

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA
Katedra biotechniky parkových a krajinných úprav

**Hodnotenie rastu a fenológie jarabiny oskorošovej (*Sorbus
domestica* L.) v extrémnych podmienkach sucha**

Autoreferát dizertačnej práce
na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor
vo vednom odbore 6.1.17
Krajinná a záhradná architektúra

Ing. Mária Gavorová

Nitra 2008



Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedra biotechniky parkových a krajinných úprav, Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Doktorand: **Ing. Mária Gavorová**
Katedra biotechniky parkových a krajinných úprav
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vedúci dizertačnej práce: **doc. Ing. Viera Paganová, PhD.**
Katedra biotechniky parkových a krajinných úprav
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Oponenti: **prof. RNDr. Zuzana Jureková, CSc.**
Katedra ekológie
Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

doc. Ing. Ivan Lukáčik, CSc.
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
Technická univerzita Zvolen

prof. Ing. František Špánik, CSc.
Katedra biometeorológie a hydrológie
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Autoreferát bol odoslaný dňa

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra biotechniky parkových a krajinných úprav, Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Obhajoba doktorandskej dizertácie sa koná dňa **12.9.2008 o 11:00 h** pred komisiou pre obhajobu dizertačných práce študijného odboru 6.1.17 Krajinná a záhradná architektúra na Fakulte záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Miesto konania: Katedra biotechniky parkových a krajinných úprav
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Tulipánová 7,
949 76 Nitra

Miestnosť **TD-14**

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva SPU v Nitre.

Predseda komisie pre obhajoby v študijnom odbore 6.1.17 Krajinná a záhradná architektúra

prof. Ing. Ján Supuka, DrSc.
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre



ABSTRAKT

Vzhľadom na meniace sa klimatické podmienky prostredia treba poznať reakcie a schopnosti drevín prispôbiť sa premenlivým, často stresujúcim faktorom prostredia. Dizertačná práca sa experimentálne venuje adaptabilite jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica* L.) na nedostatok vody. Na základe ekofyziologických charakteristík je oskoruša považovaná za odolný druh, tolerujúci aj prebiehajúce zmeny klimatického systému atmosféry. Pozornosť sa jej venuje nielen ako odolnému druhu ale aj ako perspektívnej hospodársky využiteľnej drevine.

Na základe viacročných pozorovaní fenologickej aktivity semenáčikov boli identifikované fenologické fázy semenáčikov *Sorbus domestica* L.. Bol doplnený všeobecný BBCH identifikačný kód a vytvorila sa špecifická škála fenofáz pre semenáčky jarabiny oskorušovej. Tieto poznatky môžu byť ďalej využívané pri širšom mapovaní charakteristických reakcií potomstiev *Sorbus domestica* L. na sucho.

Z výsledkov, ktoré sa získali pri hodnotení fenologickej aktivity potomstiev *Sorbus domestica* L. vyplýva, že materský strom má výrazný vplyv na vlastnosti potomstiev a ich citlivosť voči faktorom prostredia.

Podarilo sa identifikovať potomstvá s najdynamickejšími reakciami vo vzťahu k zmenám priemerných teplôt vzduchu. Potomstvá môžeme považovať za pravdepodobný indikátor odolnosti materských stromov voči teplotným zmenám.

Na základe fenologickej aktivity potomstiev sa identifikoval genotyp odolný voči jarným mrazom.

Hodnotili sa metabolické a morfológické reakcie jarabiny oskorušovej na nedostatok vody v podmienkach diferencovaného vodného režimu. Výsledky experimentálnych prác dokazujú adaptáciu rastlín oskoruše na pôsobenie stresového faktora (sucho) a ako aj schopnosť tejto dreviny lepšie hospodáriť s vodou a prispôbiť sa obmedzenému množstvu disponibilnej vody v substráte bez zjavného poškodenia (vädnutie a usychanie listov a výhonov).

Z výsledkov vyplýva, že *Sorbus domestica* L. patrí medzi druhy s vyššou mierou tolerancie na sucho.

Kľúčové slová: *Sorbus domestica* L., fenologická aktivita, analýza asimilačných pigmentov, SLA, sucho



ABSTRACT

In view of climate changes is important to know about plants reactions and also ability of plants to adapt for this changes which mostly cause environmental stresses. Aim of this dissertational paper is to fine out how *Sorbus domestica* L. is responding on water deficiency. Based on ecophysiological characteristics is True service tree known as resistant species which is able to tolerate changes in climatic system of atmosphere. *Sorbus domestica* L. attracts attention not only as tolerant species but also as perspective economically applicable tree.

Based on perennial research of phenological activity of True service tree posterities have been identified phenological stages for *Sorbus domestica* L. seedling. The Phenological growth stages and general BBCH-identification keys were refilled with new phases and new specific identification key were created for *Sorbus domestica* L. seedling. This new knowledge may be useful for future research. It can help to find out how True service tree posterities can respond to drought influence.

Results, which we acquire by evaluation of phenological activity of *Sorbus domestica* L. posterities, shows that mother plant has major influence on posterities peculiarity. Also mother plant can influenced posterities environment sensitivity.

To identify posterity with the most dynamic reactions in relations to temperatures were succeeded. It can be indicated resistance of mother plants towards to temperatures changes through reactions of posterities.

By phenological activity reactions was identified genotype resistant for spring frost damage.

This paper survives laboratory experiments and methods used for determined reactions of *Sorbus domestica* L. in water deficiency conditions and its influence on the tree physiology. A result of experimental works shows that *Sorbus domestica* L. is able to adapt for water deficiency conditions. Also is this plant able to use accessible water in the soil economically and is able to adapt for water deficiency without withering of plant organs.

In conclusion, it can be said that *Sorbus domestica* L. is species with higher rate of drought tolerance.

Key words: *Sorbus domestica* L., phenological activity, plants pigments, SLA, drought

POUŽITÉ OZNAČENIE

BBCH	Biologische Bundesanstalt Budessortenamt and Chemical industry - Biologický spolkový ústav druhovej variability a chemického priemyslu
SLA	Specific Leaf Area - špecifická listová plocha



OBSAH

ÚVOD.....	5
2 CIEĽ PRÁCE.....	5
3 MATERIÁL A METÓDY.....	6
3.1 Fenologické pozorovania.....	6
3.2 Experimentálne merania a laboratórne pokusy.....	7
4 SÚHRN VÝSLEDKOV A DISKUSIA.....	7
4.1 Fenologické pozorovania.....	7
4.1.1 Identifikácia fenologických fáz semenáčikov <i>Sorbus domestica</i> L.....	7
4.1.2 Zhodnotenie fenologickej aktivity potomstiev <i>Sorbus domestica</i> L. vo vzťahu k priemerným denným teplotám.....	9
4.1.3 Zhodnotenie dynamiky reakcií generatívnych potomstiev <i>Sorbus domestica</i> L. vo vybraných fenologických intervaloch v rokoch 2007 a 2008.....	10
4.1.4 Zhodnotenie reaktivity generatívnych potomstiev <i>Sorbus domestica</i> L. vo vybraných fenologických intervaloch vzhľadom k teplotným sumy v rokoch 2007 a 2008	11
4.2 Vyhodnotenie reakcií <i>Sorbus domestica</i> L. na nedostatok vody.....	13
4.2.1 Stanovenie obsahu vody v listoch.....	13
4.2.2 Hodnotenie zmien v obsahu asimilačných pigmentov.....	14
4.2.3 Zmeny špecifickej listovej plochy.....	16
5 ZÁVERY PRE VEDU A PRAX.....	17
6 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	18
7 ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁČ AUTORA	20



ÚVOD

Práca sa zameriava na experimentálnu charakteristiku adaptability jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica* L.) na sucho v pôde. Vzhľadom na meniace sa klimatické podmienky prostredia treba poznať reakcie a schopnosti prispôsobivosti drevín na nové, mnohokrát extrémne podnety. Pokúsime sa určiť vplyv sucha ako stresového faktora na zhoršovanie fyziologického stavu *Sorbus domestica* L. pri strednodobom a krátkodobom účinku sucha.

Všeobecne je *Sorbus domestica* L. považovaná za nenáročnú drevinu. Patrí do skupiny svetlomilných a teplomilných druhov. Je menej citlivá na neskoré jarné mrazy a dá sa pestovať aj v drsnejších podmienkach. Podľa Rotacha (2003) dobre znáša teplé, extrémne suché, neúrodné a plytké stanovištia. Pozornosť sa jej venuje nielen ako odolnému alebo ohrozenému druhu ale aj ako perspektívnej hospodársky využiteľnej drevine. Môže nájsť uplatnenie pri obnove a revitalizácii novovzniknutých extrémnych stanovišť vznikajúcich zmenami klimatických podmienok a ich limitujúcim pôsobením na niektoré citlivejšie druhy produkčných lesných drevín. Zmapovaním charakteristických reakcií *Sorbus domestica* L. na sucho a determinovaním schopnosti jej adaptácie na suché prostredie, sa pokúsime zdefinovať mechanizmus prispôsobenia sa oskoruše na limitujúce faktory klímy. Tieto poznatky môžu byť ďalej využívané pri širšom zavádzaní jarabiny oskorušovej do lesných hospodárskych porastov.

V rokoch 2006 - 2008 sa pozornosť venovala fenologickým fázam generatívnych potomstiev *Sorbus domestica* L.. Výsledky fenologických pozorovaní môžu nájsť uplatnenie pri rozširovaní poznatkov o nárokoch oskoruše na podmienky prostredia a indikácii dopadu potenciálnych klimatických zmien na životné prejavy *Sorbus domestica* L..

Predmetom práce bolo doplnenie všeobecného BBCH identifikačného kódu (Hack *et al.*, 1992) a vytvorenie novej škály špecifickej pre semenáčky *Sorbus domestica* L.. Identifikácia fenofáz a vytvorenie identifikačného kódu umožní hodnotiť reakcie a fenologickú aktivitu semenáčikov v podmienkach diferencovaného vodného režimu.

2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom dizertačnej práce je experimentálna charakteristika adaptability jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica* L.) na nedostatok vody v pôde.

Predmetom práce je identifikácia morfológických, fyziologických a vybraných metabolických reakcií jarabiny oskorušovej na podmienky diferencovaného vodného režimu, t.j.:

- identifikácia fenologických fáz semenáčikov *Sorbus domestica* L.,
- monitoring dynamiky fenologických fáz generatívnych potomstiev *Sorbus domestica* L. vo vzťahu ku klimatickým charakteristikám,
- vytypovanie genotypov oskoruše odolných voči teplotným extrémom,



- identifikácia rozdielov medzi materskými stromami v reakciách na teplotné zmeny na základe monitoringu potomstiev,
- identifikácia zmien obsahu asimilačných pigmentov pod vplyvom diferencovaného vodného režimu,
- identifikácia morfológických zmien pod vplyvom diferencovaného vodného režimu.

3 MATERIÁL A METÓDY

V rokoch 2006-2008 boli realizované fenologické pozorovania a laboratórne pokusy so semenáčikmi a sadenicami *Sorbus domestica* L.. V pokusnom materiáli boli zastúpené jednorôčné generatívne potomstvá štyroch materských stromov z lokality Jelenec a viacročné sadenice z lokality Vinné a Žemberovce.

V laboratórnych podmienkach boli sledované fyziologické reakcie rastlín vybraných genotypov na diferencovaný vodný režim. Merania počas upraveného vodného režimu boli realizované z vybranej vzorky listov stredného internódia jednorôčných výhonov. Počas vegetačného obdobia boli vykonávané fenologické pozorovania semenáčikov *Sorbus domestica* L. na trvalej monitorovacej ploche.

3.1 Fenologické pozorovania

- Identifikácia fenologických fáz semenáčikov *Sorbus domestica* L. Pozorovania boli robené vizuálne v 2 dňových intervaloch. Počas pozorovaní fenologickej aktivity *Sorbus domestica* L. sa snažíme determinovať a odpozorovať fenologické fázy počas celého vegetačného obdobia a vytvoriť ich fotografickú databázu. Pri spracovaní fenologických rastových fáz *Sorbus domestica* L. vychádzame zo všeobecného BBCH - identifikačného kódu (Hack *et al.*, 1992).
- Hodnotenie dynamiky reakcií semenáčikov *Sorbus domestica* L. vo fenologických intervaloch. Zhodnotenie homogenity reakcií potomstva na počasie počas vegetačného obdobia. Sledované boli jarné fenologické fázy podľa BBCH identifikačného kódu od nástupu fenologickej aktivity (fáza 01) do 90 % ukončenia rastu výhonov (fáza 39). Osobitne bolo sledované obdobie nástup fenofázy – napučíavanie listových púčikov (fáza 01), fenofázy viditeľné listové špičky (fáza 09) a nakoniec fenofázy prvý pravý list rozvitý (fáza 11). Pri matematicko-štatistickom spracovaní údajov bol použitý program STATGRAPHIC Centurion XV. Pre porovnanie kvantitatívnych znakov sa použila regresná analýza. V rámci štatistickej analýzy boli sledované korelácie medzi časom a dynamikou reakcií potomstiev v jednotlivých fenologických intervaloch. Tiež bol hodnotený vplyv teplotných súm na dynamiku reakcií potomstiev vo fenologických intervaloch.



Porovnaním reakcií analyzovaného materiálu – semenáčikov *Sorbus domestica* L.- na vplyvy prostredia budeme hľadať koreláciu medzi priebehom denných teplôt a dynamikou potomstiev vo fenologických intervaloch. Hodnotený bol aj vplyv priemerných denných teplôt na nástup vegetačného obdobia semenáčikov.

3.2 Experimentálne merania a laboratórne pokusy

- Analýza asimilačných pigmentov v podmienkach diferencovaného vodného režimu vykonaná terčíkovou metódou (veľkosť odobranej plochy: 49 mm²). Hodnoty absorpcie merané spektrofotometrom SPEKTROVANT VEGA 400, pri 440 nm, 645 nm a 663 nm. Na výpočet koncentrácie chlorofylov bol použitý vzťah podľa Lichtenthalera (1987).
- Stanovenie špecifickej listovej plochy v podmienkach diferencovaného vodného režimu stanovením čerstvej hmotnosti listov (F_w) sa listy zoskenovali v programe ImageJ. Stanovila sa listová plocha (LA). Vypočítal sa ukazovateľ rastovej analýzy SLA (*Specific leaf area*).

Pre laboratórne analýzy sa použilo 30 semenáčikov najpočetnejšieho potomstva 3 z lokality Jelenec. Tiež 6 viacročných sadeníc z lokalít Žemberovce a 6 viacročných sadeníc z lokality Vinné. Hodnotili sa metabolické a morfológické reakcie jarabiny oskorušovej na nedostatok vody v podmienkach diferencovaného vodného režimu.

4 SÚHRN VÝSLEDKOV A DISKUSIA

4.1 Fenologické pozorovania

4.1.1 Identifikácia fenologických fáz semenáčikov *Sorbus domestica* L.

Výsledky z pozorovania fenologických fáz semenáčikov *Sorbus domestica* L. nie sú totožné so všeobecne platným BBCH identifikačným kódom fenologických fáz vytvorený Hackom (Hack *et al.*, 1992) ani so špecifickým kódom vydefinovaným Meierom (Meier *et al.*, 1994) pre malvice.

Všeobecná škála neobsahuje fenofázy potrebné pre zakategorizovanie určitých období vývinu semenáčikov jarabiny oskorušovej. Vo všeobecnej škále nám chýbajú najmä fenofázy charakterizované ako subfázy vývinu základu listov.

Podobne aj hlavná rastová fáza vývinu listov prebiehajúca od subfázy 11 sa podstatne líši od klasického všeobecného identifikačného kódu. Identifikačný kód fenologickej aktivity vytvorenej pre malvice rozoznáva len (podobné) subfázy rastu internódii, ktoré nemožno aplikovať na semenáčky *Sorbus domestica* L. Vlastné pozorovania vývinu listov môžeme len čiastočne zlúčiť s fázami vydefinovanými pre malvice, avšak je treba doplniť identifikačný kód o zistené rozdiely vo fenologickej aktivite semenáčikov *Sorbus domestica* L..

Na základe získaných poznatkov sa doplnil Hackov (Hack *et al.*, 1994) BBCH všeobecný identifikačný kód fenologických fáz a zostavila sa samostatná škála fenologických fáz pre semenáčky *Sorbus domestica* L..

Hlavná rastová fáza 0: pučanie/vývin púčikov (Obr. 1)

- 1• 00 Dormancia: listové púčiky zatvorené
- 2• 01 Začiatok nalievania listových púčikov
- 3• 03 Koniec napučievania
- 4• 07 Začiatok roztvárania púčika
- 5• 09 Viditeľné listové špičky

Hlavná rastová fáza 1: Vývin listov / výhonov (Obr. 2)

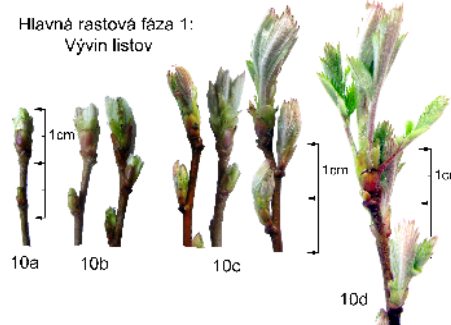
- 10a vývinu základu listov
 - 10b vývinu základu listov - II. Subfáza
 - 10c vývinu základu listov - III. Subfáza
 - 10d vývinu základu listov – Prvé listy separované, viditeľná os výhonu

Hlavná rastová fáza 1: Vývin listov / výhonov (Obr. 3)

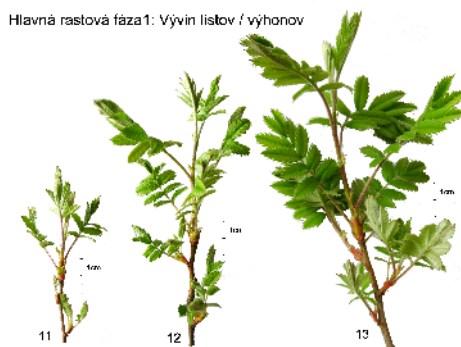
- 11 Prvé dva listy rozvinuté, prvé internódium
- 12 Druhé dva listy rozvinuté, druhé internódium
- 13 Tretie dva listy rozvinuté, tretie internódium
- 14 Štvrté dva listy rozvinuté, štvrté internódium
- 15 Piate dva listy rozvinuté, piate internódium
- 16 Šieste dva listy rozvinuté, šieste internódium
- 17 Siedme dva listy rozvinuté, siedme internódium
- 18 Osme dva listy rozvinuté, ôsme internódium
- 19 Deväť a viac listov rozprestretých, deväť a viac internódií



Obr. 1. Hlavné rastové fázy vývinu listových púčikov semenáčikov *Sorbus domestica* L.



Obr. 2. Hlavné rastové fázy vývinu základu listov semenáčikov *Sorbus domestica* L.



Obr. 3. Hlavné rastové fázy vývinu listov a výhonov semenáčikov *Sorbus domestica* L.



Charakteristika biologických reakcií semenáčikov oskoruše môže v budúcnosti prispieť k identifikácií vhodného potomstva odolného voči extrémnym podmienkam prostredia. Efektívny výber potomstiev zaradených do šľachtiteľského procesu môže napomôcť pri tvorbe nových stabilnejších genotypov.

4.1.2 Zhodnotenie fenologickej aktivity potomstiev *Sorbus domestica* L. vo vzťahu k priemerným denným teplotám

Vo všetkých troch rokoch 2006 - 2008 bol priebeh fenologickej aktivity potomstiev *Sorbus domestica* L. veľmi rýchly. *Sorbus domestica* L. je považovaná za výrazne svetlo a teplomilnú drevinu, čo potvrdzujú aj výskumy Paganovej (Paganová, 2000). Podľa vlastných pozorovaní fenologická aktivita začína až pri nástupe teplotných súm $TS5^{\circ}C$, ktorých hodnota sa pohybuje nad $TS5=32,2^{\circ}C$. Výnimočný z hľadiska nástupu do fenologickej aktivity, bol len rok 2008 kedy fenologická aktivita začala už pri teplotnej sume $TS2$, vďaka vysokým teplotám vzduchu v prvých dvoch zimných mesiacoch.

Výsledky pozorovaní fenologickej aktivity semenáčikov *Sorbus domestica* L. vo vzťahu k priemerným denným teplotám, jednoznačne dokazujú zhodu názorov (Bagar *et al.*, 2001; Donnelly *et al.*, 2006; Chmielewski *et al.*, 2000; Nielsen *et al.*, 2003) o vplyve skorých jarných teplôt na nástup fenologickej aktivity a na samotný priebeh fenologickej aktivity rastlín. Potomstvá jarabiny oskorušovej sa prispôsobujú vo fenologickej aktivite teplotným charakteristikám, eliminujú vplyv extrémov a zachovávajú si vyrovnaný sled fenofáz, bez ohľadu na nástup vegetačného obdobia.

Mnohé štúdie poukazujú na zmenu v nástupoch vegetačného obdobia v Európe. Negatívne trendy začiatku fenologickej aktivity prinášajú so sebou väčšie riziko v podobe mrazov na začiatku fenologickej aktivity (Donnelly *et al.*, 2006; Chmielewski *et al.*, 2000). Ohrozované sú najmä dreviny so skorým nástupom fenologickej aktivity. Z pozorovaní nástupu fenologickej aktivity semenáčikov *Sorbus domestica* L. počas 3 rokov vyplýva, že potomstvo stromu 3 potrebuje pre nástup do vegetácie vyššie hodnoty teplotných súm voči ostatným sledovaným potomstvám. Môžeme preto predpokladať, že oneskorenie nástupu vegetačnej aktivity potomstva 3 odďaľuje možný vplyv jarných mrazov na semenáčky. Následný priebeh vo fenofázach potomstva 3 sa vyrovná ostatným potomstvám. Nedochádza tak k posunu fenologických fáz a nie je ovplyvnený termín kvitnutia a plodenia neskorším nástupom rastliny do vegetačného obdobia. Predpokladáme preto, že potomstvo materského stromu 3 je vhodným rastlinným materiálom na budúce šľachtenie a vytvorenie odolného genotypu *Sorbus domestica* L. voči posunom vegetačného obdobia.

Porovnanie fenologickej aktivity generatívnych potomstiev *Sorbus domestica* L. s priebehom fenologickej aktivity materských stromov potvrdilo zhodnú reaktivitu potomstiev v závislosti od genotypu dreviny. Potomstvo 1, 2 a 4 reaguje na nástup do vegetácie jednotne, čo potvrdzuje aj zhodná reaktivita



materských stromov vo vzťahu k nástupu vegetačného obdobia a priebehu jarných a jesenných fenofáz.

Potomstvo materského stromu 3 potvrdilo zhodnú reaktivitu s generatívnym potomstvom 3. Nástup do vegetácie je pomalší pre materskú rastlinu 3 aj pre jej potomstvo v porovnaní s ostatnými sledovanými potomstvami (1, 2 a 4) a ich materskými rastlinami. Reaktivita jedincov v neskorších fenologických intervaloch je rýchla a potomstvo 3 reaguje, rovnako ako materská rastlina, vyrovnaním fenologickej aktivity s ostatnými potomstvami. Ovplyvnenie letných alebo jesenných fenologických intervalov neskorším nástupom do vegetácie či už pre potomstvo 3 alebo materský strom 3 nebolo odsledované.

Získané výsledky dokazujú výrazný vplyv materskej rastliny na vlastnosti potomstiev a ich citlivosť voči faktorom prostredia.

4.1.3 Zhodnotenie dynamiky reakcií generatívnych potomstiev Sorbus domestica L. vo vybraných fenologických intervaloch v rokoch 2007 a 2008

Prvé jarné fenofázy sa pri drevinách vyznačujú najvýraznejšou odozvou biologických reakcií na zmeny teplôt. Preto sa hodnotenie generatívnych potomstiev oskoroše zameralo práve na jarné fenologické intervaly.

Korelačné závislosti dynamiky reakcií jedincov štyroch potomstiev *Sorbus domestica* L. pozorované medzi fenologickým intervalom a časom trvania intervalu v rokoch 2007 a 2008 poukazujú na variabilitu biologických reakcií jedincov v potomstvách.

Výsledky dokazujú vyrovnanosť biologických reakcií potomstva 1 v roku 2007 z hľadiska časového vývinu semenáčikov. Potomstvo 1 sa javí ako homogénne. V roku 2008 boli závislosti z predchádzajúceho roku potlačené pravdepodobne redukciou počtu semenáčikov v potomstve 1.

Potomstvo 2 nepotvrdilo heterogenitu vývinu zistenú v roku 2007. Predpokladáme tiež vplyv redukcie hodnotených semenáčikov na priebeh fenologického intervalu.

Charakter vývinu potomstva 3 bol pravdepodobne ovplyvnený teplotami. V roku 2007 bol vývin potomstiev vyrovnanejší ako v roku 2008.

Potomstvo 4 sa v dvoch sledovaných rokoch prejavovalo ako najstabilnejšie v biologických reakciách a zároveň najhomogénnejšie vo vývine semenáčikov z hľadiska času.

Z výsledkov ktoré sa získali pri hodnotení fenologickej aktivity potomstiev *Sorbus domestica* L. vyplýva, že materský strom má výrazný vplyv na vlastnosti potomstiev a ich citlivosť voči faktorom prostredia. Dokumentujú to rozdiely v biologických reakciách potomstiev a rozdiely v nástupe a priebehu ich fenologickej aktivity.

4.1.4 Zhodnotenie reaktivity generatívnych potomstiev Sorbus domestica L. vo vybraných fenologických intervaloch vzhľadom k teplotným sumy v rokoch 2007 a 2008



Analýzou korelačných závislostí biologických prejavov potomstiev vo vzťahu k sumám teplôt v roku boli identifikované potomstvá s najdynamickejšou reaktivitou jedincov vo vzťahu k priemerným teplotám vzduchu.

Výsledky pozorovaní v roku 2008 potvrdili, že dynamiku začiatku fenologických procesov (fenologickom intervale 03) v oboch sledovaných rokoch dominantne ovplyvňuje priebeh teplôt posledných zimných a prvých jarných mesiacov. V roku 2008 bol vývin potomstiev, v závislosti od teplotných súm, limitovaný už teplotnou sumou $TS2^{\circ}C$. Podobné sú aj poznatky iných autorov (Chmielewski *et al.*, 2000, 2002, 2003, 2004; Donnelly *et al.* 2006; Romanovskaja, Bakšiene, 2005; Gratani *et al.*, 1986) o výraznom vplyve teplotných charakteristík koncom dormancie, ktoré ovplyvňujú nástup drevín do vegetačnej aktivity.

Zmena v teplotnej charakteristike od tretieho mesiaca roku 2008 na priemerné teploty, preukazne ovplyvnila reaktivitu potomstiev vo fenologickom intervale 09, čo dokazuje vysoká štatistická významnosť medzi teplotnými sumami a biologickými reakciami vo fenologickom intervale 09. Biologická aktivita potomstiev bola pozastavená a začala sa výrazne prejavovať až pri dosiahnutí $TS5^{\circ}C$. Priebeh biologických reakcií je náhly a jednotný, kedy do fenologického intervalu 09 nastupuje 12 semenáčikov v priebehu dvoch dní.

Výsledky štatistického hodnotenia korelačných závislostí biologickej aktivity potomstiev, z hľadiska času v rokoch 2007 a 2008, potvrdzujú pravdepodobnosť rovnakého genetického základu materských stromov 1 a 2. Z hľadiska vplyvu teplotných súm na biologické reakcie potomstiev sa pre dané potomstvá zaznamenali veľmi výrazné reakcie.

Sledovaný priebeh počas dvoch rokov potvrdzuje preukazný vplyv teplotných súm na reaktivitu rastlín potomstiev 1,3 a 4 len v začiatkoch vegetačnej aktivity.

Náhla zmena teploty v roku 2008 z veľmi teplých mesiacov na normálnu vo fenologickom intervale 09 ako jediné neovplyvnila potomstvo 4. Konštatujeme že potomstvo 4 môže byť odolné voči extrémnym zmenám počasia.

Nepreukazné korelačné vzťahy a rozptýlené reakcie semenáčikov v neskorších fenologických intervaloch vo všetkých potomstvách v oboch hodnotených rokoch dokazujú menší vplyv teplotných súm na neskoršie fenologické intervaly vývinu jedincov (09 a 10).

Na základe zhodnotenia fenologickej aktivity potomstiev rôznych materských stromov sa podarilo identifikovať genotyp oskoruše odolný voči teplotným extrémom, ktorý by sa po ďalších testoch mohol využiť v šľachtiteľskom programe jarabiny oskorušovej na Slovensku.

Výrazná dynamika biologických reakcií potomstiev vo vzťahu k teplotám dáva predpoklad, že klimatické extrémne negatívne nepostihnú všetky jedince potomstva. Generatívne potomstvá považujeme za indikátor odolnosti materských stromov voči teplotným zmenám.

4.2 Vyhodnotenie reakcií *Sorbus domestica* L. na nedostatok vody



Pokusné rastliny boli umiestnené do fóliového krytu. V rámci modelu diferencovaného vodného režimu bol pre 15 semenáčikov navodzovaný režim 40 % nasýtenia pre stresový variant. Pre kontrolnú vzorku 15 semenáčikov bol stanovený režim 60 % plného nasýtenia substrátu.

Sadenice *Sorbus domestica* L. boli v obidvoch provenienciách rozdelené na stresovaný variant (40 % nasýtenie substrátu), ktorý obsahoval po 3 sadenice z každého pôvodu a kontrolnú vzorku (60 % nasýtenie substrátu) po 3 sadenice z každého pôvodu.

4.2.1 Stanovenie obsahu vody v listoch

Oskoruše, so 40% nasýtením substrátu - postihnuté redukciami obsahu vody v pletivách - preukazne reagovali na stresor a vyrovnali sa s jeho pôsobením – adaptovali sa. Semenáčiky *Sorbus domestica* L. sa adaptovali, čo je zrejmé aj zo zachovania schopnosti udržať disponibilnú hladinu vody v listových pletivách pri pôsobení vodného deficitu a tým zachovať životné funkcie rastliny, najmä fotosyntézu. Rajagopal *et al.* (1988) uvádza, že odolné genotypy rastlín môžu uchovávať vodu v rastlinách efektívnejšie ako rastliny citlivé na dehydratáciu. Podľa našich výsledkov sa oskoruša prejavuje ako druh so schopnosťou rýchlej adaptácie na nedostatok vody.

Pri porovnaní výsledkov s pozorovaniami Paganovej (Paganová, 2008) na listoch *Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd., sme zaznamenali veľmi podobné reakcie v dynamike obsahu vody pod vplyvom diferencovaného vodného režimu. Z výsledkov vyplynulo, že rastliny reagovali na diferencovaný vodný režim poklesom disponibilnej vody v listoch, ale následne sa semenáčiky oboch variantov prispôbili diferencovanému vodnému režimu, a obsahu vody v listoch sa vyrovnal na takmer pôvodné hodnoty, porovnateľné so vstupným odberom.

Semenáčiky *Sorbus domestica* L. sa časom obmedzenému množstvu disponibilnej vody v substráte prispôbili bez zjavného poškodenia (vädnutie a usychanie listov a výhonov).

4.2.2 Hodnotenie zmien v obsahu asimilačných pigmentov

Hodnotili sa metabolické a morfológické reakcie jarabiny oskorušovej na nedostatok vody v podmienkach diferencovaného vodného režimu. Komplexné hodnotenie sa uskutočnilo až v roku 2007. Pre analytické účely boli určené 14 dňové periódy odberov, od 18.06.2007 do 24.09.2007.

Diferencovaný vodný režim pri semenáčikoch *Sorbus domestica* L. ovplyvnil obsah asimilačných pigmentov v listoch rastlín. Pokles obsahu asimilačných pigmentov skúmaný na dvojročných semenáčikoch sa v roku 2007 prejavil najmä po navodení diferencovaného vodného režimu (a to pri strese aj kontrole).

Ďalší výrazný výkyv v obsahu komplexov nastáva až na konci vegetačného obdobia čo možno pripísať jesennému vyfarbovaniu a s tým spojeným nižším obsahom chlorofylov v listoch rastlín. Rovnako výrazný pokles obsahu chlorofylov potvrdzujú na konci vegetačného obdobia aj iní autori (Ditmarová *et al.*, 2007; Kmeť *et al.*, 2001; Paganová, 2008).



Výsledky vstupných hodnôt pre dvojročné oskoruše jednoznačne dokazujú zhodu názorov, že prostredie počas dormancie a nástupu vegetačného obdobia rastlín môže ovplyvňovať výšku obsahu asimilačných farbív v rastline (Kmeť *et al.*, 2004).

Viacročné sadenice v roku 2006 nevykazujú výrazné rozdiely v dynamike obsahu asimilačných pigmentov medzi stresovanou a kontrolnou vzorkou. Sadenice v oboch variantoch reagujú simultánne bez výkyvov v nárastoch alebo úbytkoch chlorofylov. Naopak v druhom roku (2007) na rovnakých rastlinách, ktorým bol opätovne navodzovaný vodný režim podľa zaradenia v pokuse v roku 2006, môžeme sledovať výraznejšie zmeny v dynamike reakcií obsahov chlorofylov medzi 40% stresovanou a 60% kontrolnou vzorkou. Reakcie na navodenie diferencovaného vodného režimu je výraznejšia – dynamickejšia – v oboch skupinách sadeníc. V prípade sadeníc bol priebeh v dynamike roku 2006 pravdepodobne spôsobený kratšou periódou odberov (21-dňové periódy) oproti roku 2007 s častejšími, 14 dňovými periódami.

V počiatkoch pokusu v roku 2007 môžeme sledovať výrazný pokles v obsahu chlorofylov pri viacročných sadenicích so 40% nasýtením substrátu. Následne sa obsah asimilačných pigmentov stresovaných sadeníc zvyšuje a vyrovnáva sa s kontrolnou vzorkou čo môže mať za následok predpokladaná čiastočná adaptácia rastlín s nižším vodným deficitom na pôsobenie stresu. Naopak pri rastlinách v kontrolnej vzorke nastáva výrazný pokles obsahu komplexov farbív v stresovo náročnejšom vrcholnom lete - august. Môžeme predpokladať, že stresované rastliny sa s pôsobením nových teplotných stresorov vyrovnávajú lepšie ako rastliny so 60% nasýtením substrátu podobne ako uvádza Raghavendra (1991). Ich asimilačné pigmenty reagujú dočasným výrazným poklesom dokonca pod hodnoty rastlín s 40% nasýtením substrátu. Následný priebeh hodnôt asimilačných pigmentov sa zdá konštantný a rastliny v oboch skupinách vykazujú adaptáciu na vodný režim. Posledný výkyv v obsahu komplexov nastáva až na konci vegetačného obdobia čo možno pripísať jesennému vyfarbovaniu a s tým spojeným nižším obsahom chlorofylov v listoch rastlín. Rovnako výrazný pokles obsahu chlorofylov potvrdzujú na konci vegetačného obdobia aj iní autori (Ditmarová *et al.*, 2007; Kmeť *et al.*, 2001; Paganová, 2008).

Podobné zmeny sa zaznamenali aj pri pozorovaniach viacročných hrušiek v diferencovanom vodnom režime v roku 2006 (Paganová, 2008). Diferencovaný vodný režim pôsobí na dynamiku obsahu asimilačných pigmentov hrušiek podobne ako pri viacročných oskorušiach z rovnakého obdobia výrazným poklesom obsahov chlorofylov. Podobný bol aj priebeh hodnôt v mesiacoch júl a august, kedy obsahy chlorofylov prudko stúpajú. Najvyššie hodnoty koncentrácie chlorofylov uprostred sezóny (august 2007) charakterizuje Ditmarová *et al.* (2007) ako typický sezónny priebeh. Pri vodnom strese je pomerne rýchlou reakciou pokles plne funkčných reakčných centier (Brestič, 2001). Pokles funkčných reakčných fotosyntetických centier má následne vplyv na zníženie obsahu asimilačných pigmentov, čo potvrdzujú aj naše výsledky. Oskoruše, po krátkom poklese obsahov chlorofylov na začiatku skúmaného obdobia, sa adaptovali na stresor a po adaptácii na navodzovaný stres reagovali typicky –



poklesom obsahu asimilačných pigmentov. Prispôsobenie sa potvrdzuje kontinuitu fotosyntetickej aktivity rastlín.

V priebehu vegetačného obdobia prirodzene stúpa obsah chlorofylov a a b na hmotnostnú jednotku aj na plochu (Haspelová, 1981). V našich pozorovaniach sme identifikovali poškodenie fotosyntetického aparátu, ktoré vyplýva z poklesu obsahu asimilačných pigmentov. Poklesom funkčných reakčných fotosyntetických centier, pôsobením dlhodobého vodného deficitu, bola zaznamenaná zmena v obsahu chlorofylov bez zjavného vädnutia asimilačných aparátov podobne, ako uvádzajú Haspelová (1981) a Brestič (2001).

Na rozdiel od chlorofylov, ktoré signalizujú poškodenie rastliny signifikantnými zmenami až pomerne neskoro, podľa Kmeťa (Kmeť *et al.*, 2001) karotenoidy indikujú stres rastliny už v prvých fázach jeho pôsobenia.

V roku 2007 dvojročné semenáčky *Sorbus domestica* L. reagovali na zmeny vodného režimu aj zmenami obsahu karotenoidov. Zmeny v obsahu karotenoidov boli zaznamenané už po navodení drevín do diferencovaného vodného režimu. Dreviny so 40% nasýtením substrátu (stres) a so 60% nasýtením substrátu, reagujú na diferencovaný vodný režim podobne - výrazným poklesom v hodnotách obsahu karotenoidov.

Z pozorovaní na dvojročných sadeniciach *Sorbus domestica* L. v roku 2007 môžeme potvrdiť takmer totožnú reakciu chlorofylov a karotenoidov. Pri drevinách s vyššou úrovňou nasýtenia substrátu sa po určitom čase prejavila adaptácia na navodený vodný režim.

Na rozdiel od chlorofylov, pre stresovanú vzorku viacročných sadeníc je charakteristický pokles obsahu karotenoidov počas celého hodnoteného obdobia roku 2006. V roku 2007, pre viacročné sadenice oskoruší, je charakteristické kopírovanie obsahu karotenoidov a chlorofylov potvrdené už pri dvojročných semenáčikoch.

Zaznamenaný bol aj charakteristický nárast obsahu karotenoidov na konci vegetačného obdobia najmä pri kontrolnej vzorke. Rastliny so 40% nasýtením substrátu v danom roku potvrdili Kmeťove (2001) zistenie, že karotenoidy sú považované za vhodný indikátor, signalizujúci poškodenie rastliny už v prvých fázach pôsobenia stresu.

4.2.3 Zmeny špecifickej listovej plochy

V roku 2007 sa prejavil badateľný vplyv diferencovaného vodného režimu na špecifickú listovú plochu semenáčikov. Zmeny vo veľkosti špecifickej listovej plochy (úbytok) nastali už v krátkom čase od založenia pokusu.

Rastliny so 40% nasýtením substrátu sa s navodzovaným vodným režimom vyrovnali, čo malo vplyv na zmeny vo veľkosti špecifickej listovej plochy rovnako ako charakterizoval vo svojich prácach Gratzera (Gratzer *et al.*, 2004). Zmenšenie špecifickej listovej plochy a vytvorenie hrubšieho mezofylu je podľa Raghavendru (Raghavendra, 1991) mechanizmus, ktorým sa rastliny adaptujú na nedostatok disponibilnej vody a vzniknutý vodný stres. Výsledky korešpondujú



s pozorovaniami Meierovej (Meierivá *et al.*, 2008), o silnej korelácii medzi poklesom pôdnej vlhkosti a obmedzením špecifickej listovej plochy.

Kontrolná vzorka rastlín so 60% nasýtením substrátu reagovala v rovnakom období (august) náhlym zmenšením špecifickej listovej plochy, čo môžeme pripísať vplyvu ďalších faktorov ako teplota vzduchu. Vplyv redukcie špecifickej listovej plochy v závislosti od vysokých teplôt bol dokázaný Knightom (Knight *et al.*, 2003) rovnako ako silná koreláciu veľkosti špecifickej listovej plochy voči teplote a vodnému režimu prostredia. Aj napriek tomu sa v našich výsledkoch nepotvrdil korelačný vzťah medzi veľkosťou špecifickej listovej plochy a teplotami vzduchu.

Hodnoty špecifickej listovej plochy v našich pozorovaniach sa pri rastlinách so 40% nasýtením substrátu pohybovali v rozpätí hodnôt ($19,6 \text{ m}^2\text{kg}^{-1}$ až $17,6 \text{ m}^2\text{kg}^{-1}$), ktoré sú Liom (Li *et al.*, 2005) charakterizované ako stredné hodnoty.

Morfologické a fyziologické zmeny v úbytku špecifickej listovej plochy o 50% potvrdil Fernandez (2000) pri determinovaní korelačných vzťahov medzi rastom a vodným stresom. Aj v našich pokusoch je úbytok špecifickej listovej plochy hlavným morfológickým znakom pri adaptačných procesoch semenáčikov *Sorbus domestica* L.. Výsledky jednoznačne potvrdzujú zhodu poznatkov (Fernandez, 2000) o vplyve vodného deficitu na zmeny v špecifickej listovej ploche, hoci v našich pozorovaniach neboli úbytky špecifickej listovej plochy až tak markantné. Zaznamenali sme pokles špecifickej listovej plochy pri semenáčikoch *Sorbus domestica* L. so 40% vodným nasýtením substrátu o 16% voči kontrolnému odberu. Pre semenáčiky zaradené do režimu so 60% nasýtením substrátu boli zmeny v úbytku špecifickej listovej plochy najmä v auguste menšie až o 34% voči vstupnému odberu.

Pri porovnaní reakcii oskoruše s poznatkami Paganovej (Paganová, 2008), môžeme konštatovať, že jednoročné výsledky potvrdili podobné reakcie v poklese veľkosti špecifickej listovej plochy v počiatku pôsobenia diferencovaného vodného režimu ako u stresovaných rastlín *Pyrus pyraster* (L.) Burgsd. Hrušky sa prispôbili nedostatku vody zmenšením špecifickej listovej plochy rovnako ako oskoruše. Výsledky potvrdili priamy vplyv vodného režimu na veľkosť špecifickej listovej plochy *Sorbus domestica* L.. Zároveň sa potvrdila aj schopnosť oskoruše prispôbiť sa na zmeny vodného režimu.

Zhodnotením výsledkov našich výskumov môžeme predpokladať, že semenáčiky *Sorbus domestica* L. sa v roku 2007 na navodzovaný diferencovaný vodný režim aklimovali. Po aklimácii rastlín na diferencovaný vodný režim, rastliny udržali svoju schopnosť hospodárenia z vodou.

Zmeny v hodnotách špecifickej listovej plochy dokazujú prispôbenie sa rastlín oskoruše na pôsobenie sucha a schopnosť rastliny lepšie hospodáriť s vodou.

5 ZÁVERY PRE VEDU A PRAX

Predkladaná doktorandská dizertačná práca sa zaoberala identifikáciou adaptačných mechanizmov *Sorbus domestica* L. na nedostatok vody.



Predmetom výskumu bola aj fenologická aktivita vybraných potomstiev tejto dreviny s cieľom identifikovať vývinové rastové fázy na začiatku vegetačného obdobia a zhodnotiť reakcie oskoruše na zmeny teplôt vzduchu.

- Z výsledkov fenologickej aktivity potomstiev *Sorbus domestica* L. vyplýva výrazný vplyv materského stromu na vývin potomstiev a ich citlivosť voči teplotným zmenám.
- Potvrdil sa pozitívny vplyv vyšších teplôt posledných zimných a skorých jarných mesiacov na pozvoľný a jednotný nástup fenologickej aktivity potomstiev.
- Identifikovali sme potomstvá s najdynamickejšími reakciami jedincov vo vzťahu k priemerným teplotám vzduchu.
- Na základe fenologickej aktivity potomstiev sa podarilo identifikovať genotyp odolný voči jarným mrazom.
- *Sorbus domestica* L. sa na základe predloženého hodnotenia prispôsobuje nedostatku disponibilnej vody v pôde bez zjavného poškodenia (vädnutie a usychanie listov a výhonov).
- Zmeny v hodnotách špecifickej listovej plochy dokazujú aklimáciu oskoruše na sucho a schopnosť lepšie hospodáriť s vodou.
- Z výsledkov vyplýva, že *Sorbus domestica* L. patrí medzi druhy s vyššou mierou tolerancie na sucho.

Na základe dosiahnutých výsledkov možno pre praktické využitie a pre ďalší vedecký výskum adaptability jarabiny oskorušovej na nedostatok vody v pôde odporúčať nasledovné:

- Doplnenie všeobecného BBCH identifikačného kódu a vytvorenie špecifického identifikačného kódu fenologických fáz pre semenáčky *Sorbus domestica* L.. Vytvorenie identifikačného kódu fenologických fáz pre semenáčky *Sorbus domestica* L. umožní vyhodnotiť fenologickú aktivitu potomstiev v podmienkach diferencovaného vodného režimu. Môže sa tak potvrdiť, či vyvrátiť hypotéza o časovom posune nástupu fenofáz pri nedostatku vody do neskoršieho obdobia. Hodnotením fenologickej aktivity semenáčikov v ďalších rokoch treba overiť zistené rozdiely v priebehu fenologickej aktivity semenáčikov oskoruše oproti všeobecnému BBCH identifikačnému kódu.
- Podľa biologických prejavov potomstiev vo vzťahu k teplotným sumám sme identifikovali dynamiku reakcií jedincov v potomstvách. Vysoká dynamika biologických reakcií potomstiev *Sorbus domestica* L. vo vzťahu k teplotným sumám dáva predpoklad, že oskoruša je drevina tolerantná voči vysokým teplotám, pričom miera tolerancie je individuálne ovplyvnená genotypom.
Podobne sa podarilo identifikovať potomstvá, ktoré majú nižšiu reaktivitu na predčasný nástup vysokých teplôt. Z toho by sa dalo usudzovať na genotypy ktoré budú mať prirodzenú ochranu pred neskorými jesennými mrazmi v dôsledku náhleho ochladenia.
- V práci sa aplikoval originálny spôsob využitia fenologických dát pre zhodnotenie homogenity generatívnych potomstiev z hľadiska fenologickej aktivity.



Údaje odporúčame ďalej dopíňať pre vyhotovenie matematického modelu reakcií *Sorbus domestica* L. na teplotné zmeny.

Dizertačná práca vznikala ako súčasť grantového projektu VEGA 1/3466/06: Mechanizmy adaptability vybraných druhov ako základ ich prirodzenej selekcie.

6 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Bagar., R. - Klimánel, M. - Klimánková D., 2001.** Fenologie je klíčem k poznávání přírody. In *Ochrana přírody*, roč. 56,2001, č. 3,s. 85 – 89
- Brestič, M., 2001.** Determinácia citlivých miest fotosyntézy počas dlhodobej dehydratácie rastlín. In *Journal of Central European Agriculture*, vol 2., 2001, no. 3-4, p. 217-222. ISSN 1332-9045
- Ditmarová, L., Kmeť, J., Střelcová, K., 2007.** Vybrané prvky mikroklimy porastu a fyziologický stav buka (*Fagus sylvatica* L.) a smreka (*Picea abies* Karst. L.) v oblasti Prednej Poľany. In „*Bioclimatology and natural hazards*“. International Scientifics Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, 2007, 7 p., ISBN 978-80-228-17-60-8
- Donnelly, A., Salamin, N., Jones, M. B., 2006.** Changes in tree phenology: An indicator of spring warming in Ireland? In *Biology and environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, vol. 106,2006, no. 1, p.49-56 ISSN 0791-7945
- Fernandez, R.J., Reynolds, J. F., 2000.** Potential growth and drought tolerance of eight desert grasses: lack of a trade-off? In *Oecologia* , vol. 123, 2000, no. 1, p. 90-98 ISSN 0029-8549
- Gratani, L., Fiorentino, E., Fida, C., 1986.** Phenological behavior as a function of temperature for several species of psammophilous vegetation. In *Anales jardin botanico de Madrid*, vol. 43, 1986, no. 1, p.125-135 ISSN 0211-1322
- Gratzer, G., Rai, P.B., Darabant, A., Chhetery, P.B., Eckmullner, O., Glatzer, G., 2004.** Leaf characteristics and growth response to light of understressory *Rhododendron hodgsonii* in the Bhutan Himalayas. In *Ekológia* (Bratislava), vol. 23, 2004, no. 3, p. 283-297
- Hack et al., 1992.** Phenological growth stages and identification key of stone fruit. In *BBCH Monograph*, edit by Uwe Meier, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry,2. Edition, 2001
- Haspelová - Horvatovičová, A., 1981.** *Asimilačné farbivá v zdravej a chorej rastline*. Veda SAV Bratislava, 1981. 308 s. ISBN 71 067 81
- Chmielewski, M.-F., Rötzer, T, 2000.** Phenological trends in Europe in relation to climatic changes. In *Agricultural and forest meteorology*. vol. 07, 2000
- Chmielewski, M.- F., Rötzer, T, 2002.** Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes .In *Climate Research*, vol 19, 2002,p. 257-264 ISSN 1616-1572.
- Chmielewski, M.-F., 2003.** Phenology and agriculture. In: Agrarmeteorologische Schriften, [on-line] <http://www.agrar.hu-berlin.de/pflanzenbau/agrarmet/schrift12.pdf>
- Chmielewski, M.-F., Müller, A., Bruns, E, 2004.** Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. In *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 121, 2004 , no. 1, p. 69-78 ISSN 0168-1923
- Kmeť,J., Šalgovičová, A., Konôpková, J., 2001.** Vybrané fyziologicko-biochemické charakteristiky asimilačného aparátu duba červeného (*Quercus rubra* L.) a orecha čierneho (*Juglans nigra* L.) rastúcich v rozdielnych stanovištných podmienkach. In *Folia oecologica*, vol. 28, 2001,p. 67-80
- Kmeť, J., Ditmarová, L., Střelcová, K., 2004.** Fyziologické aspekty zdravotného stavu buka (*Fagus sylvatica* L.) vo vzťahu k stresu zo sucha. In *Medzinárodná vedecká konferencia. Zmeny podnebia-extrémny počasie- organizmi a ekosystémy*, 2004



- Knight, Ch. A., Ackerly, D.D., 2003.** Evolution and plasticity of photosynthetic thermal tolerance, specific leaf area and leaf size: congeneric species from desert and coastal environments. In *New phytologist*, vol. 160, no.2, 2003 p. 337-347
- Li, P., Yu, Q., Liu, J., HeE, Q., 2005.** Effects of changes in spring temperature on flowering dates of woody plants across China. In *Botanical Studies*, vol. 47, 2006, p. 153-161. ISSN 1652-6880
- Meier et al., 1994.** Phenological growth stages and identification key of stone fruit. In *BBCH Monograph*, edit by Uwe Meier, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2. Edition, 2001
- Meierová, C., Leuschner, C., 2008.** Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forests: Completing effect of precipitation, temperature and nitrogen availability. In *Ecosystem*, Springer New York, vol. 11, 2008, no.3 ISSN 1435-0629
- Nielsen, CH. N., Jorgensen, F. V., 2003.** Phenology and diameter increment in seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) as affected by different soil water contents: variation between and within provenances. In *Forest ecology and Management*, vol. 174, 2003, p. 233-249
- Paganová, V., 2000.** Water stress impact on growth of wild pear progenies. In *Folia oecologica*, Zvolen: ÚEL SAV vol. 27, 2000, no. 1-2., p. 135-148 ISBN 80-967238-2-0
- Paganová, V., 2008.** Vodným stresom indukované fyziologické reakcie semenáčikov hrušky planej (*Pyrus pyraeaster* L. Burgsd.). In *Biotechnologie*. Scientific Pedagogical Publishing, České Budějovice, 2008 ISBN 80-85645-58-0
- Raghavendra, A.S., 1991.** Physiology of trees. John Willey and sons, INC. New York, -509s. ISBN 0-471-50110-7
- Rajagopal, V., Voleti, S.r., Kasturibai, K.V., Shavasankar, S., 1988.** Physiological and biochemical criteria for breeding for drought tolerance in coconut. In *Proc. Of National symposium on „Coconut breeding management“*. Abstract No. 19:16, 1988.
- Romanovskaja, D., Bakšiene, E., 2007.** Influence of the thermal mode on seasonal phenological phenomena in Lithuania. In *Ekologija*, Vol.53., 2007, No.1., p. 15-20 ISBN 9984-500-15-2
- Rotach, P., 2003.** EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for service tree (*Sorbus domestica*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 s. ISBN 92-9043-573-9

7 ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

- Paganová, V., **Gavorová, M.**, 2006. Zhodnotenie rastu potomstiev jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica* L.) z voľného opelenia na lokalite Jelenec = Growth evaluation of the open pollinated progenies of service tree (*Sorbus domestica* L.) on locality Jelenec In *Sídlo - park - krajina IV* [elektronický zdroj] : kultúrna vegetácia v sídlach a v krajine : 11. kolokvium katedier záhradnej a parkovej tvorby : zborník vedeckých prác a referátov z konferencie s medzinárodnou účasťou, Nitra, 22. novembra 2006. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2006. - ISBN 80-8069-810-4. - S. 273-281
- **Gavorová, M.**, 2006. Hodnotenie rastu a vývoja drevín v extrémnych podmienkach prostredia = The growth and development assessments of the broadleaved species in extreme environmental conditions. In *Věda mladých 2006* [elektronický zdroj] : sborník z mezinárodní vědecké konference konané 30.-31. srpna 2006 v Brně. - Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. - ISBN 80-7157-974-2
- **Gavorová, M.**, 2007. Fenologické pozorovanie vývinu jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica* L.). In *Dreviny v mestskom prostredí a v krajine* [elektronický zdroj]: vedecká konferencia, 18. október 2007.- Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2007. – ISBN 978-80-8069-964-2.- s.221
- Paganová, V., **Gavorová, M.**, 2007. Vplyv pestovateľskej technológie na rast semenáčikov jarabiny oskorušovej. In *Dreviny v mestskom prostredí a v krajine*



[elektronický zdroj] : vedecká konferencia, 18.október 2007.- Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita,2007. – ISBN 978-80-8069-964-2.- s.221

AFL Postery z domácich konferencií

- Hillová, D., **Gavorová, M.**, 2006. Vypracovanie metodických ukazovateľov kvality zelene v interiérovom prostredí a zhodnotenie polyfunkčnosti interiérových úprav. In *Rastlina - interiér - tvorba* [elektronický zdroj] : odborný seminár konaný pri príležitosti životného jubilea prof. Ing. Jaroslava Machovca, CSc., 25. apríla 2006. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2006. - ISBN 80-8069-724-8. - Nestr.
- Paganová, V., Jureková, Z., **Gavorová, M.**, Dragúňová, M., Lichtnerová, H., 2007. Mechanizmy adaptability vybraných druhov drevín ako základ ich prirodzenej selekcie. In *Dreviny v mestskom prostredí a v krajine* [elektronický zdroj] : vedecká konferencia, 18.október 2007.- Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita,2007. – ISBN 978-80-8069-964-2.- s.221

CITÁCIE

- Paganová, V., 2007. Generative reproduction of *Sorbus domestica* L. as a limiting factor of its wider utilization in conditions of Slovakia. In Propagation of ornamental plants. Vol. 7, 2007, No. 4, p. 199-203 ISSN 1311-9109

V TLAČI

AFL Postery z domácich konferencií

Gavorová, M., Paganová, V., 2007.Variabilita jedincov jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica* L.) z lokality Jelenec. Veda mladých 19. november 2007 v Nitre.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

Gavorová, M., Paganová, V., 2007.Variabilita jedincov jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica* L.) z lokality Jelenec. Veda mladých 19. november 2007 v Nitre.