – I. období

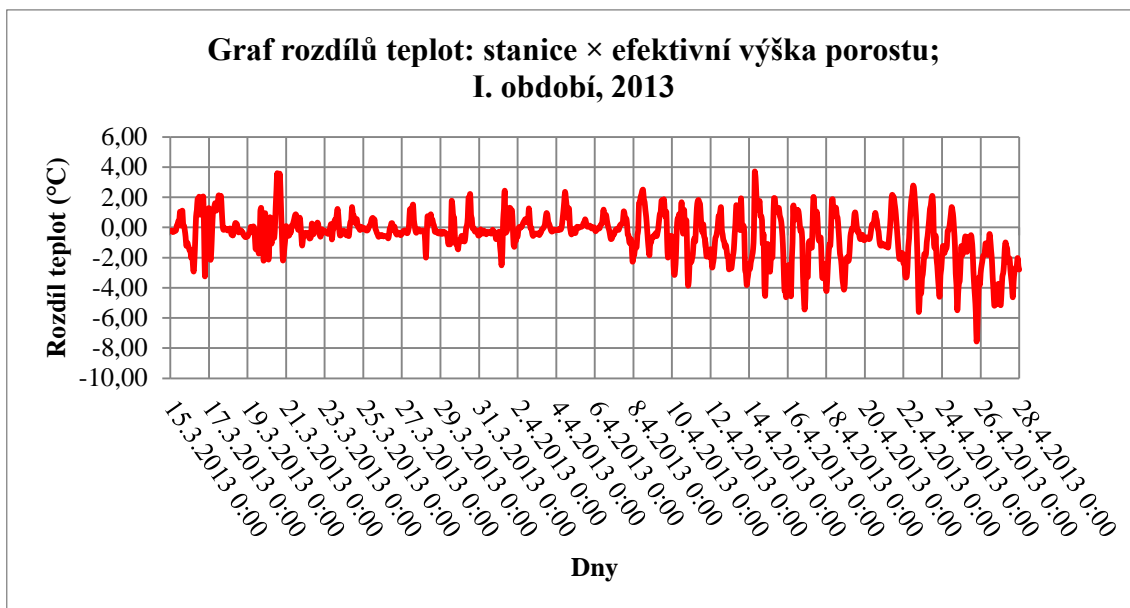
Z grafu 1 lze vyčíst, že na počátku období se hodnoty na stanici a v porostu lišily o 2–3 °C, střídavě byly teploty vyšší na stanici i v porostu a to v závislosti na průběhu dne. Ke konci vegetace se rozdíly hodnot v porostu a na stanici zvětšovaly, takže se porost začal zapojovat.



Graf 1: Rozdíl teplot: stanice × přízemí porostu, I. období, 2013

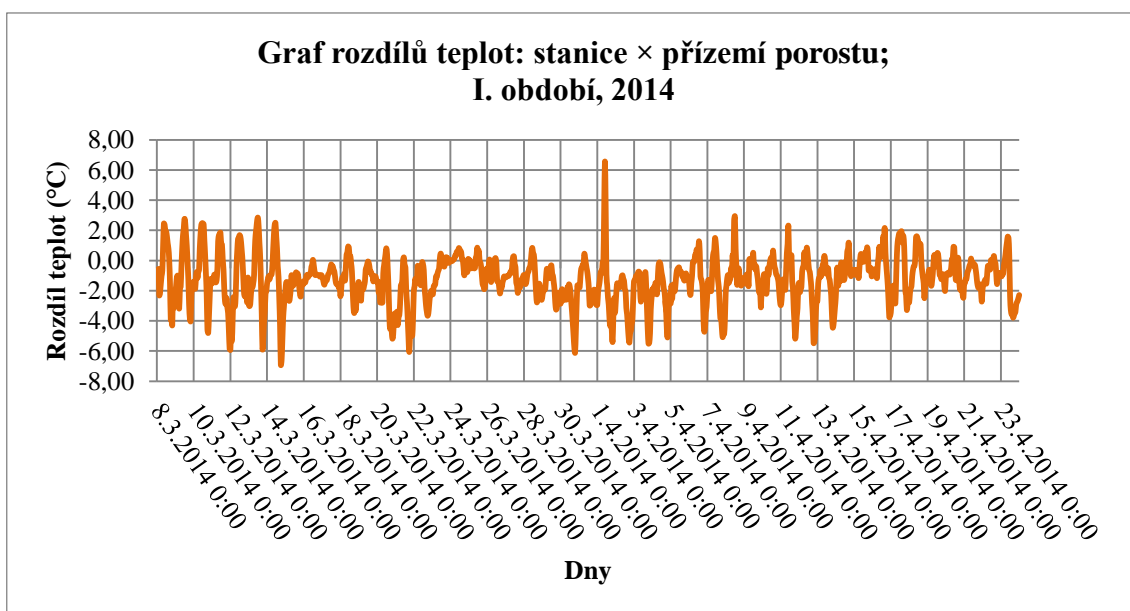
Z grafu 2 je vidět, že hodnoty naměřené na stanici a v porostu byly zpočátku ne příliš rozdílné (2–3 °C). To zda bylo tepleji nebo chladněji na stanici či v porostu, záviselo také na průběhu dne. Ke konci období je vidět, že se porost začal zapojovat, protože rozdíly hodnot stanice a porostu jsou větší.





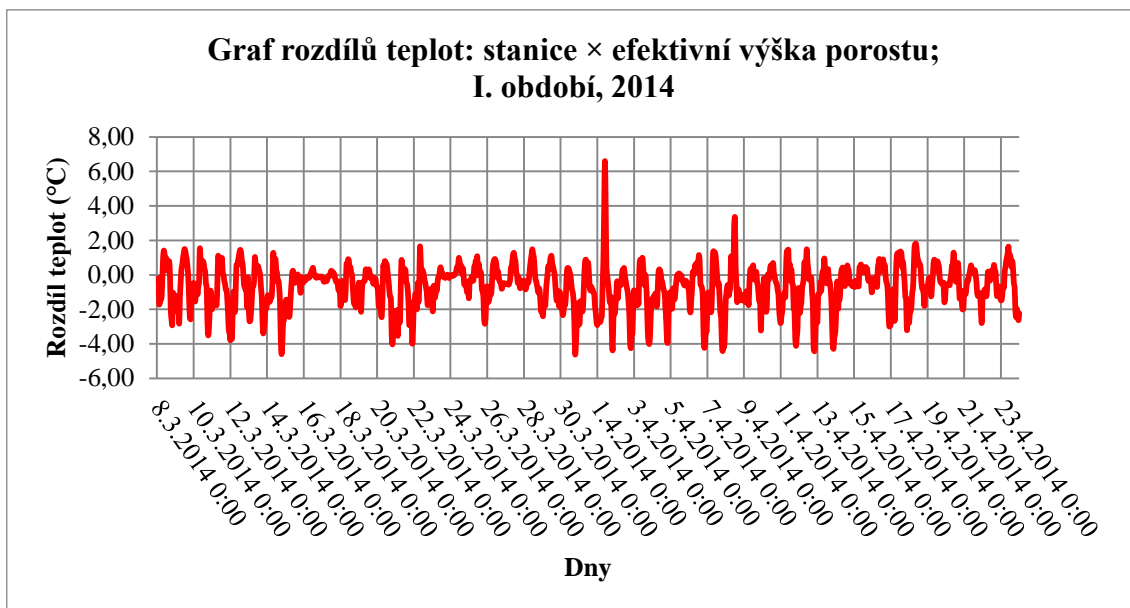
*Graf 2: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2013*

Z grafu 3 lze vyčíst, že zpočátku období docházelo k nahřívání půdy a porost ještě nebyl dostatečně zapojen. Teploty kolísaly v závislosti na průběhu dne – ve večerních hodinách půda vychladla a hodnoty byly nižší než ve srovnání se stanicí a ve dne tomu bylo naopak.



*Graf 3: Rozdíl teplot: stanice × přízemí porostu, I. období, 2014*

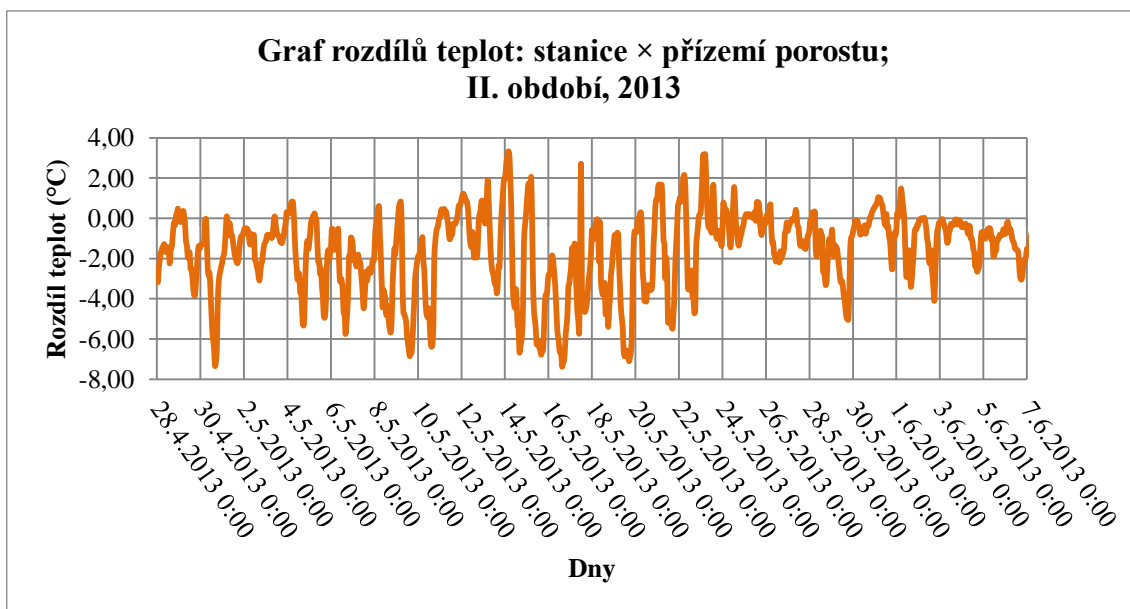
Z grafu 4 lze vyčíst, že v porostu byly ve večerních hodinách nižší hodnoty než na stanici, v průběhu dne byly hodnoty v porostu oproti stanici vyšší, takže porost ještě nebyl dostatečně zapojen.



*Graf 4: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2014*

#### 4.3.1.2 Grafy rozdílů teplot za rok 2013 a 2014 – II. období

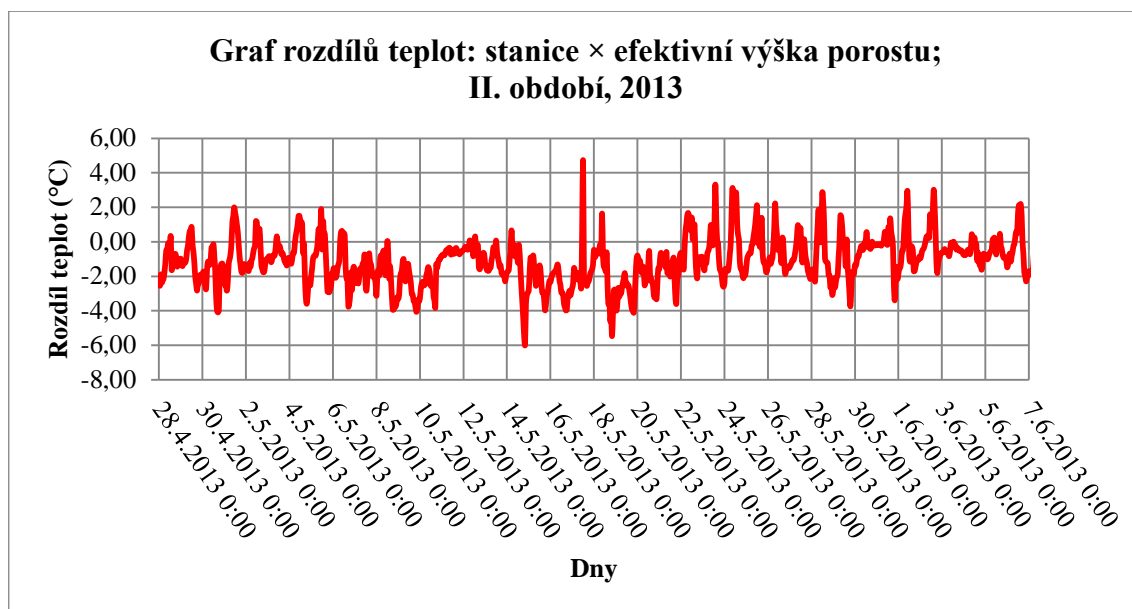
V grafu 5 jsou hodnoty naměřené v porostu ve dne ve srovnání se stanicí nižší a pouze kolem půlnoci a velmi ranních hodin byly vyšší, takže je vidět, že porost byl zapojen a nedocházelo k nahřívání půdy.



*Graf 5: Rozdíl teplot: stanice × přízemí porostu, II. období, 2013*

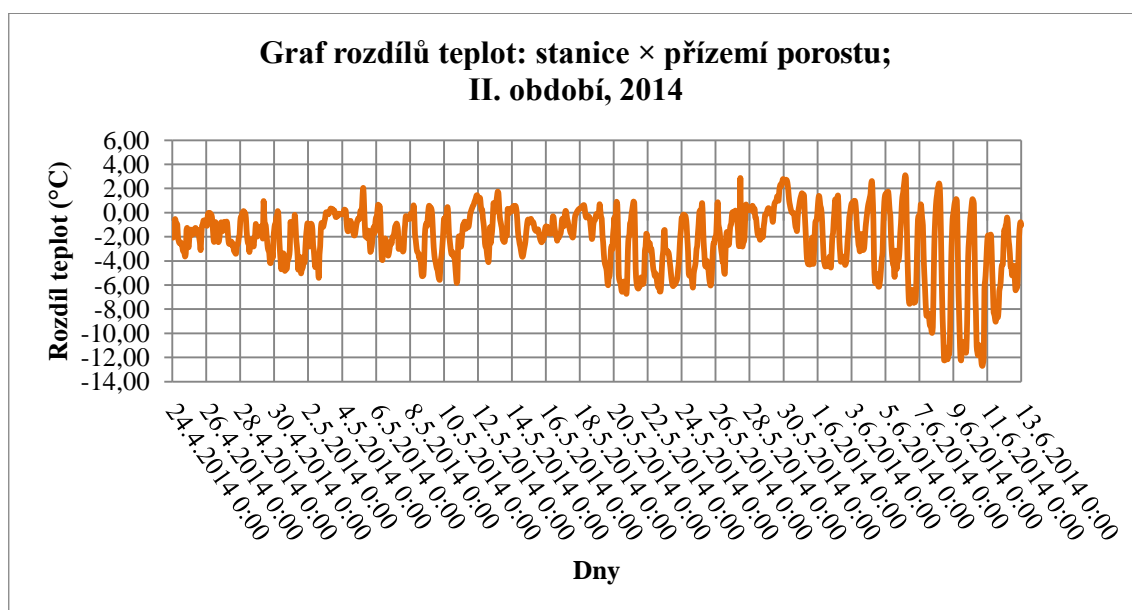
Z grafu 6 lze vyčíst, že rozdíly hodnot naměřených v efektivní výšce a na stanici jsou podstatně menší než ve srovnání s přízemní vrstvou, protože efektivní výška porostu byla podstatně více ozářena slunečním zářením než přízemní vrstva,

kam se moc velké množství záření nedostalo. V druhé polovině období je vidět, že naměřené hodnoty v porostu byly vyšší než na stanici, takže bylo sucho a teplo a rostliny neměly možnost se příliš ochladit.



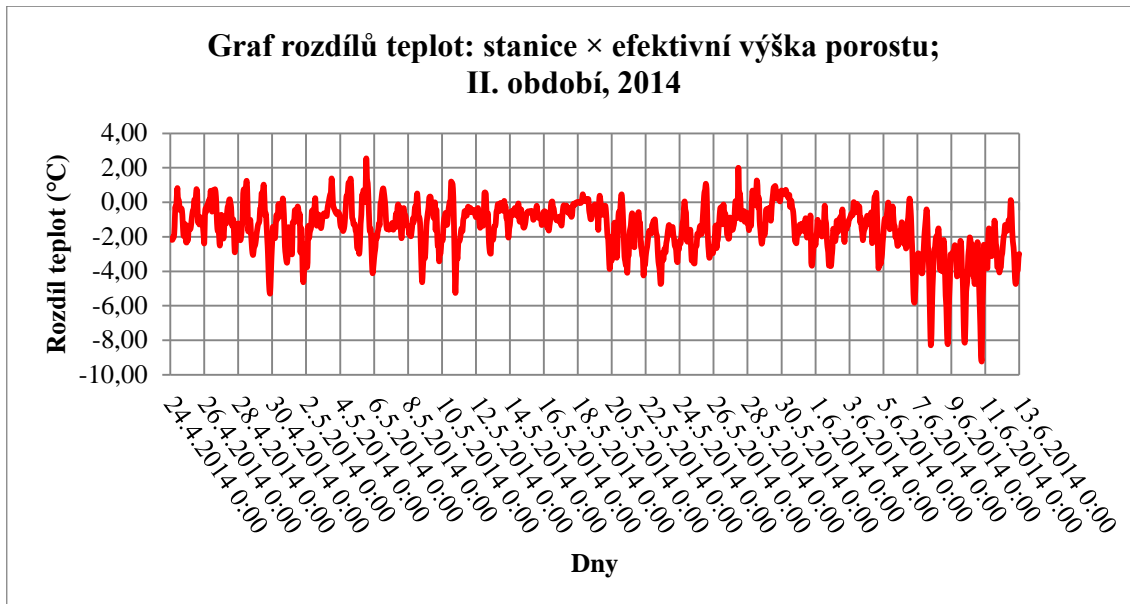
Graf 6: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2013

Graf 7 znázorňuje, že zpočátku nebyl porost ještě dostatečně zapojen. Až ke konci období došlo k plnému zapojení porostu, protože hodnoty v přízemní vrstvě byly až o 12 °C nižší než na stanici. V nočních hodinách byly hodnoty ve srovnání se stanicí až o 2 °C vyšší.



Graf 7: Rozdíl teplot: stanice × přízemí porostu, II. období, 2014

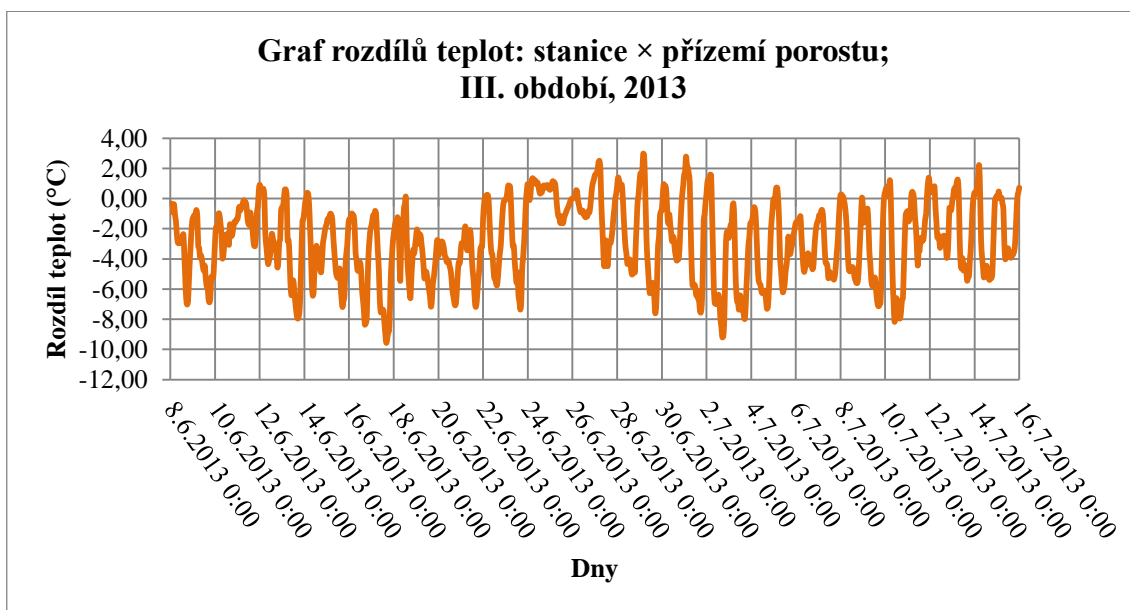
Graf 8 znázorňuje, že zpočátku období byly hodnoty v porostu vyšší než na stanici, zatímco na konci období byly výrazně nižší, protože porost začal transpirovat, tím se ochlazoval.



Graf 8: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2014

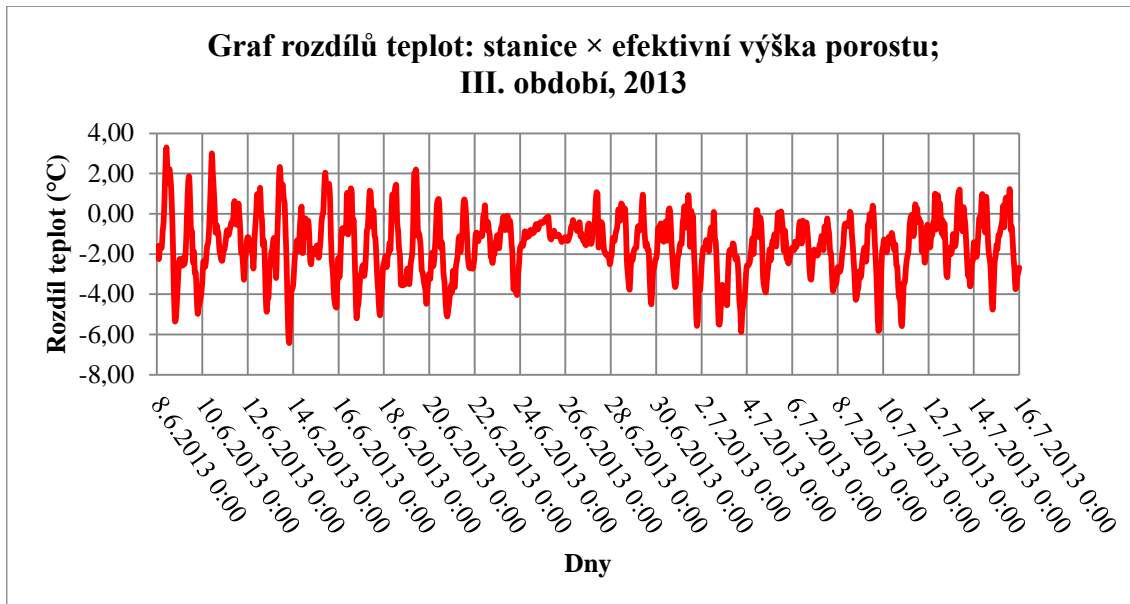
#### 4.3.1.3 Grafy rozdílů teplot za rok 2013 a 2014 – III. období

Podle grafu 9 je vidět, že porost je plně zapojen, protože v přízemní vrstvě byly v průběhu dne nižší teploty než na stanici (až o 5 °C), zatímco v noci byly v některé dny teploty vyšší.



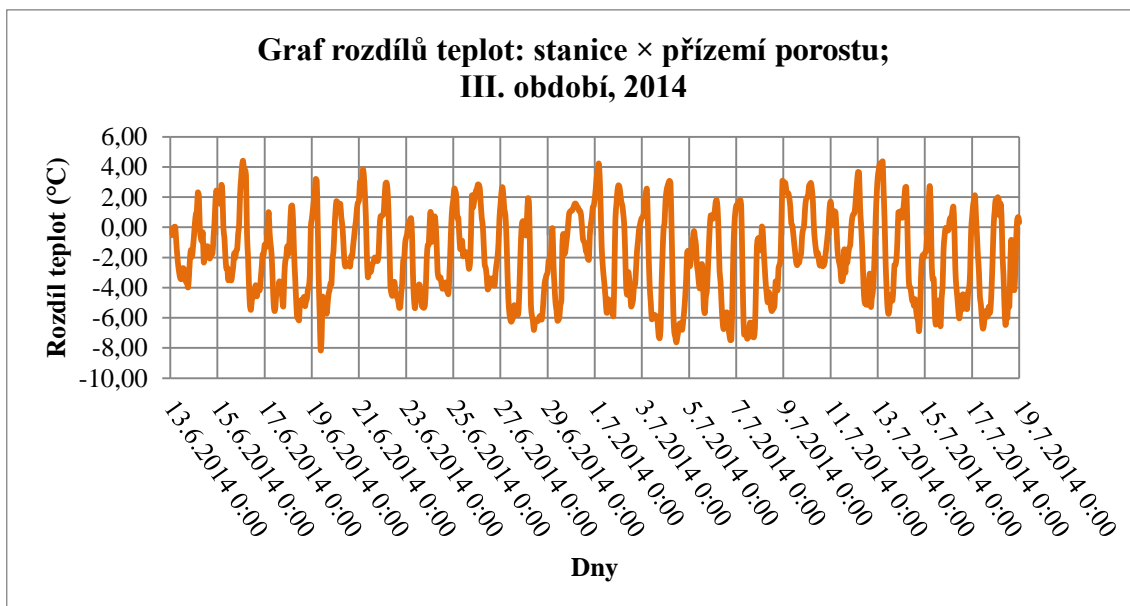
Graf 9: Rozdíl teplot: stanice × přízemí porostu, III. období, 2013

Graf 10 znázorňuje, že v efektivní výšce docházelo ve dne k přehřívání a k večeru naopak rychlému chladnutí, je to dáno tím, že efektivní výška je velmi blízko aktivnímu povrchu porostu, kde probíhá nejvíce procesů výměny energie.



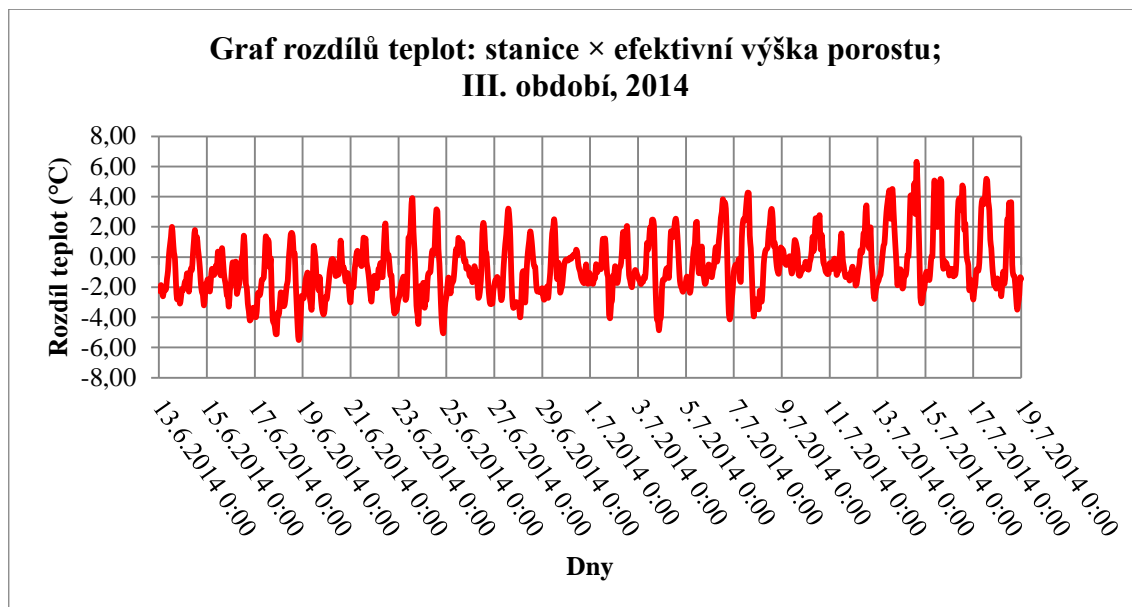
Graf 10: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2013

Z grafu 11 je vidět, že v noci byly hodnoty v porostu vyšší než na stanici a ve dne nižší než na stanici, takže porost byl plně zapojen.



Graf 11: Rozdíl teplot: stanice × přízemí porostu, III. období, 2014

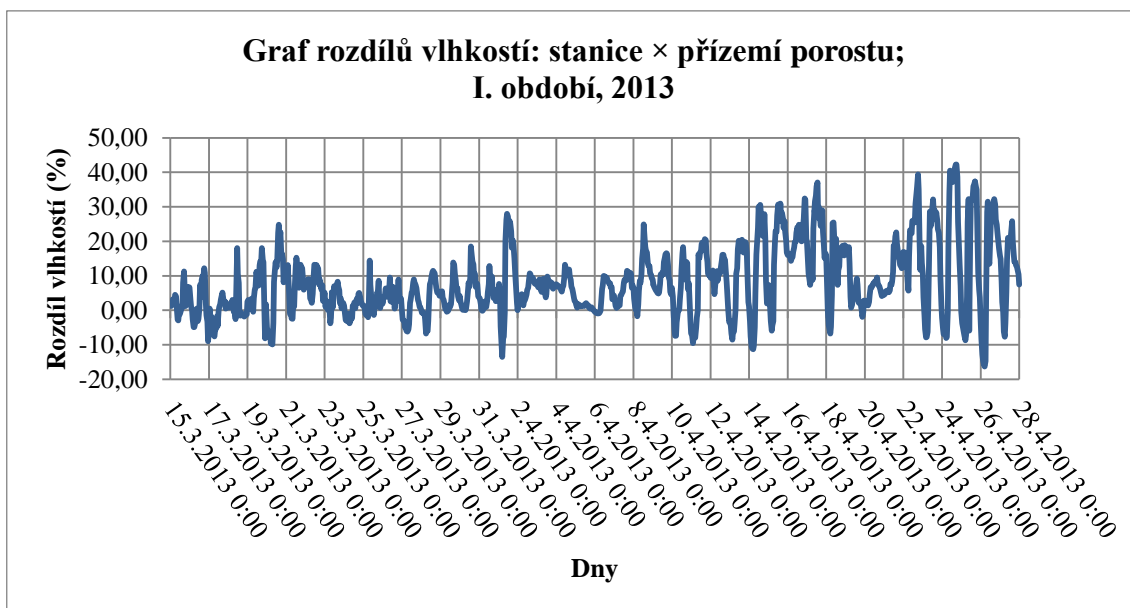
Z grafu 12 je vidět, že hodnoty v porostu byly v noci nižší než na stanici a ve dne vyšší a to hlavně ke konci období, takže porost se přehříval a nemohl transpirovat, protože bylo období sucha.



Graf 12: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2014

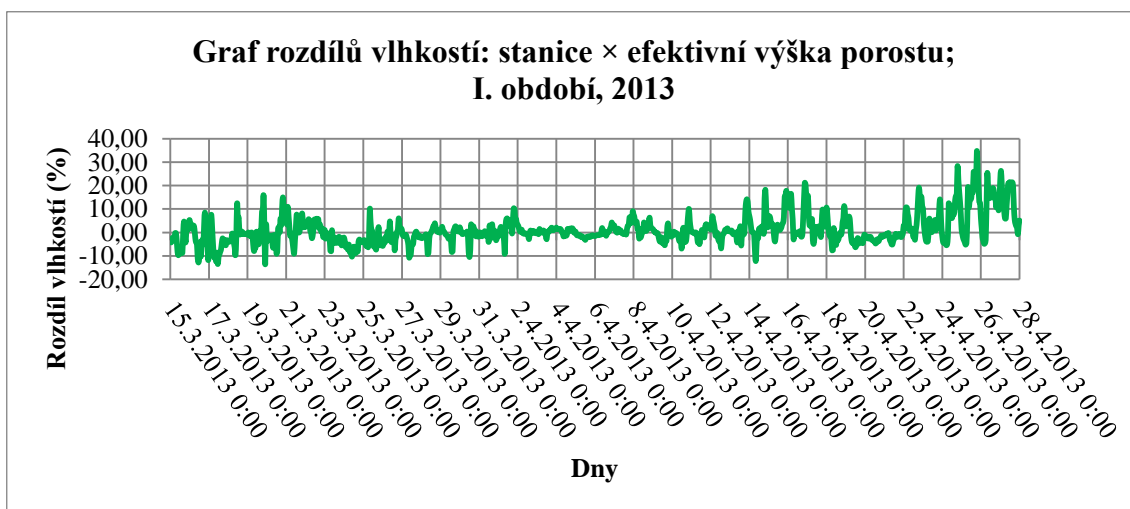
#### 4.3.1.4 Grafy rozdílů vlhkostí za rok 2013 a 2014 – I. období

Z grafu 13 je vidět, že zpočátku porost nebyl zapojen, ale vlhkost byla většinou vyšší v porostu než na stanici. Ke konci vegetace je vidět, že se porost zapojoval více, protože rozdíly mezi stanicí a porostem se zvětšují a to až o 40 % ve dne, kdy bylo v porostu vlhčeji a téměř o 10 % v brzkých ranních hodinách, kdy byla v porostu menší vlhkost než na stanici.



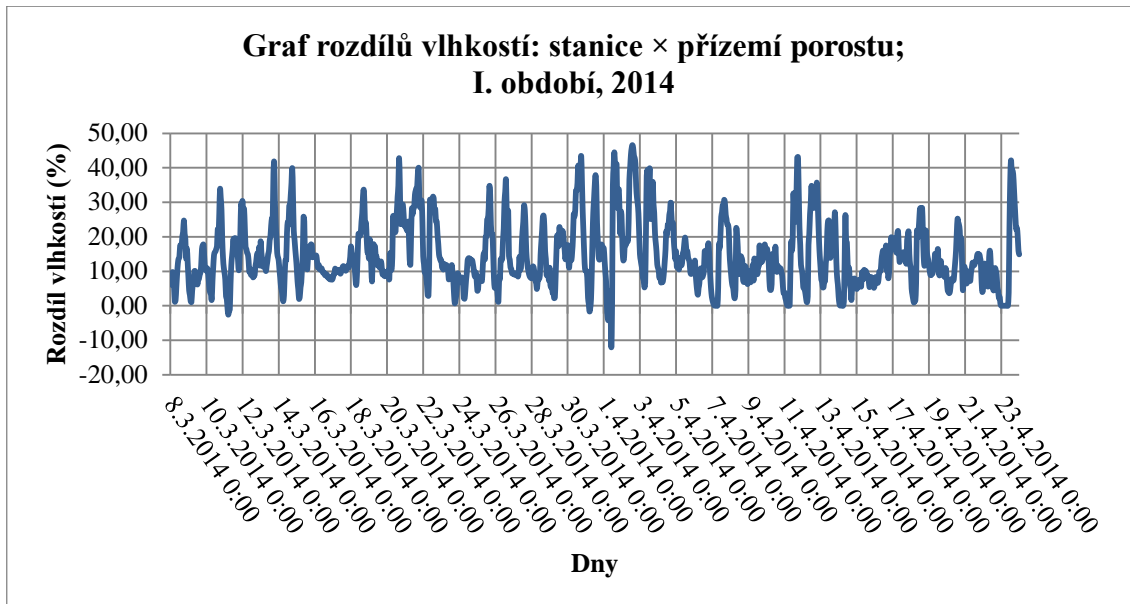
Graf 13: Rozdíl vlhkostí: stanice × přízemí porostu, I. období, 2013

Graf 14 znázorňuje, že vlhkost zpočátku kolísala, část dne byly větší hodnoty na stanici, část dne v porostu. Ke konci vegetace v efektivní výšce vlhkost stoupala, protože porost transpiroval, aby se ochladil.



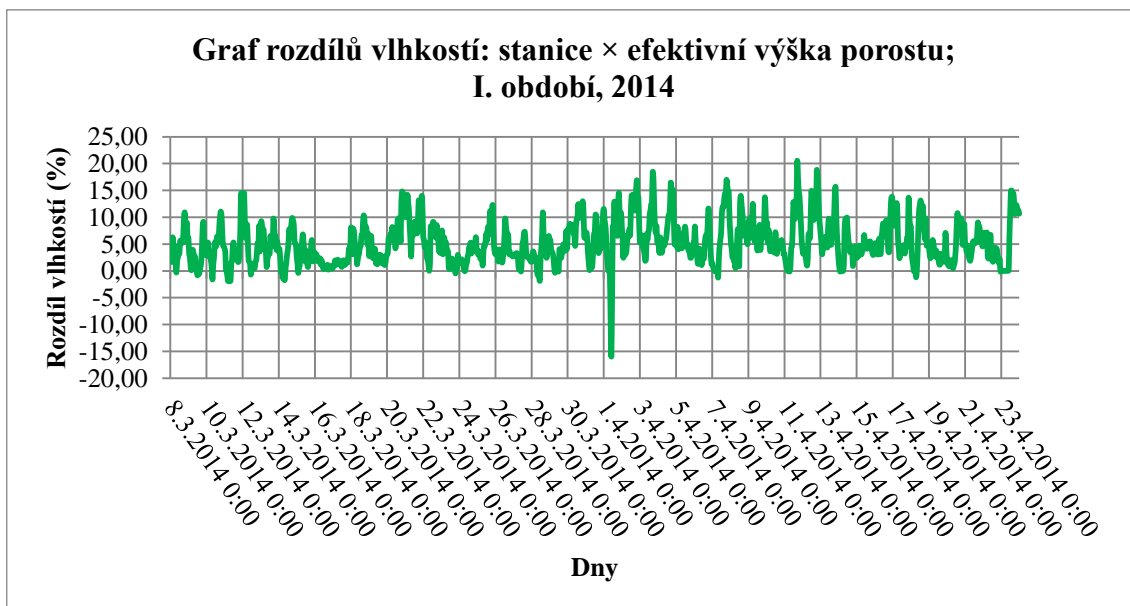
Graf 14: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2013

Z grafu 15 lze vyčíst, že v porostu byla celkově větší vlhkost než na stanici, ale porost ještě nebyl plně zapojen, proto hodnoty velmi kolísaly. Ve večerních hodinách vlhkost v porostu ve srovnání se stanicí klesala.



Graf 15: Rozdíl vlhkostí: stanice × přízemí porostu, I. období, 2014

Graf 16 znázorňuje, že vlhkost v efektivní výšce ve srovnání se stanicí byla sice vyšší, ale hodnoty nebyly natolik rozdílné, takže porost ještě nebyl plně zapojen.

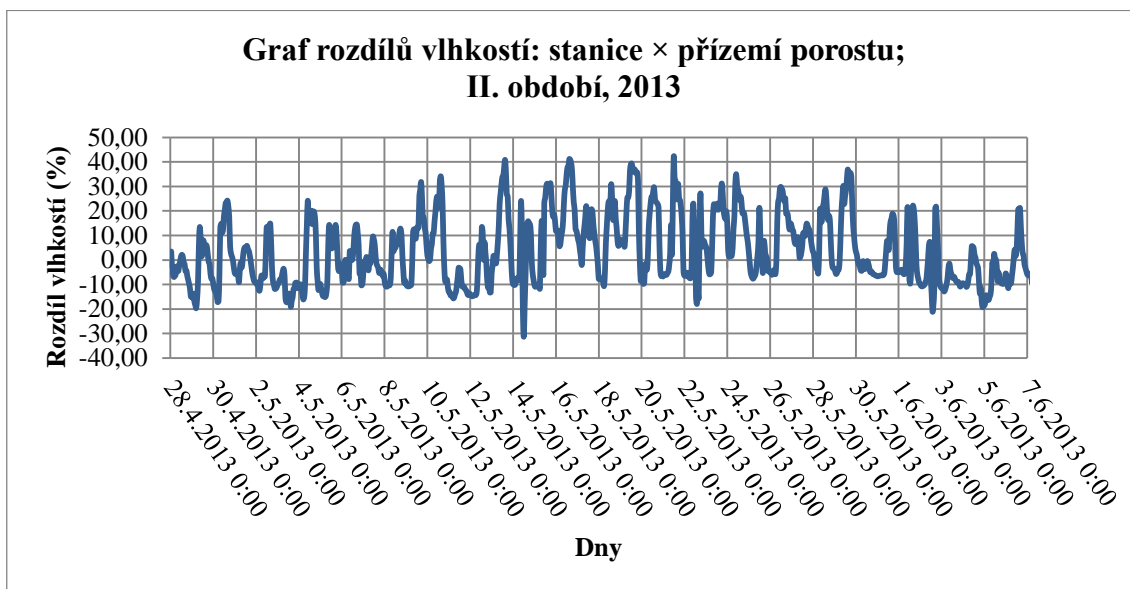


Graf 16: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2014



#### 4.3.1.5 Grafy rozdílů vlhkostí za rok 2013 a 2014 – II. období

Z grafu 17 lze vyčíst, že postupně docházelo k zapojení porostu, ve večerních hodinách však byly hodnoty vlhkosti menší než na stanici, zatímco ve dne vyšší, což znamená, že porost ve dne transpiroval a v noci vodu zpátky přijímal.



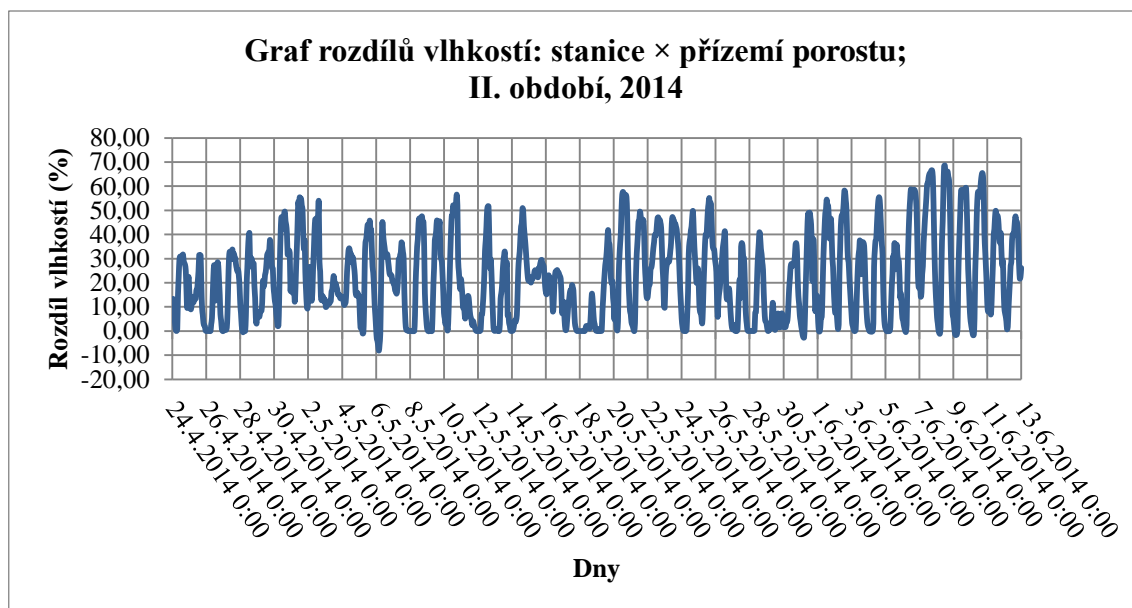
Graf 17: Rozdíl vlhkostí: stanice × přízemí porostu, II. období, 2013

Graf 18 znázorňuje, že hodnoty vlhkosti naměřené v porostu byly vyšší než na stanici, takže porost se snažil transpirovat a vyrovnávat se s teplotou. Ke konci období však nastalo období sucha a vlhkost tedy poklesla a blížila se hodnotám na stanici, protože porost nemohl transpirovat.



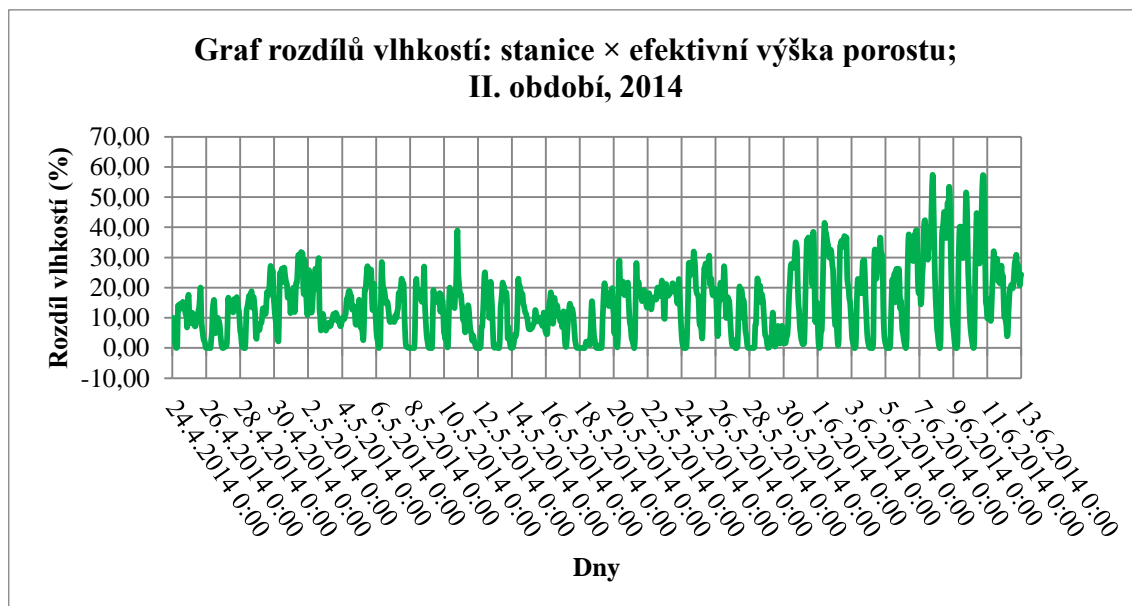
Graf 18: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2013

Z grafu 19 lze vyčíst, že vlhkost v porostu byla vyšší než na stanici, ke konci období byly hodnoty větší než zpočátku, takže porost byl plně zapojen.



Graf 19: Rozdíl vlhkostí: stanice × přízemí porostu, II. období, 2014

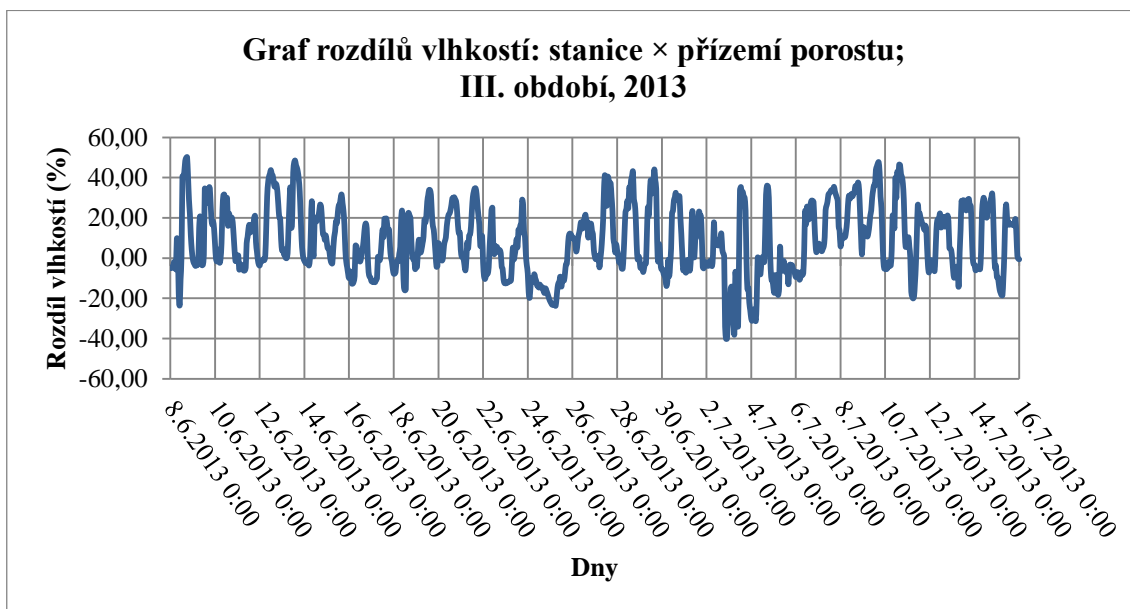
Z grafu 20 je vidět, že zpočátku byla vlhkost vzduchu v porostu ve srovnání se stanicí relativně malá, až ke konci období začal porost transpirovat, čímž se zvyšovala vlhkost a snižovala teplota.



Graf 20: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2014

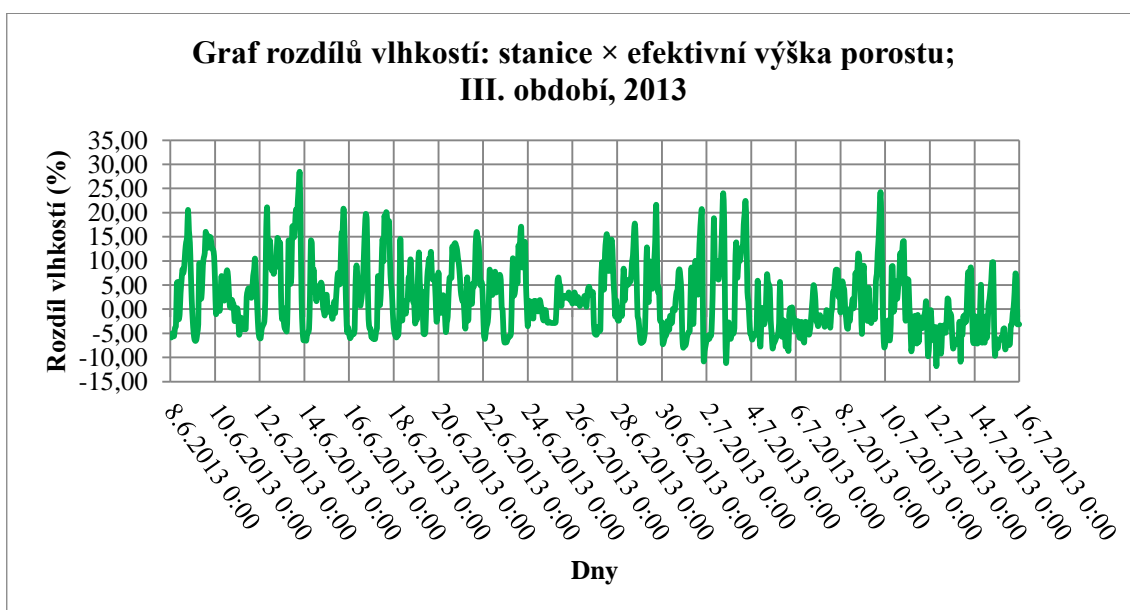
#### 4.3.1.6 Grafy rozdílů vlhkostí za rok 2013 a 2014 – III. období

Z grafu 21 lze vyčíst, že porost je plně zapojen, hodnoty se mění v závislosti na průběhu dne. V odpoledních hodinách je vlhkost v porostu vyšší, k večeru nižší. Přízemní vrstva je kryta listy, které nepropustí velké množství slunečního záření.



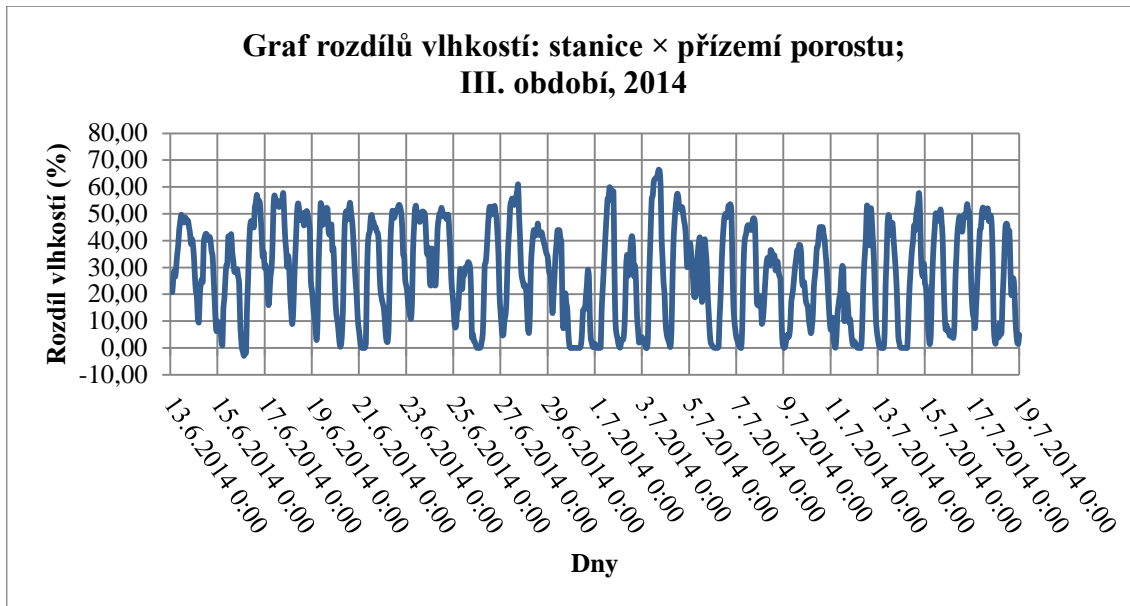
Graf 21: Rozdíl vlhkostí: stanice × přízemí porostu, III. období, 2013

Z grafu 22 lze vyčíst, že vlhkost v porostu sice byla vyšší než na stanici, ale bylo období sucha a tudíž nebyly rozdíly tak markantní. Ke konci období byla vlhkost v porostu nižší než zpočátku.



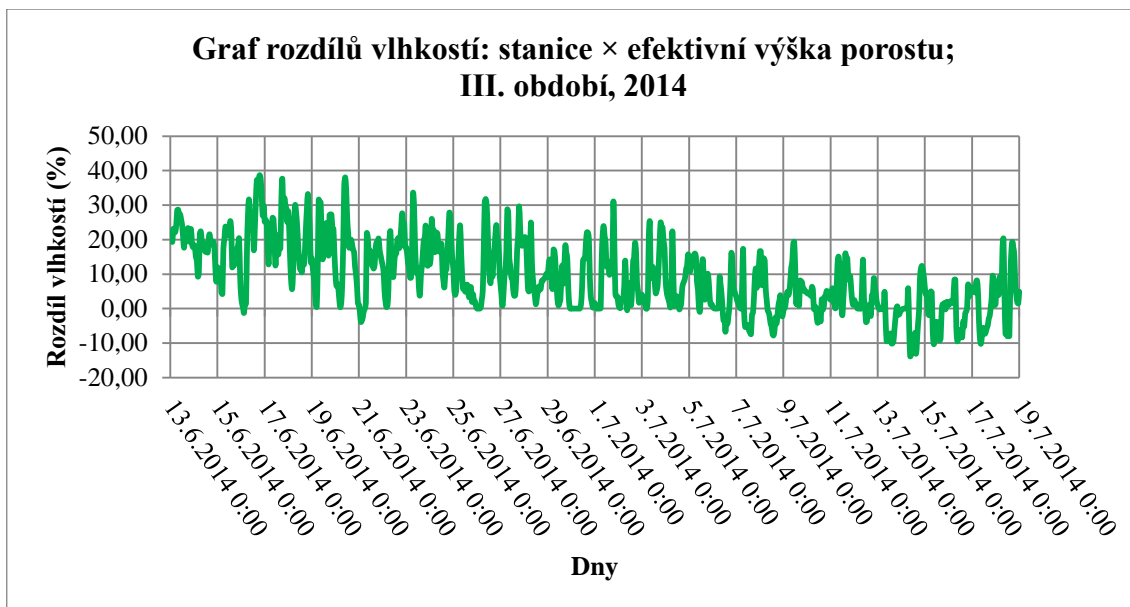
Graf 22: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2013

Graf 23 znázorňuje, že hodnoty vlhkosti v porostu byly vyšší než na stanici a měnily se v závislosti na průběhu dne. Ve dne byla vlhkost vyšší, protože porost reagoval na zvýšení teploty transpirací, v noci byla vlhkost nižší.



Graf 23: Rozdíl vlhkostí: stanice × přízemí porostu, III. období, 2014

Z grafu 24 lze vyčíst, že vlhkost v porostu postupně klesala, protože nastávalo období sucha a to hlavně v druhé polovině zmiňovaného období, kdy se porost přehříval a nemohl teplotu vyrovnat transpirací, což ovlivnilo i vlhkost v porostu.



Graf 24: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2014

### 4.3.2 Srovnání grafů lineární regrese

Byla srovnávána data z klimatologické stanice ve 2 m nad standardním trávnikem s daty naměřenými v efektivní výšce porostu.

Při srovnání hodnot grafů lineární regrese teplot z roku 2013 a 2014 (grafy 31, 33, 35, 37, 39, 41 z přílohy) lze říct, že lineární modely závislosti ze všech období (I.–III.) z obou let se dají považovat za spolehlivé, protože jejich spolehlivost je nad 90 %.

Když byly srovnávány hodnoty grafů lineární regrese vlhkostí z roku 2013 a 2014 (grafy 32, 34, 36, 38, 40, 42 z přílohy), byly lineární modely závislosti vlhkostí méně spolehlivé oproti modelům závislosti teplot. V roce 2013 byly hodnoty vlhkostí relativně spolehlivé, ale ne více než na 87 %. Co se týkalo roku 2014, za spolehlivé se dá považovat pouze I. období, protože spolehlivost byla asi 95 %, zatímco II. a III. období měly spolehlivost pod 80 %.

### 4.3.3 Výskyt patogenů v letech 2013 a 2014

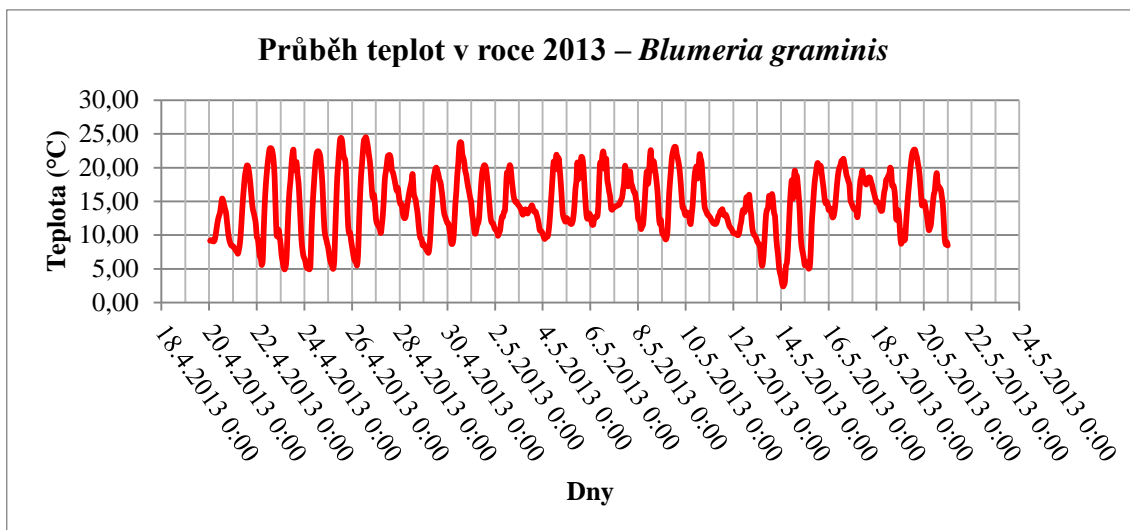
#### 4.3.3.1 Rok 2013 – výskyt *Blumeria graminis*

V roce 2013 byl na porostu pšenice pozorován výskyt patogena *Blumeria graminis*, který pro své šíření vyžaduje 12–20 °C, pro sporulaci 7–24 °C a k tomu vlhko, ne však přímé srážky. První výskyt patogena byl zaznamenán 30. dubna 2013. Byly vytvořeny dva grafy průběhu teploty a vlhkosti v období 20. dubna – 20. května 2013.

Tabulka 1: Vypočítané teplotní charakteristiky z období 15. března – 30. dubna 2013

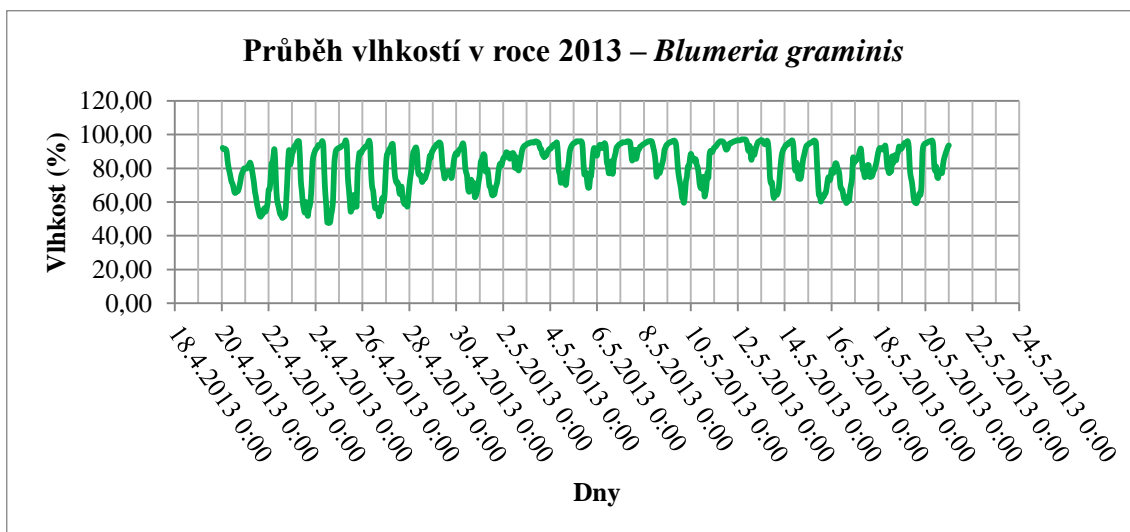
SET5 (°C/hod)	4 290,60
Průměrná teplota (°C)	6,29
Maximální teplota (°C)	18.4.2013: 25
Minimální teplota (°C)	17.3.2013: -8,90
Průměrná vzdušná vlhkost (%)	76,11

Graf 25 znázorňuje průběh teplot, které se před výskytem patogena pohybují v rozmezí 5–25 °C v závislosti na průběhu dne a tím se dokazuje, že byly splněny teplotní podmínky pro jeho výskyt.



Graf 25: Průběh teplot z období 20. dubna – 20. května 2013

Graf 26 znázorňuje průběh vlhkostí, které se pohybovaly nad 50 % a kolísaly v závislosti na průběhu dne. Celkově byly hodnoty vyšší, čímž byly spolu s teplotou vytvořeny ideální podmínky pro výskyt patogena.



Graf 26: Průběh vlhkostí z období 20. dubna – 20. května 2013

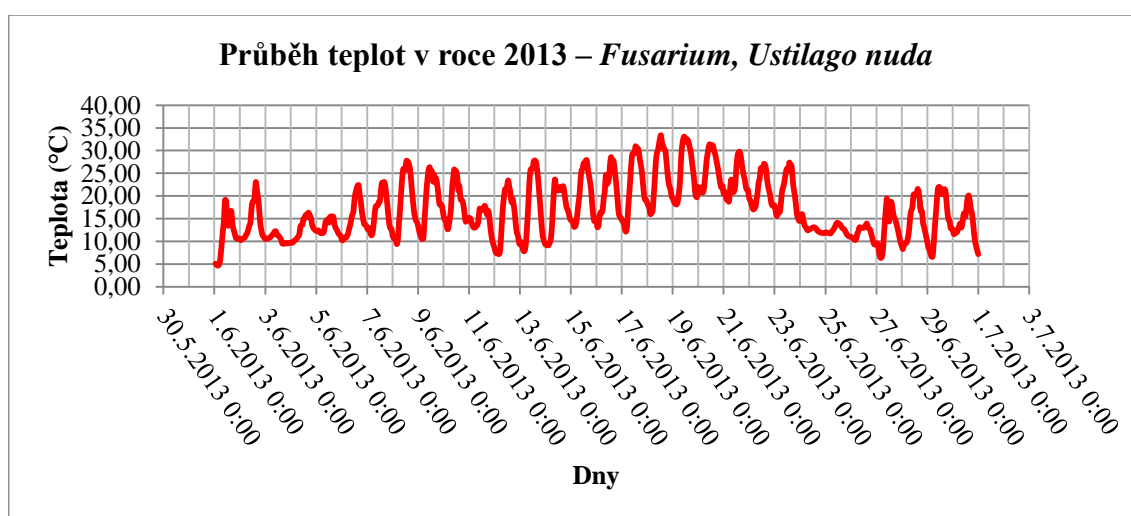
#### 4.3.3.2 Rok 2013 – výskyt *Fusarium* + *Ustilago nuda*

V roce 2013 byly dále zaznamenány výskyty patogenů rodu *Fusarium* a také patogena *Ustilago nuda* na ječmeni. Patogeny se vyskytly v době 19. června 2013 a vyžadují teploty 18–25 °C a vysokou vzdušnou vlhkost. Znovu tedy byly vytvořeny grafy průběhu teploty a vlhkosti v období 1. června – 30. června 2013.

Tabulka 2: Vypočítané teplotní charakteristiky z období 13. března – 19. června 2013

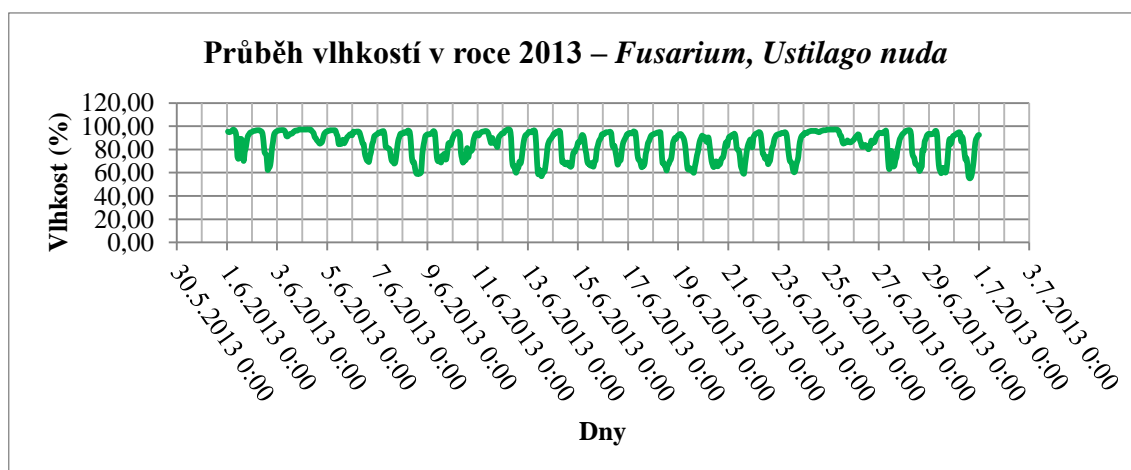
SET5 (°C/hod)	16 241,14
Průměrná teplota (°C)	10,75
Maximální teplota (°C)	18.6.2013: 33,50
Minimální teplota (°C)	17.3.2013: -8,90
Průměrná vzdušná vlhkost (%)	80,69

Graf 27 znázorňuje průběh teplot, které kolísají v závislosti na průběhu dne a od počátku měření do výskytu patogena narůstají a tím splňují podmínku pro výskyt patogena.



Graf 27: Průběh teplot z období 1. června – 30. června 2013

Graf 28 znázorňuje průběh vlhkostí, které kolísaly v závislosti na průběhu dne a pohybovaly se nad 60 %. Hodnoty vlhkosti byly vyšší, blížily se 100 % a tím spolu s teplotou vytvořily ideální podmínky pro výskyt těchto patogenů.



Graf 28: Průběh vlhkostí z období 1. června – 30. června 2013

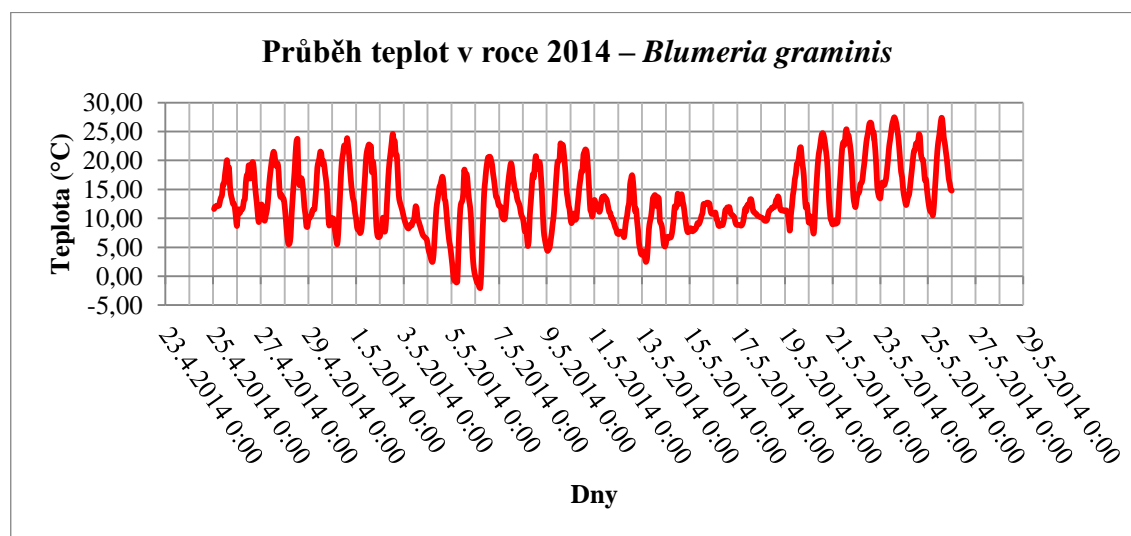
#### 4.3.3.3 Rok 2014 – výskyt *Blumeria graminis*

Také v roce 2014 se na porostu pšenice seté vyskytl patogen *Blumeria graminis* a byl zaznamenán dne 6. května 2014, stejně tomu bylo i na ječmeni. Byly vytvořeny grafy průběhu teploty a vlhkosti v období 25. dubna – 25 května 2014.

Tabulka 3: Vypočítané teplotní charakteristiky z období 8. března – 6. května 2014

SET5 (°C/hod)	8 363,55
Průměrná teplota (°C)	10,02
Maximální teplota (°C)	2.5.2014: 25,36
Minimální teplota (°C)	11.3.2014: -6,90
Průměrná vzdušná vlhkost (%)	77,74

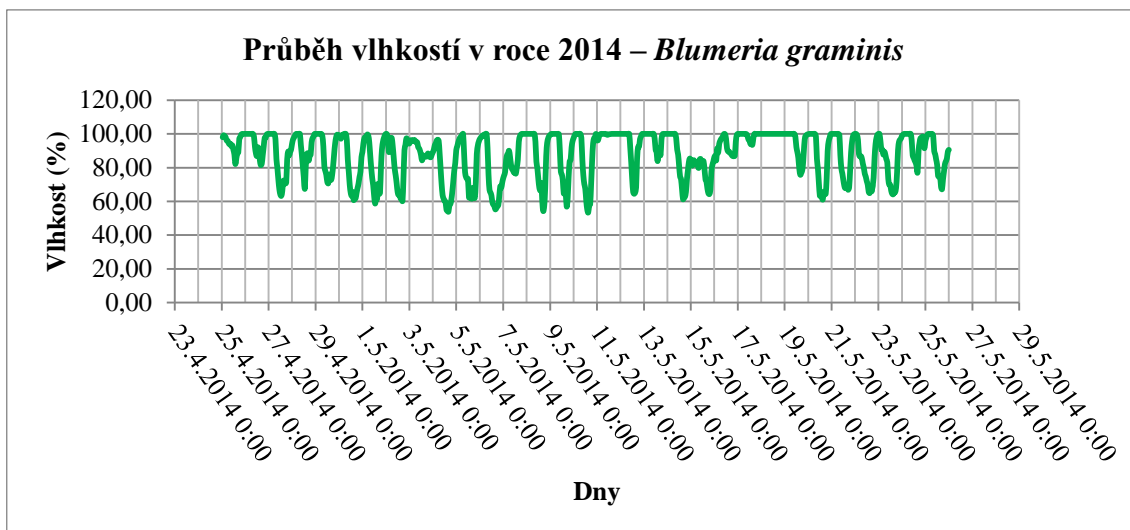
Graf 29 znázorňuje průběh teplot, které kolísají v závislosti na průběhu dne a již z počátku sledovaného období splňují podmínky pro výskyt daného patogena.



Graf 29: Průběh teplot z období 25. dubna – 25 května 2014

Graf 30 znázorňuje průběh vlhkostí kolísajících v závislosti na průběhu dne. Hodnoty se pohybovaly se nad 60 %, většinou se blížily 100 %. Spolu s teplotou tak byly vytvořeny ideální podmínky pro výskyt patogena.





Graf 30: Průběh vlhkostí z období 25. dubna – 25 května 2014

#### 4.3.4 Srovnání poznatků s jinými autory

Mikroklima a procesy v něm probíhající zkoumali také další autoři. Již v roce 2011 publikovala STŘEDOVÁ et al. skutečnost, že měření meteorologických prvků na standardní klimatologické stanici je pro vytvoření prognostických modelů nedostačující a z toho důvodu je nezbytně nutné, aby probíhalo měření prvků přímo v porostu. To potvrdil i STŘEDA et al. v roce 2011. Podobné výsledky zjistil v roce 2011 i KRÉDL et al., který měřil teplotní zvrstvení v porostech pšenice a řepky a zabýval se porostním mikroklimatem.

V roce 2012 monitoroval STŘEDA et al. v letech 2010 a 2011 v porostu teplotu a vlhkost vzduchu ve třech úrovních, kdy zjistil, že teplota se mění v závislosti na průběhu dne a v závislosti na růstové fázi plodiny. Naměřená data srovnával s hodnotami naměřenými na standardní klimatologické stanici. Na to v témže roce navázal také POKORNÝ et al., který také zkoumal difference v porostu.

V roce 2013 publikovala CHRPOVÁ et al., že výskyt chorob je velmi úzce vázán na průběh počasí, klima dané oblasti a význam mají také agrotechnická opatření. Za účinný nástroj obrany označila právě predikci rozvoje chorob.

## 5 ZÁVĚR

Na polní pokusné stanici v Žabčicích byl založen mikroklimatický monitoring v porostu pšenice seté, ve kterém probíhalo měření teplot a vlhkostí, které byly srovnávány s hodnotami naměřenými na místní klimatologické stanici nad standardním trávníkem ve výšce 2 m. Za pomoci této stanice a porostní stanice byly vytvořeny grafy lineární regrese a rovnice pro tři významná období, kde byla sledována spolehlivost těchto modelů. Zároveň byl sledován výskyt škodlivých patogenů v porostech pšenice seté a ječmene setého a zpětně probíhala konzultace s naměřenými daty, zda nastaly vhodné podmínky, aby se patogen vyskytl, což bylo potvrzeno. Byly získány regresní rovnice popisující vztah mezi teplotou/vlhkostí vzduchu v porostu a na referenční klimatologické stanici v blízkosti porostu, které jsou dále využitelné pro predikce napadení významnými patogeny a včasný zásah za účelem co nejmenších výnosových ztrát.

## 6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGRIOS G. N., 1997: *Plant pathology*. Academic Press, San Diego, 635 s.

AGROMANUÁL.CZ, 2003: *Atlas chorob*. Databáze online [cit. 2015-04-09]. Dostupné na: <http://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby>

BASF, 2015: *Atlas chorob, plevelů a škůdců*. Databáze online [cit. 2015-04-09]. Dostupné na: <http://m.agro.basf.cz/agroportal/mcz/cs/mpests/pests.html>

BERNARDOVÁ M., 2013: Braničnatka pšeničná a hnědá skvrnitost ječmene, *Úroda*, 4: 63–66

BITTNER V., 2008: *Škodlivé organizmy ječmene: abiotická poškození, choroby, škůdci*. Kurent, České Budějovice, 54 s.

BITTNER V., 2009: *Škodlivé organizmy pšenice: abiotická poškození, choroby, škůdci*. Kurent, České Budějovice, 82 s.

BROM J., 2010: *Mikroklima porostu*. Databáze online [cit. 2015-02-24]. Dostupné na: <http://www.jbrom.smoothcollie.eu/vyuk/Mikr.pdf>

CAO X., DUAN X., ZHOU Y. & LUO Y., 2011: *Dynamics in concentrations of Blumeria graminis f. sp. tritici conidia and its relationship to local weather conditions and disease index in wheat*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10658-011-9898-8#page-1>

COOKE B. M., JONES D. & KAYE B., 2006: *The epidemiology of plant diseases*. Dordrecht, the Netherlands, 576 s.

EPROJEKT, 2015: *CAM rostliny*. Databáze online [cit. 2015-02-24]. Dostupné na: [www.eprojekt.gjs.cz/Services/Downloader.ashx?id=15756](http://www.eprojekt.gjs.cz/Services/Downloader.ashx?id=15756)

FIALA T., 2013: Ramuláriová skvrnitost – „nová“ choroba ječmene, *Úroda*, 3: 26–27

FUKALOVÁ P. & POKLADNÍKOVÁ H., 2009: *Vývojové trendy ve využití půdy v katastrálním území Žabčice*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: <http://acta.mendelu.cz/pdf/actaun201058020069.pdf>

- GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN, 2011: *Ramularia leaf spots on barley*. Databáze online [cit. 2015-04-09]. Dostupné na: <http://www.phytopathology.uni-goettingen.de/?id=182>
- HAFNEROVÁ H., 2013: *Lokalizace a přírodně-výrobní podmínky podniku*. Databáze online [cit. 2015-04-14]. Dostupné na: [http://szp.mendelu.cz/cz/o\\_nas/poloha](http://szp.mendelu.cz/cz/o_nas/poloha)
- HANZALOVÁ A. & BARTOŠ P., 2010: Listové choroby pšenice, *Úroda*, 4: 68–70
- HÝSEK J., VAVERA R. & VACH M., 2014: Choroby pšenice od kořene po klas, *Úroda*, 4: 57–61
- CHEN J., SAUNDERS S. C., CROW T. R., NAIMAN R. J., BROSOFSKE K. D., MROZ G. D., BROOKSHIRE B. L. & FRANKLIN J. F., 1999: *Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: [http://fish.washington.edu/people/naiman/CV/reprints/chen\\_1999.pdf](http://fish.washington.edu/people/naiman/CV/reprints/chen_1999.pdf)
- CHRPOVÁ J., ŠÍP V., HANZALOVÁ A. & ČEJKA L., 2012: Přehled chorob listů a klasů pšenice, *Farmář*, 6: 26–27
- CHRPOVÁ J., ŠÍP V., HANZALOVÁ A. & ŠTOČKOVÁ L., 2013: Výskyt chorob obilovin v závislosti na počasí, s. 32–37. In: HNILÍČKA F. (eds). *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2013*, Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně, 326
- CHUNGU C., GILBERT J. & TOWNLEY-SMITH F., 2001: *Septoria tritici Blotch Development as Affected by Temperature, Duration of Leaf Wetness, Inoculum Concentration, and Host*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2001.85.4.430>
- KLABZUBA J., VOŽNAROVÁ V. & VOBORNÍKOVÁ J., 1999: *Hodnocení počasí v zemědělství*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 122 s.
- KRÉDL Z., STŘEDA T., POKORNÝ R. & KMOCH M., 2011: Teplotní zvrstvení v porostech pšenice a řepky, s. 28. In: STŘEDOVÁ H., ROŽNOVSKÝ J., LITSCHMANN T. (eds). *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí*, Skalní mlýn, Česká bioklimatologická společnost v nakl. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 52 s.

KURPELOVÁ M., COUFAL L. & ČULÍK J., 1975: *Agroklimatické podmínky ČSSR*. Hydrometeorologický ústav, Bratislava, 270 s.

KUSHNIR Y., 2000: *The Climate System*. Databáze online [cit. 2015-02-24]. Dostupné na: <http://eesc.columbia.edu/courses/ees/climate/lectures/radiation/>

LEIŠOVÁ-SVOBODOVÁ L., MINAŘIKOVÁ V. & STEMBERKOVÁ L., 2011: Hnědá skvrnitost ječná, *Farmář*, 12: 14–15

LITSCHMANN T., DOLEŽAL P. & HAUSVATER E., 2014: *Sledování meteorologických faktorů v rostlinné výrobě*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: [www.vubhb.cz/library.ashx?file=42\\_pi\\_56\\_meteo\\_cc.pdf](http://www.vubhb.cz/library.ashx?file=42_pi_56_meteo_cc.pdf)

MÁHRLOVÁ Z., 2010: *Vliv teploty na procesy fotosyntézy a růst C3 a C4 rostlin ve výuce na biologii na školách*. Databáze online [cit. 2015-02-24]. [http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/bakalar/prace/BP\\_Mahrlova.pdf](http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/bakalar/prace/BP_Mahrlova.pdf)

MATEJKA F. & HUZULÁK J., 1987: *Analýza mikroklímy porostu*. Veda, Bratislava, 232 s.

MATEJKA F., ROŽNOVSKÝ J., HURTALOVÁ T. & JANOUŠ D., 2003: *Súčasný stav a perspektívy výskumu mikroklímy rastlinných porastov*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: [http://cbks.cz/sbornik03/prispevky/Matejka\\_Roznovsky.pdf](http://cbks.cz/sbornik03/prispevky/Matejka_Roznovsky.pdf)

MCMAHON M. J., KOFRANEK A. M., RUBATZKY V. E. & HARTMANN H. T., 2011: *Plant science: growth, development, and utilization of cultivated plants*. Prentice Hall, Boston, 674 s.

PERLMAN H., 2014: *Transpiration – The Water Cycle*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: <http://water.usgs.gov/edu/watercycletranspiration.html>

PETR J., 1987: *Počasi a výnosy*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 365 s.

POKORNÝ R., KRÉDL Z., STŘEDA T. & FILIPÍ A., 2012: Vlhkost vzduchu ve vertikálním profilu porostu pšenice během hlavního vegetačního období, s. 132–135. In: ROŽNOVSKÝ J., LITSCHMANN T., STŘEDA T., STŘEDOVÁ H. (eds). *Vláhové poměry krajiny*, Český hydrometeorologický ústav, Praha, 155 s.

PROKINOVÁ E., 2013: Prašná sněžitost ječmene, *Úroda*, 2: 45–48

ROUSEY K. R., 2006: *Heat transfer*. Databáze online [cit. 2015-02-24]. Dostupné na: [http://www.atmos.illinois.edu/earths\\_atmosphere/heat\\_transfer.html](http://www.atmos.illinois.edu/earths_atmosphere/heat_transfer.html)

ROŽNOVSKÝ J. & LITSCHMANN T., 2011: Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí. In: Středová H. (eds). Sborník abstraktů z mezinárodní konference, Praha, Český hydrometeorologický ústav, 52 s.

ROŽNOVSKÝ J., HAVLÍČEK V., 1999: *Bioklimatologie*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 156 s.

ROŽNOVSKÝ J., MATEJKA F. & HURTALOVÁ T., 2003: Mikroklima porostu kukuřice a jeho měření. In: Rožnovský J., Litschmann T. (eds). *Mikroklima porostů: sborník abstraktů*, Brno, Český hydrometeorologický ústav, 30 s.

SAPOŽNIKOVÁ S. A., 1952: *Mikroklima a místní klima*. Brázda, Praha, 260 s.

SCHWARZER J.: *Vlhký vzduch a jeho úpravy*. Databáze online [cit. 2015-02-24]. Dostupné na: [http://users.fs.cvut.cz/~schwajan/schwarzer\\_soubory/Soubory/Vlhky\\_vzduch/vv.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~schwajan/schwarzer_soubory/Soubory/Vlhky_vzduch/vv.pdf)

SPITZEROVÁ D., 2013: Prašná sněh' pšeničná a její návrat na pole České republiky, *Úroda*, 5: 14–15

STRUŽKA V., 1956: *Meteorologické přístroje a měření v přírodě*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 519, XXXII s.

STŘEDA T., KRÉDL Z. & POKORNÝ R., 2011: Teplota a vlhkost vzduchu – v porostu je všechno jinak, *Úroda*, 8: 60–62

STŘEDA T., POKORNÝ R., KRÉDL Z. & FILIPÍ A., 2012: Teplota vzduchu ve vertikálním profilu porostu pšenice během hlavního vegetačního období, *Obilnářské listy*, 3: 63–67

STŘEDOVÁ H., BOKWA A., DOBROVOLNÝ P., KRÉDL Z., KRAHULA L., LITSCHMANN, POKORNÝ R., ROŽNOVSKÝ J., STŘEDA T. & VYSOUDIL M., 2011: *Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 98 s.

SUTTON B. C. & WATERSTON J. M., 1966: *Leptosphaeria nodorum*. [Descriptions of Fungi and Bacteria]. Databáze online [cit. 2015-04-03]. Dostupné na:

<http://www.cabdirect.org/abstracts/20056400086.html;jsessionid=0919E5DF3BF8FF04F641DE27D500042D?gitCommit=4.13.29>

SYCHROVÁ E., 2006: Houbové choroby listů obilnin, *Farmář*, 5: 22–23

SYNGENTA, 2014: *Atlas chorob*. Databáze online [cit. 2015-04-09]. Dostupné na: <http://www3.syngenta.com/country/cz/cz/syngenta/reseni-syngenta/agroservis/atlas-nemoci/Pages/home2.aspx>

TE BEEST D. E., PAVELEY N. D., SHAW M. W. & VAN DEN BOSCH F., 2008: *Disease–Weather Relationships for Powdery Mildew and Yellow Rust on Winter Wheat*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-98-5-0609>

THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY, 2015: *Plant Disease Diagnosis*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: <http://www.apsnet.org/EDCENTER/INTROPP/TOPICS/Pages/PlantDiseaseDiagnosis.aspx>

UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA, 2010: *Plant Disease Epidemiology*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: <http://www.vodppl.upm.edu.my/uploads/docs/Lec%2010%20.pdf>

VĚCHET L., 2008: Významné houbové choroby obilnin, *Úroda*, 4: 37–40

VĚCHET L., 2010: Diagnostika a hodnocení chorob rostlin, *Úroda*, 3: 18–19

WANG S., FU B. J., GAO G. Y., YAO X. L. & ZHOU J., 2012: *Soil moisture and evapotranspiration of different land cover types in the Loess Plateau, China*. Databáze online [cit. 2015-04-12]. Dostupné na: <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/2883/2012/hess-16-2883-2012.pdf>

ZIMOLKA J., 2005: *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Profi Press, Praha, 179 s.

ŽALUD Z., 2010: *Bioklimatologie*. Databáze online [cit. 2015-02-24]. Dostupné na: [http://web2.mendelu.cz/af\\_217\\_multitext/ke\\_stazeni/bioklimatologie/bioklimatologie\\_texty.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/bioklimatologie/bioklimatologie_texty.pdf)

## 7 SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1: Rozdíl teplot: stanice × přizemí porostu, I. období, 2013</i> .....	40
<i>Graf 2: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2013</i> .....	41
<i>Graf 3: Rozdíl teplot: stanice × přizemí porostu, I. období, 2014</i> .....	41
<i>Graf 4: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2014</i> .....	42
<i>Graf 5: Rozdíl teplot: stanice × přizemí porostu, II. období, 2013</i> .....	42
<i>Graf 6: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2013</i> .....	43
<i>Graf 7: Rozdíl teplot: stanice × přizemí porostu, II. období, 2014</i> .....	43
<i>Graf 8: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2014</i> .....	44
<i>Graf 9: Rozdíl teplot: stanice × přizemí porostu, III. období, 2013</i> .....	44
<i>Graf 10: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2013</i> .....	45
<i>Graf 11: Rozdíl teplot: stanice × přizemí porostu, III. období, 2014</i> .....	45
<i>Graf 12: Rozdíl teplot: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2014</i> .....	46
<i>Graf 13: Rozdíl vlhkostí: stanice × přizemí porostu, I. období, 2013</i> .....	47
<i>Graf 14: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2013</i> .....	47
<i>Graf 15: Rozdíl vlhkostí: stanice × přizemí porostu, I. období, 2014</i> .....	48
<i>Graf 16: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2014</i> .....	48
<i>Graf 17: Rozdíl vlhkostí: stanice × přizemí porostu, II. období, 2013</i> .....	49
<i>Graf 18: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2013</i> .....	49
<i>Graf 19: Rozdíl vlhkostí: stanice × přizemí porostu, II. období, 2014</i> .....	50
<i>Graf 20: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2014</i> .....	50
<i>Graf 21: Rozdíl vlhkostí: stanice × přizemí porostu, III. období, 2013</i> .....	51
<i>Graf 22: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2013</i> .....	51
<i>Graf 23: Rozdíl vlhkostí: stanice × přizemí porostu, III. období, 2014</i> .....	52
<i>Graf 24: Rozdíl vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2014</i> .....	52
<i>Graf 25: Průběh teplot z období 20. dubna – 20. května 2013</i> .....	54
<i>Graf 26: Průběh vlhkostí z období 20. dubna – 20. května 2013</i> .....	54



<i>Graf 27: Průběh teplot z období 1. června – 30. června 2013 .....</i>	55
<i>Graf 28: Průběh vlhkostí z období 1. června – 30. června 2013 .....</i>	55
<i>Graf 29: Průběh teplot z období 25. dubna – 25 května 2014.....</i>	56
<i>Graf 30: Průběh vlhkostí z období 25. dubna – 25 května 2014 .....</i>	57
<i>Graf 31: Regresní analýza teplot: stanice × ef. výška porostu, I. období, 2013 .....</i>	I
<i>Graf 32: Regresní analýza vlhkostí: stanice × ef. výška porostu, I. období, 2013.....</i>	I
<i>Graf 33: Regresní analýza teplot: stanice × ef. výška porostu, I. období, 2014 .....</i>	II
<i>Graf 34: Regresní analýza vlhkostí: stanice × ef. výška porostu, I. období, 2014.....</i>	II
<i>Graf 35: Regresní analýza teplot: stanice × ef. výška porostu, II. období, 2013.....</i>	III
<i>Graf 36: Regresní analýza vlhkostí: stanice × ef. výška porostu, II. období, 2013 .....</i>	III
<i>Graf 37: Regresní analýza teplot: stanice × ef. výška porostu, II. období, 2014.....</i>	IV
<i>Graf 38: Regresní analýza vlhkostí: stanice × ef. výška porostu, II. období, 2014 .....</i>	IV
<i>Graf 39: Regresní analýza teplot: stanice × ef. výška porostu, III. období, 2013 .....</i>	V
<i>Graf 40: Regresní analýza vlhkostí: stanice × ef. výška porostu, III. období, 2013 .....</i>	V
<i>Graf 41: Regresní analýza teplot: stanice × ef. výška porostu, III. období, 2014 .....</i>	VI
<i>Graf 42: Regresní analýza vlhkostí: stanice × ef. výška porostu, III. období, 2014 .....</i>	VI

## **8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

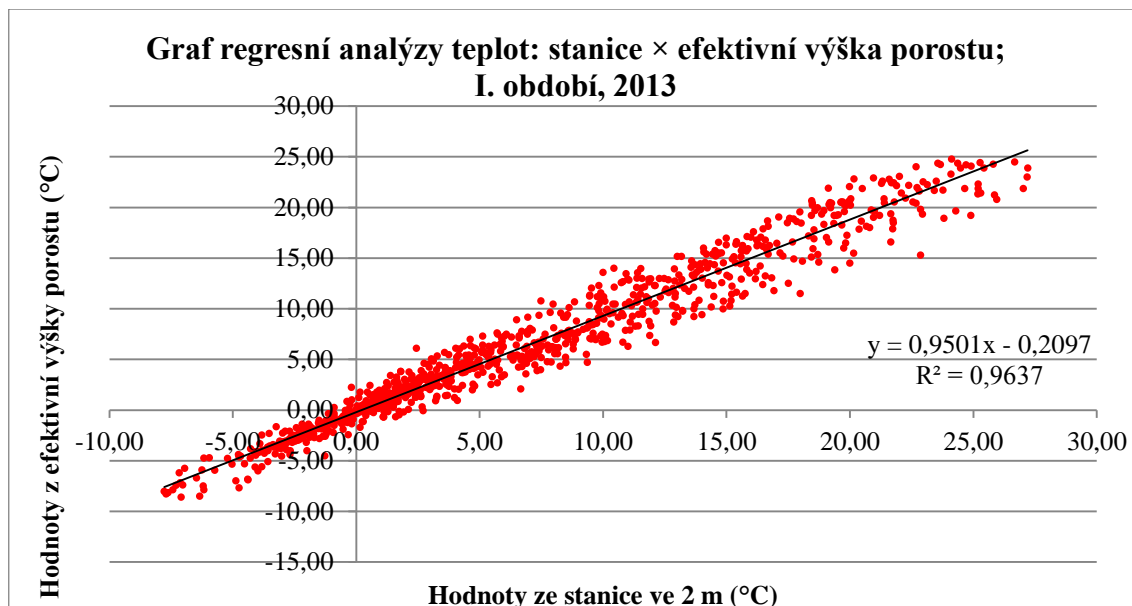
FAR – fotosynteticky aktivní radiace

SET – suma efektivních teplot

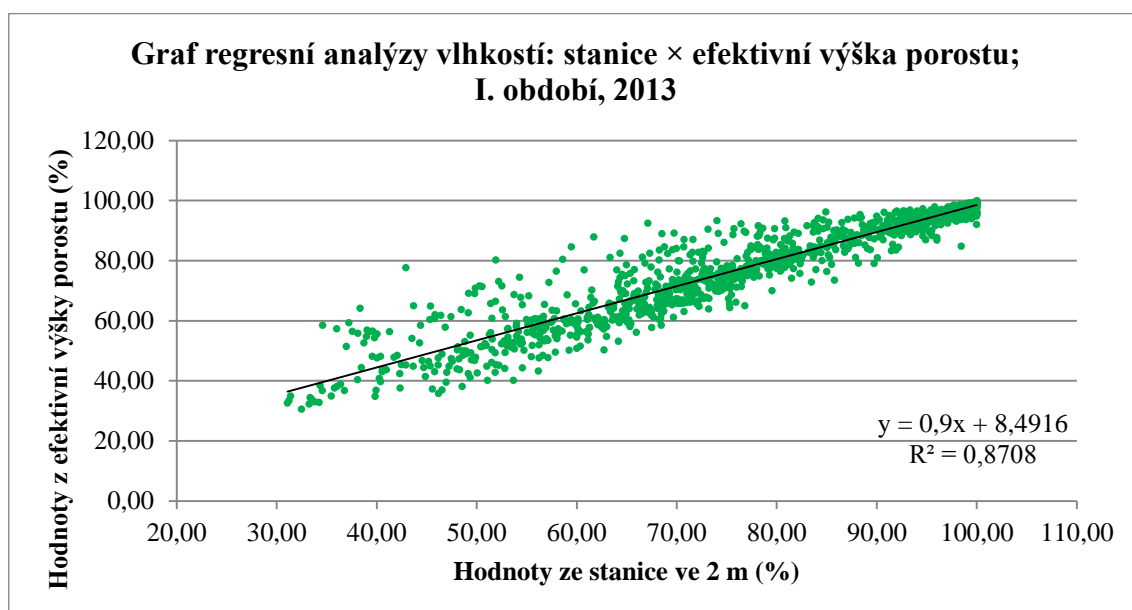
TS – teplotní suma aktivních teplot

UV-záření – ultrafialové záření

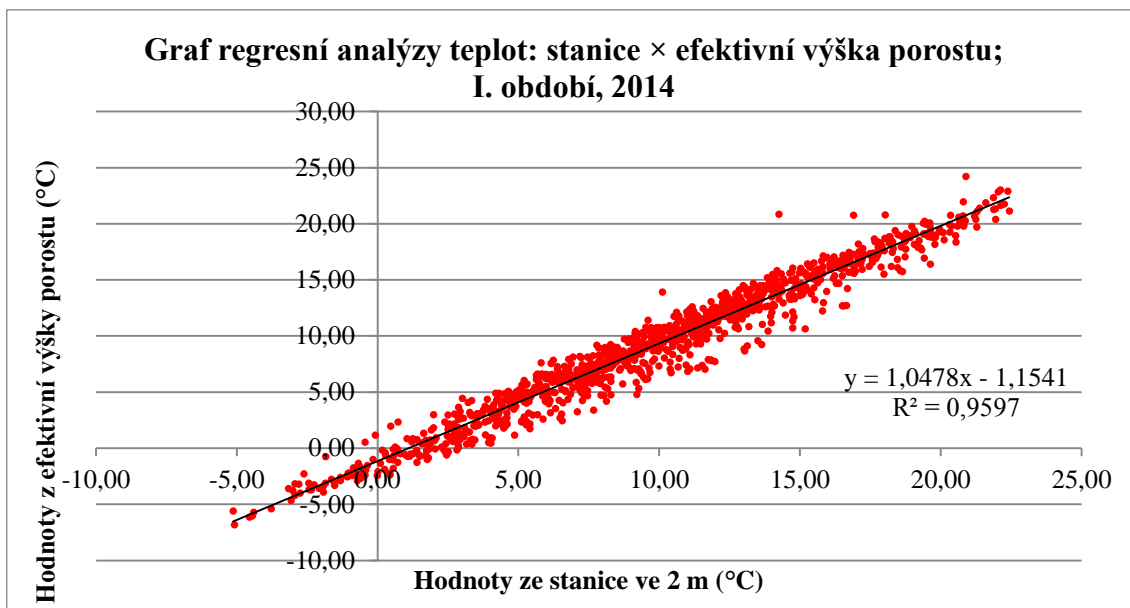
## PŘÍLOHA Č. 1: GRAFY LINEÁRNÍ REGRESE TEPLOT A VLHKOSTÍ



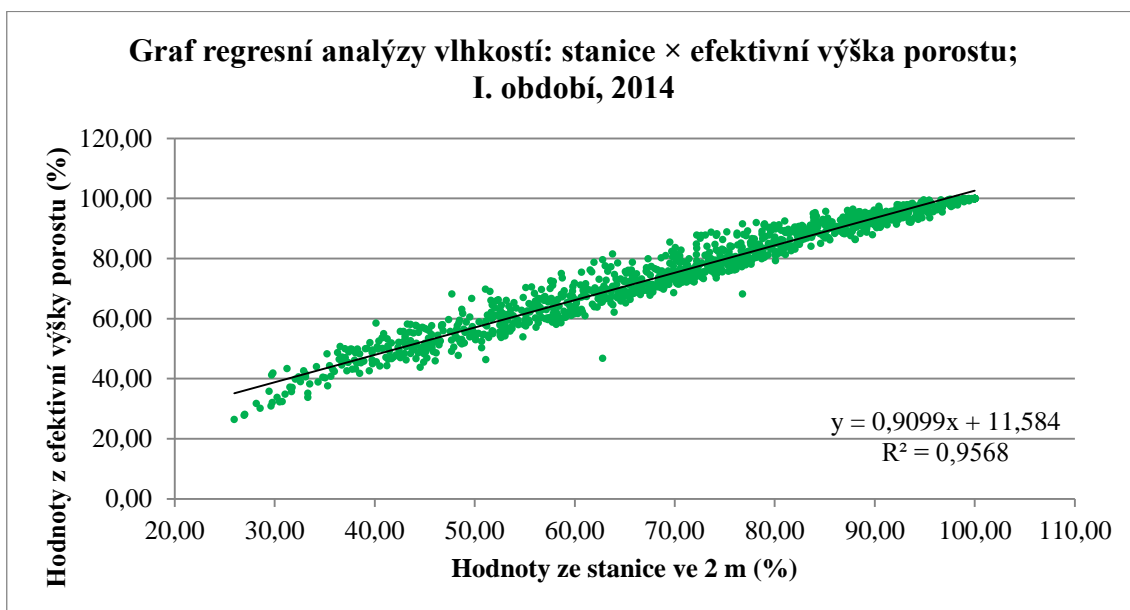
Graf 31: Regresní analýza teplot: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2013



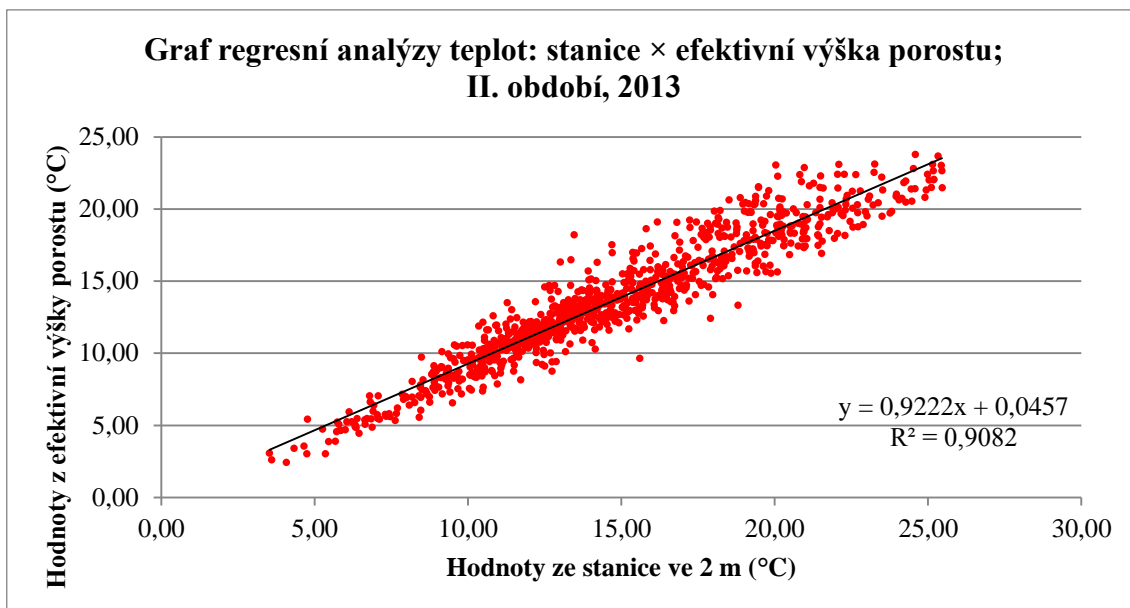
Graf 32: Regresní analýza vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2013



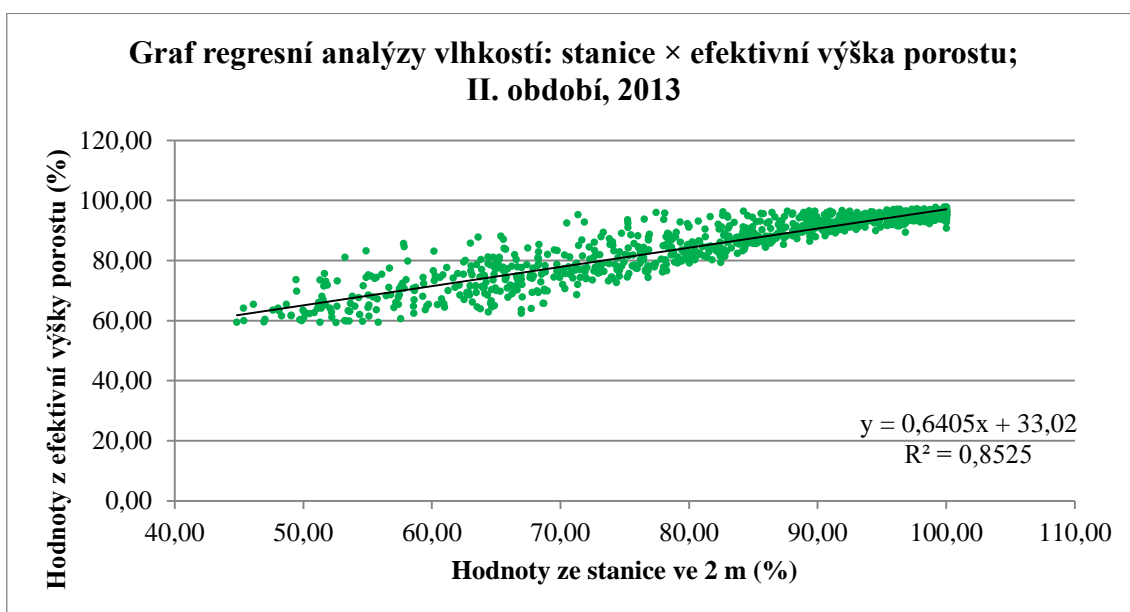
*Graf 33: Regresní analýza teplot: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2014*



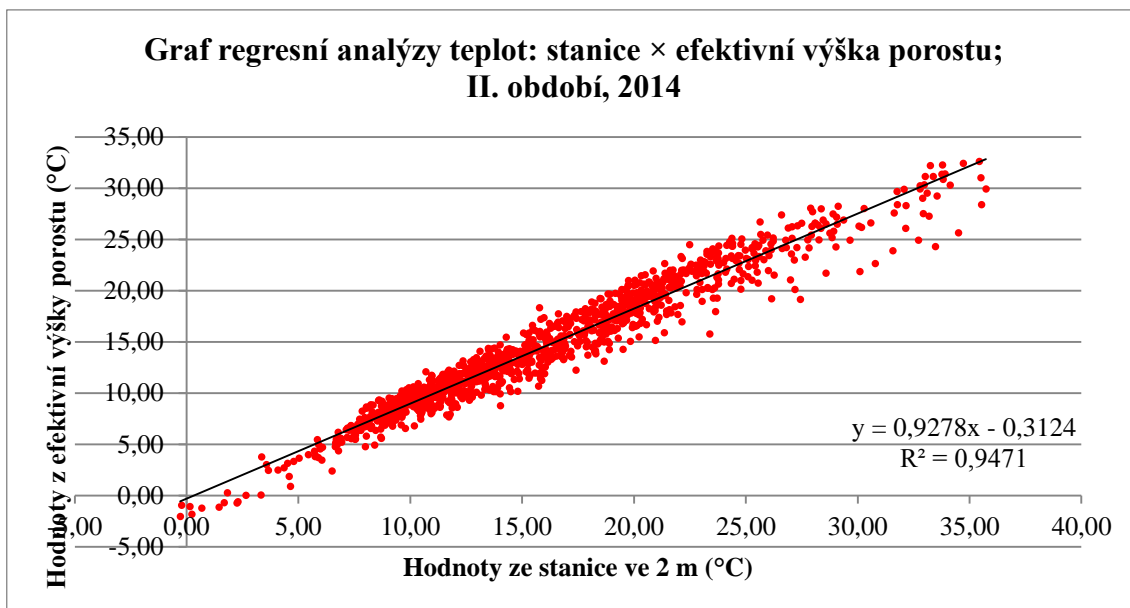
*Graf 34: Regresní analýza vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, I. období, 2014*



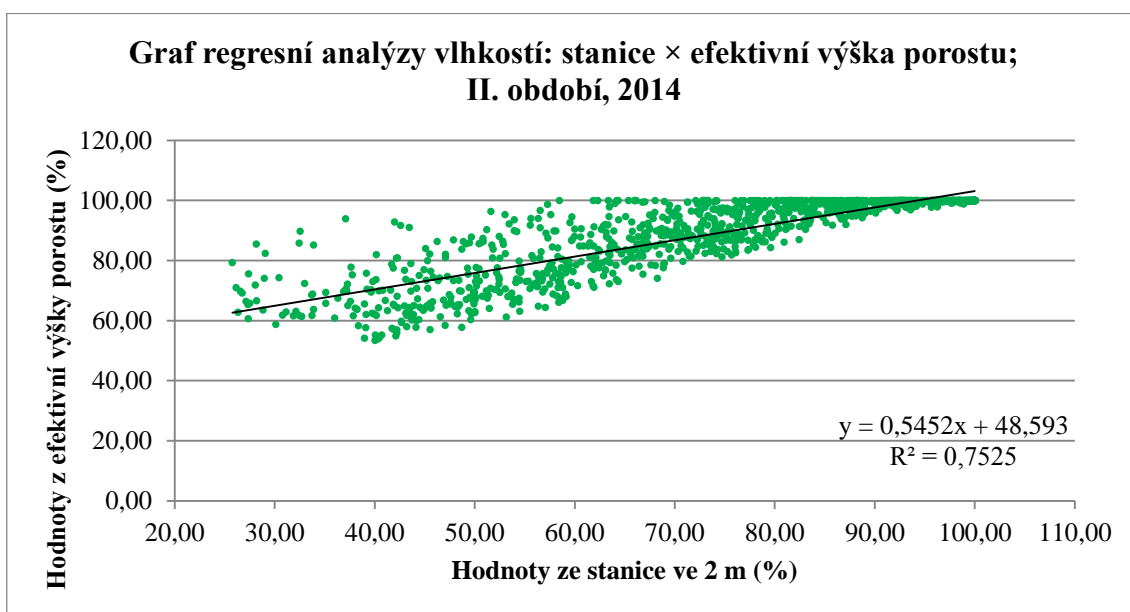
*Graf 35: Regresní analýza teplot: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2013*



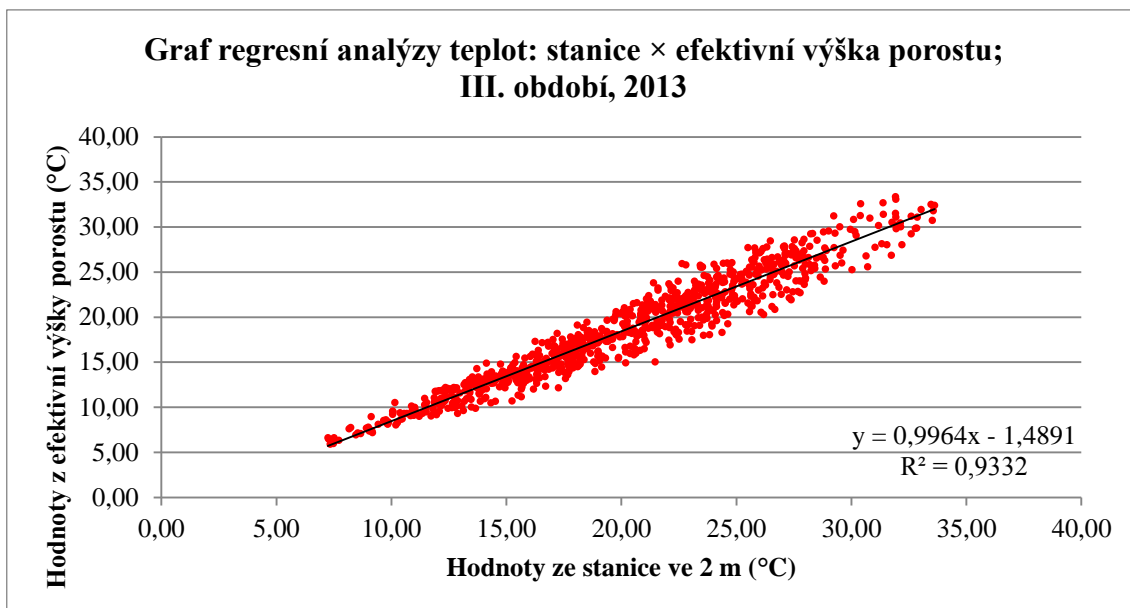
*Graf 36: Regresní analýza vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2013*



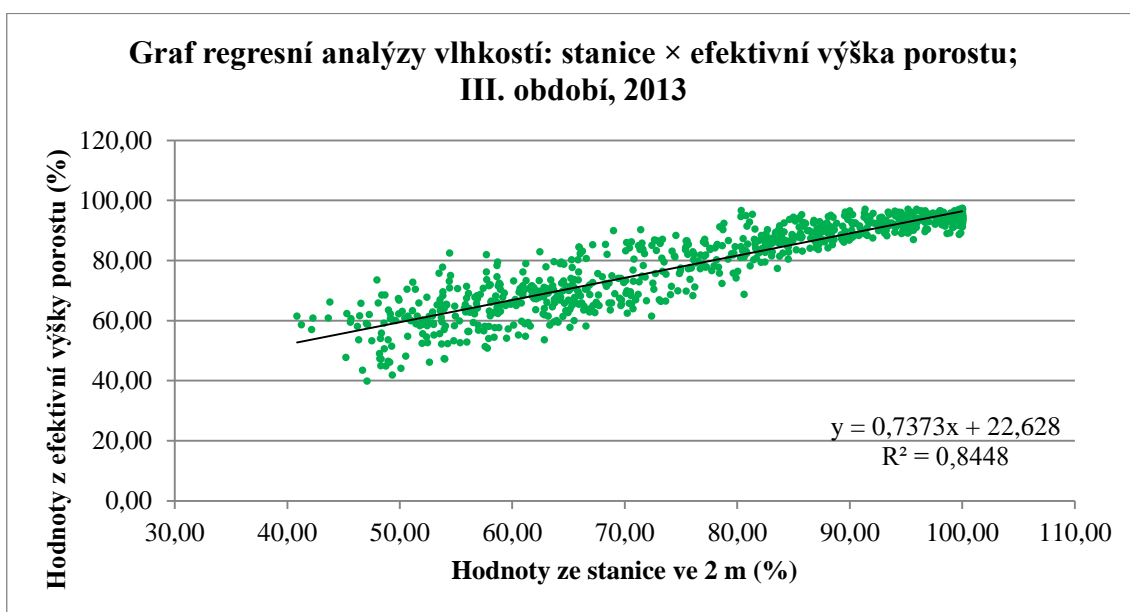
*Graf 37: Regresní analýza teplot: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2014*



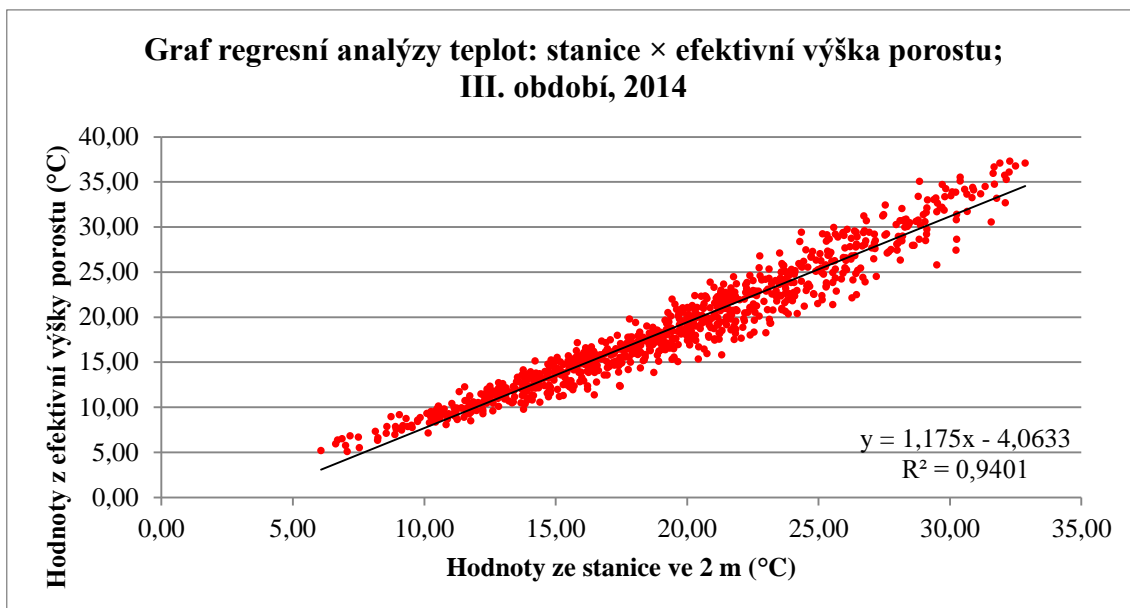
*Graf 38: Regresní analýza vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, II. období, 2014*



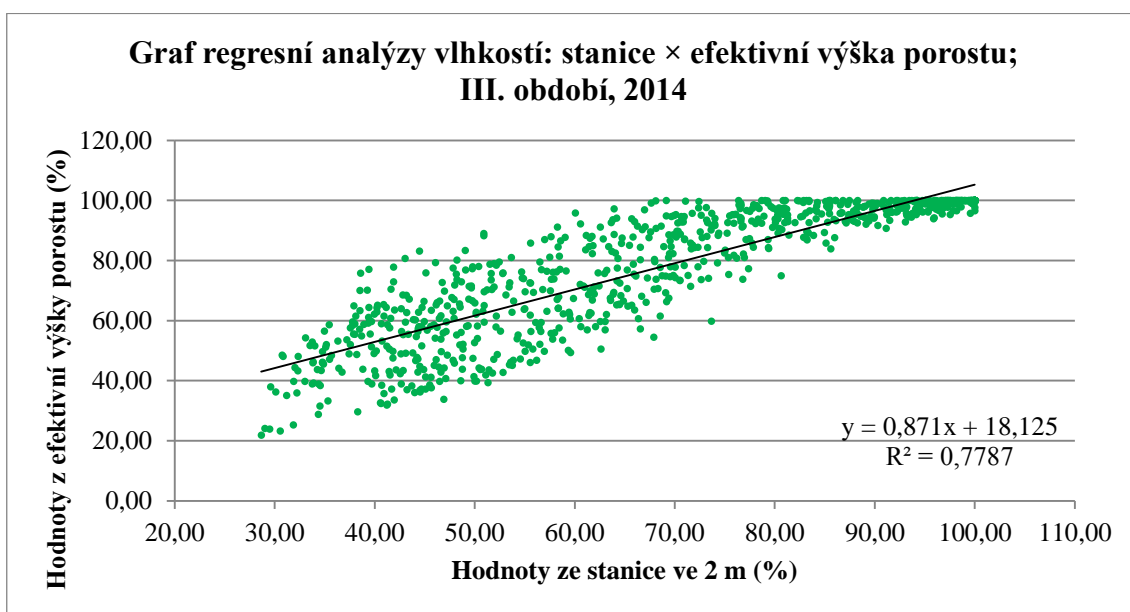
*Graf 39: Regresní analýza teplot: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2013*



*Graf 40: Regresní analýza vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2013*



*Graf 41: Regresní analýza teplot: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2014*



*Graf 42: Regresní analýza vlhkostí: stanice × efektivní výška porostu, III. období, 2014*