



**INTENZÍV CSERESZNYEÜLTETVÉNY
VÍZFELVÉTEL DINAMIKÁJÁNAK MEGHATÁROZÁSA
NEDVÁRAM MÉRÉSEK ALAPJÁN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Juhász Ágota

Budapest

2012

**A doktori iskola
megnevezése:**

Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága:

Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője:

Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, DSc, tanszékvezető
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

témavezető:

Dr. Tőkei László
egyetemi docens, CSc, tanszékvezető
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar
Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az Iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK

Az utóbbi esztendőkből a világon szinte mindenütt csökkent az öntözésre használható víz mennyisége és elérhetősége részben a területileg igen változékonyan fellépő szárazság és aszály, részben pedig az ipari, mezőgazdasági és lakossági vízszükségletek versengése miatt. Egyes számítások szerint a mezőgazdaság vízigénye az emberiség által használt vízmennyiség 50–60%-át teszi ki. Ezek tudatában a vízfelhasználás optimalizálására, a megfelelő mennyiségű és minőségű termés biztosítására pontos, átgondolt öntözővíz-gazdálkodásra van szükség. Ezen célok eléréséhez kulcsinformáció egy-egy ültetvény, tényleges vízfogyasztásának ismerete.

A megfelelő mennyiségű víz és tápanyagellátás fontos tényezője az optimális növekedésnek és a sikeres gyümölcsstermesztésnek. Az Európai Unióban a gyümölcsösök (mintegy 2,5 millió ha) jelentős részben a dél-európai régiókban helyezkednek el, ahol nem kielégítő mennyiségű és eloszlású a csapadék. Magyarországon 2011-ben az összes megöntözött mezőgazdasági terület 79000 ha volt, melynek ~7%-a (5582 ha) jutott a gyümölcsösökre, de ennek az egyébként vízigényes művelési ágak is csupán mintegy 44%-a részesült öntözésben.

Az öntözőberendezések ökológiailag és pénzügyileg is gazdaságos, ugyanakkor hatékony üzemeltetéséhez, a vízkijuttatás pontos megtervezéséhez a növényzet pillanatnyi vízellátottságának ismerete kulcsfontosságú információ.

A nedváramlásnak a kísérleti és ültetvény szintű párolgási modellezéséhez a cseresznyét választottuk tesztnövényként, mivel a faj intenzív ültetvényeinek telepítése iránt növekszik az érdeklődés, s a teljes vegetációs időszakban bekövetkező vízfogyasztásáról, vízigényéről és annak időbeli eloszlásáról kevés információval rendelkezünk. A cseresznye kiválasztását egyéb tényezők is indokolják. Öntözésigénye egyre inkább jelentkezik azokban az intenzív ültetvényekben, amelyeket az utóbbi időszakban telepítettek, mivel termesztésünk a világpiacra ma már csak a megfelelő méretű (28–32 mm átmérő) cseresznyével maradhat versenyképes. Másrészt az intenzív ültetvényekben telepített nagyobb egyedszám (1000–3000 fa·ha⁻¹), a sorrendezés, a koronaalakítás és a levélfelület optimális szinten tartása további kérdéseket vet fel az ilyen ültetvények öntözési igényének meghatározásánál. 2011-ben Magyarországon a 232 ha cseresznyést öntöztek 328000 m³ vízzel.

A globális felmelegedés kapcsán a gyümölcsstermesztés kritikus pontjává válhat hazánkban is a szárazabb vegetációs időszakból adódó elégtelen vízellátottság, valamint a megnövekedett

öntözési költségek. Ez teszi fontossá, hogy minél pontosabb ismeretekre tegyünk szert a cseresznyefák vízigényét illetően, különösen az intenzív ültetvények esetében.

2. CÉLKITŰZÉSEK

- Feladatként fogalmazódott meg annak a meghatározása, hogy mennyi a korai érésű intenzív körülmények között nevelt cseresznyefák vízfelvétele a vegetációs időszakban, havi szinten, ill. a gyümölcserés előtt és után.
- Célunk modellszámítások segítségével meghatározni, hogy az intenzív művelésű, sűrű ültetésű cseresznye egységnyi területére eső növényállománynak milyen mértékű a vízfogyasztása.
- Vizsgálni kívánjuk a nedváramlás nappali és éjszakai karakterisztikáját, ill. a napszaki vízfogyasztás mértékét és az éjszakai vízfogyasztás jelentőségét.
- Célunk a haszonnövény transzspirációs koeficiens vegetációs időszakon belüli alakulásának megadása helyi körülmények között, intenzív művelésű, karcsúorsó koronaformával nevelt, korai érésű cseresznyeültetvényre.
- A vízigényt meghatározó tényezők pontosabb megismerése érdekében tanulmányozni szükséges a cseresznyefák nedváramlása és a meteorológiai paraméterek között fennálló kapcsolatrendszerét.
- A mért nedváramlás és egy kétforrásos párolgási modell transzspirációs részének összehasonlítása, valamint a modell különböző meteorológiai körülmények között mutatott viselkedése szintén feladatként fogalmazódott meg.
- A modellezés kapcsán szándékunkban áll érzékenységi vizsgálat elvégzése, különös tekintettel a bemenő növényi paraméterekre.
- Célul tűztük ki a cseresznyefák nedváramlásának a nyári zöldmetszésre ill. koronatetejezésre adott válaszreakciójának tanulmányozását.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A mérések helyszíne, körülményei

Kutatómunkánk során méréseinket a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaságában végeztük.

Nedváramlás mérésekhez egy 2004-es telepítésű cseresznyetáblából választottuk ki az egyedeket. A gyümölcsös fontosabb adatait az 1. táblázat tartalmazza.

A vizsgálatokban négy különböző alanyon álló azonos fajtájú fák szerepeltek. Munkánk során a vizsgált egyedeket úgy választottuk ki, hogy azok képviseljék a kísérleti ültetvényben lévő különböző növekedésű alanyú fákat. A tanulmányozásra kiválasztott fák között erős növekedésű Érdi V., középerős Korponay sajmeggy magoncalanyra oltott 'Rita', valamint középerős Vadcseresznye és törpe növekedésű GiSelA 6-ra oltott 'Rita' egyedek voltak.

1. táblázat A kísérleti ültetvény fontosabb adatai

Ültetvény területe	1,0 ha
Sortávolság	4,0 m
Tőtávolság	2,0 m
Tenyészterület	8,0 m ²
Sorok tájolása	É-D
Sorköz	füvesített
Egyedszám	1250 fa·ha ⁻¹
Fajta	'Rita' (IV-5/62)
A vizsgált fák alanyai	Érdi V., Korponay, Vadcseresznye, GiSelA 6,
Koronaforma	Alsó vázkaros karcsúorsó
Telepítés éve	2004 tavasz (egyéves suhángként)
Termőfordulás éve	2006
Öntözés	lombkorona alatti csepegtető

A xilém nedváramlásának meghatározására a „Dynamax Flow 32” szár-hőegyensúly metodikával működő nedváramlás mérő eszközt használtuk.

A nedváramlás mérőt négy vizsgálati esztendőben (2008, 2009, 2010, 2011) április 10-től augusztus 31-ig működtettük. Sikeres mintavételi napunk 2008-ból összesen 43, 2009-ből 43, 2010-ből 12, 2011-ből 76 származott.

Nedvaram mérő eszközünk mellett meteorológiai állomást üzemeltettünk a kísérlet helyszínén. Mértük a léghőmérsékletet és a relatív nedvességet két méteres magasságban, a talajnedvességet 30 cm-es és 60 cm-es mélységben, továbbá csapadék, globálsugárzás és széladatok is rendelkezésünkre álltak. A nedváramlási adatok feldolgozásához a PASW 18 statisztikai programot használtuk. Egytényezős varianciaanalízist és lineáris regressziós analízist alkalmaztunk a nedváramlás vizsgálatára és a meteorológiai paraméterek közötti összefüggések kimutatására.

3.2. A feldolgozás módszertana

Tanulmányunkban a mért nedváramlási adatok, valamint a módosított Penman–Monteith féle egyenlettel számított potenciális evapotranszpiráció hányadosaként a mérési napokra kiszámítjuk azt a haszonnövény transzspirációs indexet (crop basal coefficient), amely kimondottan hazai környezetre adaptált 4,0x2,0 méteres térállású karcsúorsó koronaformával nevelt cseresznyeültetvényekre, a vegetációs időszak egyes hónapjaira tájékoztatást ad arról, hogy az ültetvény egészéről történő lehetséges párolgás mekkora hányadát képezi csupán a fák vízigénye. A munkánkban definiált haszonnövény transzspirációs koefficiens az általunk a nedvaram-mérővel mért növényi transzspiráció (SF) és az ültetvénytől számított potenciális evapotranszpiráció (PET) hányadosa.

Munkánkban egy olyan kétforrásos modell transzspirációs részével dolgoztunk, mely a tényleges evapotranszpirációt a növényi transzspiráció és a sorközi talaj evaporáció tényezők összegeként kalkulálja, súlyozva azzal a faktortényezővel (f_x – ahol x Érdi V., Korponay, Vadcsereznye, GiSelA 6), amely kifejezi a talaj és a növényzet tenyészterületre eső borítottsági arányát. Az általunk használt Shuttleworth–Wallace - féle kétforrásos modell elkülöníti a megfelelő borítottsági arány szerint a talaj és a növényi párolgást. A teljes területi párolgást (TET) a kettő összegeként kezeli:

$$TET = \frac{f_x}{100} \cdot \lambda \cdot E_{veg} + \left(1 - \frac{f_x}{100}\right) \cdot \lambda \cdot E_{soil},$$

ahol $\lambda \cdot E_{veg}$ a növényi párolgás, $\lambda \cdot E_{soil}$ talajevaporáció.

A modell bemenő adatai a légköri határfeltételek, a talaj és növény paraméterek.

A növényi transzspirációt az alábbi egyenlettel számítottuk:

$$\lambda \cdot E_{veg} = \frac{\Delta \cdot R_n^{veg} + \rho \cdot c_p \cdot \frac{\delta e_r}{r_a^{veg}}}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_c}{r_a^{veg}}\right)},$$

ahol $\lambda \cdot E$ a látens hőáram ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$), R_n^{veg} a vegetációra eső nettó sugárzás ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$), c_p a levegő állandó nyomáson vett fajhője ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), ρ a levegő sűrűsége $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), γ pszichrometrikus állandó ($\text{hPa} \cdot \text{K}^{-1}$), δe_r az állomány feletti telítési hiány (mbar), Δ a telítési gőznyomás változása, $r_{a,veg}$ a növényzet feletti aerodinamikai ellenállás ($\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$), r_c az állomány ellenállás ($\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$).

4. EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredményeket a célkitűzésekben megfogalmazottak szerinti sorrendben tárgyaljuk. A bemutatott ábrák és táblázatok az eredmények leglényegesebb momentumait illusztrálják.

4. 1. Cseresznyefák egyedi és ültetvényszintű vízfogyasztása

Munkánk során elsődlegesen a 4,0x2,0-es térállású, karcsúorsó koronaformával nevelt korai érésű, intenzív cseresznyeültetvényben, hazai körülmények között, nedvaram mérések eredményeként kapott egyedi, továbbá egységnyi területre vonatkoztatott vízfogyasztási értékek vizsgálatára, bemutatására törekedtünk.

A korai érésű 'Rita' fajtájú cseresznyefákon elvégzett méréseink alapján a négy éves fák átlagos egyedszintű napi vízfelvétele 24,2; 23,6; 22,8; 10,9 liter rendre májustól augusztusig havi bontásban 2008-ban. Egy évvel később ezen értékek átlagos alakulása: 25,0; 15,6; 23,0; 18,5 liter rendre májustól augusztusig, havonta.

2010 szélsőségesen csapadékos évében csak júliusból van adatunk, amikor a hat éves cseresznyefák egyedi vízfelvétele 31 és 50 liter között mozgott a következő évi termőgally képződés és a szinte korlátlanak mondható vízelérhetőség mellett.

2011-ben az átlagos egyedszintű vízfelvétel 55,7, n.a.; 48,3; 44,8 liter rendre májustól augusztusig, havonta.

A cseresznyefákon végzett vizsgálatok szerint összességében elmondhatjuk, hogy a hónapok tekintetében, az összes mintát vizsgálva a vártnak megfelelően jelentős különbségek adódtak, hiszen a fák zöldtömegének gyarapodása, a gyümölcsnövekedés, a termőgallyak, a levélfelület növekedése is hatással van a vízfelvétel ütemére.

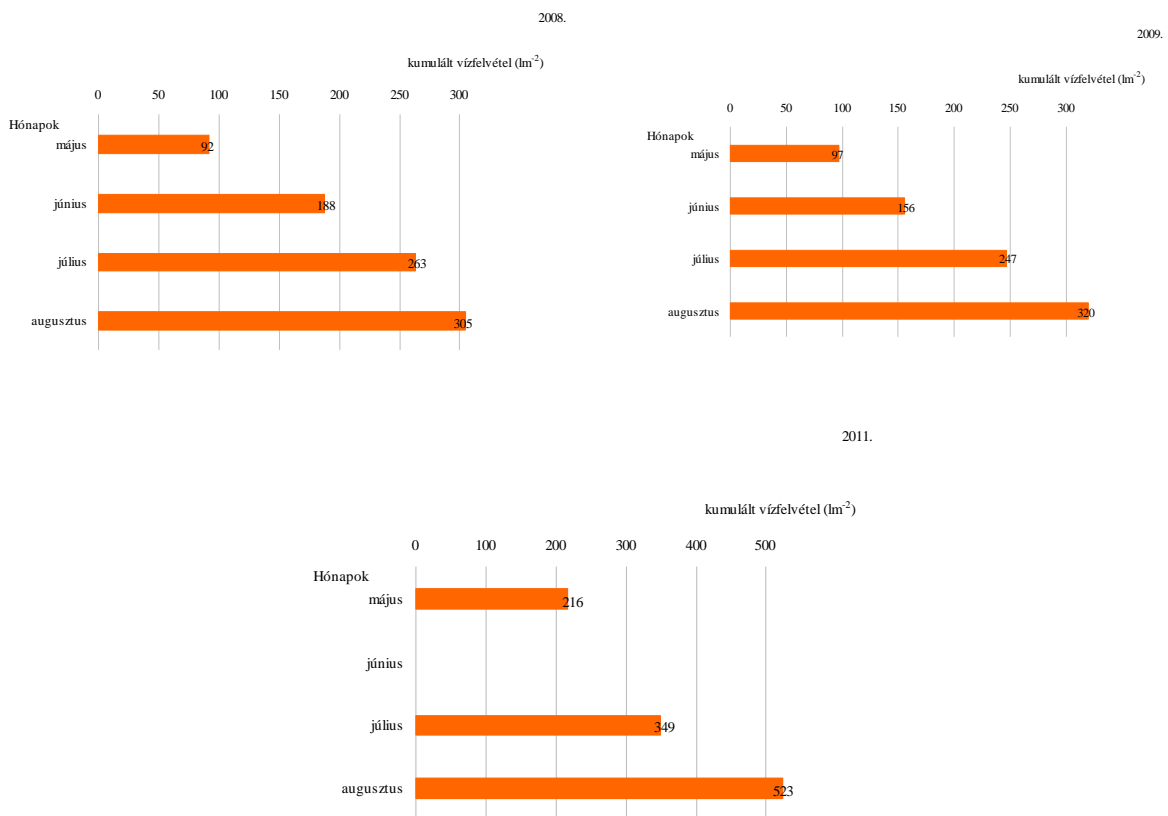
Alapvetően a lombfelület és a gyümölcs intenzív növekedési és érési szakaszában, májusban a környezeti körülményektől függetlenül is magas az egyedi vízfogyasztás mértéke. A nyár utolsó két havában viszont többnyire az időjárásnak van a vízfelvételt ill. a párologtatást befolyásoló hatása. A gyümölcs szüretelése (május utolsó napjai) utáni időszakban a felvett vízmennyiség nagy része a következő évi termőgally képződést elősegítő zöldtömeg fenntartására szolgál. A vízfogyasztás mértéke a gyümölcsnevelési időszak elmúltával fokozatosan visszaesik.

Feltételezzük, hogy a gyümölcsnövekedés és érés szakaszában (ötödik hónap) tapasztalható megnövekedett vízigény kiszolgálásában, a talajban raktározott téli csapadékmennyiségnek jelentős szerepe van. A júniusi minimális egyedszintű vízfogyasztást részben a szüret utáni „fenntartó” időszak volta, kisebb részben a párologás számára kedvezőtlen időjárás okozhatta ez egyes esztendőkből.

2008-ban a négy éves intenzív cseresznyeültetvényre becsült havi összegekből kiderül, hogy a hatodik hónaptól augusztusig a havi vízigény csökkenő tendenciát mutat, négyzetméterre, hónapra vonatkoztatva átlagosan rendre: 92 mm, 96 mm, 75 mm, 42 mm. Egy évvel később, 2009-ben a nedvívram mérésekre alapozott becslésünk szerint 97,0 mm, 59,0 mm, 91,0 mm, 73,0 mm átlagosan egy négyzetméterre a vizsgált hónapok területi párolgása.

Négy és öt éves intenzív (4,0x2,0 méteres) cseresznyeültetvény számított kumulált párolgási összege májustól augusztusig rendre 305 és 320 mm·m⁻² 2008-ban és 2009-ben (1. ábra).

2011-ben, hét éves ültetvényben, a többnyire száraz vegetációs időszakban a területi párolgás intenzívnek mondható. Az egységnyi területre vonatkozó kalkulált párolgás a különböző hónapokra rendre: 216 mm; n.a.; 133 mm, 174 mm. A légköri aszály nagymértékben növelte a párolgást mértékét. A vizsgált időszakra számított kumulált párolgási összeg június hónap nélkül 523 mm·m⁻² (1. ábra).



Megjegyzés: 2011 június hónap adathiány miatt nem közölt

1. ábra A nedvívram mérések alapján számított vízfelvétel hónapról hónapra összegzett értékei az intenzív cseresznyeültetvény egységnyi területére vonatkoztatva a vizsgálati esztendőben (l·m⁻²).

4. 2. A cseresznyefák nedváramlásának karakterisztikája

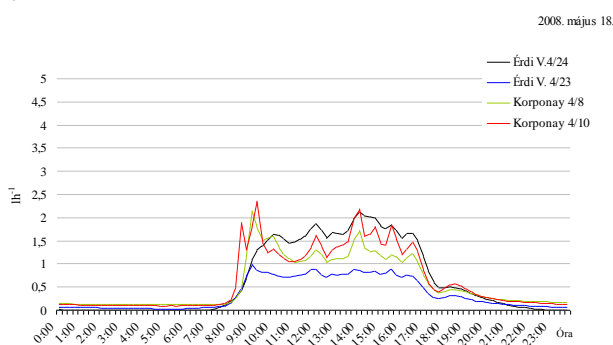
A nedváramlás napi karakterisztikájának ismerete fontos az öntözővíz kijuttatása szempontjából, vagyis használható információ lehet, ha tudjuk, hogy a fák a nap mely részében, milyen ütemben veszik fel a számukra rendelkezésre álló/öntözéssel biztosított vízmennyiséget.

A 2.a és b ábrán egy nappali és egy éjszakai mintanapot mutatunk be a nedváramlási karakterisztika tekintetében.

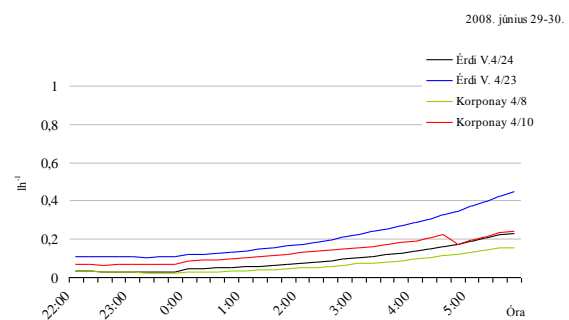
Általánosan, ha a cseresznyefák nappali nedváramlási görbéjét tanulmányozzuk, szembetűnő a reggel 8:00 óra körül induló intenzív kezdés (2.a ábra). A napfelkelte után kb. két órával ugrik meg látványosan a vízfelvétel mértéke. A 8:00–10:00 között gyors ütemmel az áramlás „pillanatnyi” értéke eléri a másodlagos vagy sok esetben akár a napi csúcstól ($\sim 2,1\text{--}4,3 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$) is. 10:00 és 13:30 óra között legtöbbször kissé visszaesik, kiegyenlítettébbé válik a párolgás mértéke. A napi maximumok vagy másodmaximumok leggyakrabban a legnagyobb napmagasság és napi maximum hőmérséklet elérésekor, 14:00–16:00 között jelentkeztek ($1,6\text{--}3,1 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$). Ez a magas telítési hiánnyal és a globálsugárzással mutatott szoros kapcsolat miatt alakul így. A késő délutáni óráktól a nedváramlás fokozatosan minimálisra csökkent kb. 22:00 órára.

Amikor az éjszakai nedváramlás mérőeszközünk számára érzékelhető nagyságú volt, akkor körülbelül éjfélig mértük a minimális értékeket ($0,02\text{--}0,10 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$) majd hajnali 2:00–3:00-tól kezdődően enyhe növekedést tapasztaltunk (2.b ábra). A kora hajnali órákban, a napkeltevel – a fotoszintézis kezdetével – erősebbé vált a törzsön mért nedváramlás mértéke.

a,



b,



2. ábra Jellegzetes napi (a) és éjszakai (b) nedváramlási karakterisztika egy-egy kiválasztott napon.

4. 3. Napszaki vízfogyasztás

A délelőtti, délutáni időszak vízfogyasztásának tanulmányozásához a napokat három szakaszra különítettük el. Éjszakának minősítettük a 22:00–6:00 óráig tartó időszakot. A

nappalt (6:00–22:00) 6:00 és 14:00 óra közötti délelőtti és 14:00–22:00 közötti délutáni szakaszra bontottuk.

2008-ban a nedvzárlási adatok alapján a nappali vízfelvételnek átlagosan 54%-a történt a délelőtti szakaszban, a maradék 46%-ot pedig délután vették fel a növények. 2009-ben ez az arány 62%–38%-os volt. 2011-ben pedig 59%–41%. Méréseink szerint 2008-ban, 2009-ben és 2011-ben az éjjeli vízfogyasztás átlagosan a teljes napi vízfelvétel rendre 5,2, 5,8 és 5,9%-a volt.

4. 4. A nedvzárlás és a környezeti tényezők

Munkánk során megvizsgáltuk, hogy az egyes napszakokban a nedvzárlásnak mely időjárási paraméterekkel (hőmérséklet, globálsugárzás, telítési hiány, szélsébség) mutatkozik a legszorosabb kapcsolata.

A teljes napot (24 óra) és a nappali szakaszt tekintve gyakorlatilag minden paraméterrel lineáris kapcsolatot mutat a cseresznyefák nedvzárlása. Egyedül a 14:00–22:00-ig tartó szakaszban számolhatunk be exponenciális összefüggésekről, ill. a globálsugárzással való köbös kapcsolatról. Naplementekor a sugárzás erőteljes csökkenésével a nedvzárlás is zérushoz közelít. Ugyanezek a tényezők délelőtt exponenciális kapcsolatról adnak tanúbizonyságot. Délelőtt a telítési hiánnyal lineáris, délután exponenciális kapcsolatot tártunk fel (2.a, b táblázat). Az éjjeli VPD és éjszakai nedvzárlás között szoros exponenciális összefüggést tapasztaltunk.

2.a táblázat Az egyes napszakok (délelőtt, délután és éjszaka) nedvzárlásának és a környezeti tényezők kapcsolatának modellösszegzése

Tényező	Modell összegzés					
	R	R ²	Helyesbített R ²	A becslés standard hibája	ANOVA F érték	Sig.
<i>Délelőtt</i>						
Hőmérséklet (<i>T</i>)	0,984	0,968	0,967	0,100	909,910	0,000
Egyenlet	Nedvzárlás (l·h ⁻¹) = -2,407+0,190 <i>T</i> (°C)					
Telítési hiány (<i>VPD</i>)	0,982	0,964	0,963	0,106	807,002	0,000
Egyenlet	Nedvzárlás (l·h ⁻¹) = -0,523+0,159 <i>VPD</i> (mbar)					
Szélsébség	0,790	0,624	0,611	0,344	49,699	0,000

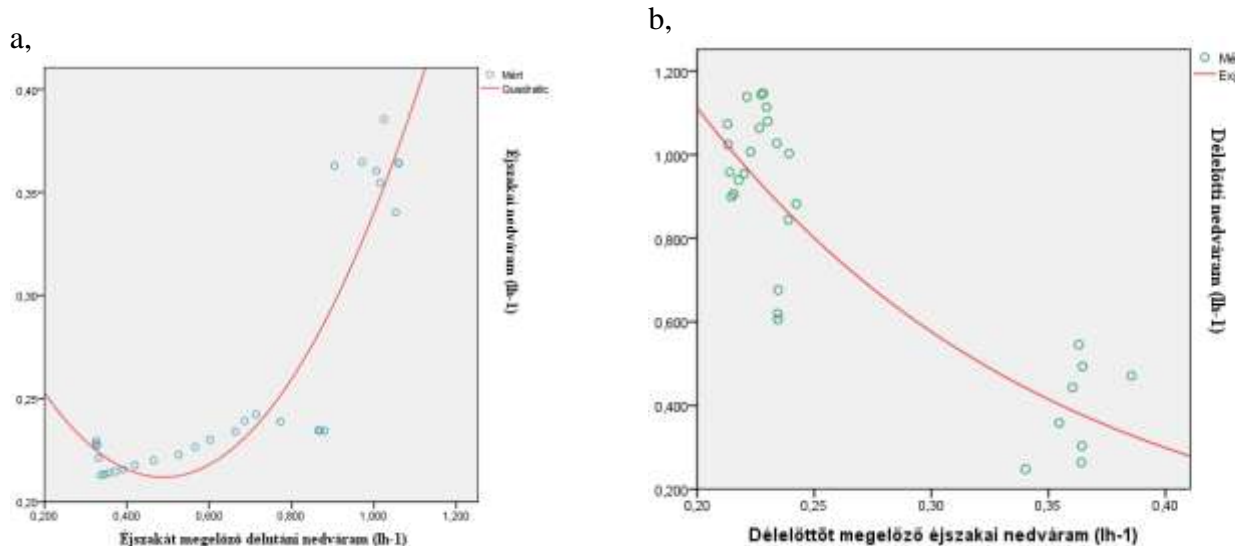
<i>(WS)</i>							
Egyenlet		Nedváraamlás ($l \cdot h^{-1}$) = $-4,051 + 2,108WS$ ($m \cdot s^{-1}$)					
Globálsugárzás	0,850	0,802	0,899	0,448	277,677	0,000	
Egyenlet		Nedváraamlás ($l \cdot h^{-1}$) = $0,007 \cdot \exp^{0,008S}$ ($W \cdot m^{-2}$)					
<i>Délután</i>							
Hőmérséklet (T)	0,961	0,924	0,921	0,166	364,051	0,000	
Egyenlet		Nedváraamlás ($l \cdot h^{-1}$) = $0,013 \cdot \exp^{0,222T}$ ($^{\circ}C$)					
Telítési hiány	0,976	0,907	0,951	0,130	608,072	0,000	
<i>(VPD)</i>							
Egyenlet		Nedváraamlás ($l \cdot h^{-1}$) = $0,152 \cdot \exp^{0,60VPD}$ (mbar)					
Szélesség	0,772	0,596	0,582	0,381	44,226	0,000	
<i>(WS)</i>							
Egyenlet		Nedváraamlás ($l \cdot h^{-1}$) = $0,036 \cdot \exp^{1,250WS}$ ($m \cdot s^{-1}$)					
Globálsugárzás	0,993	0,974	0,984	0,059	640,491	0,000	
<i>(S)</i>							
Egyenlet		Nedváraamlás ($l \cdot h^{-1}$) = $0,000000008171S^3 - 0,00001030S^2 + 0,005S + 0,368$					
<i>Éjszaka</i>							
Hőmérséklet (T)	0,893	0,798	0,791	0,718	118,326	0,000	
Egyenlet		Nedváraamlás ($l \cdot h^{-1}$) = $0,0000002376 \cdot \exp^{1,092T}$ ($^{\circ}C$)					
Telítési hiány	0,901	0,812	0,806	0,692	129,905	0,000	
<i>(VPD)</i>							
Egyenlet		Nedváraamlás ($l \cdot h^{-1}$) = $0,001 \cdot \exp^{2,277VPD}$ (mbar)					
Szélesség	0,371						
<i>(WS)</i>							
Egyenlet		-					

2.b táblázat Az egyes napszakok (nappal, 24 órás) nedváraamlásának és a környezeti tényezők kapcsolatának modellösszegzése

Tényező	Modell összegzése					
	R	R ²	Helyesbített R ²	A becslés standard hibája	ANOVA F érték	Sig.
<i>Nappal</i>						
Hőmérséklet (T)	0,935	0,874	0,872	0,182	428,884	
Egyenlet	Nedváraamlás (l·h ⁻¹) = -2,203+0,174T (°C)					
Telítési hiány (VPD)	0,939	0,882	0,880	0,176	463,827	0,000
Egyenlet	Nedváraamlás (l·h ⁻¹) = -0,392+0,136VPD (mbar)					
Szélesség (WS)	0,674	0,454	0,446	0,379	51,624	0,000
Egyenlet	Nedváraamlás (l·h ⁻¹) = -1,867+1,148WS (m·s ⁻¹)					
Globálisugárzás (S)	0,626	0,891	0,381	0,400	39,854	0,000
Egyenlet	Nedváraamlás (l·h ⁻¹) = 0,001S+0,422					
<i>24 órás</i>						
Hőmérséklet (T)	0,937	0,877	0,876	0,197	671,801	0,000
Egyenlet	Nedváraamlás(l·h ⁻¹) = 0,127T(°C)-1,341					
Telítési hiány (VPD)	0,957	0,917	0,916	0,162	1034,677	0,000
Egyenlet	Nedváraamlás(l·h ⁻¹) = 0,122VPD(mbar)-0,235					
Szélesség (WS)	0,808	0,654	0,650	0,331	177,302	0,000
Egyenlet	Nedváraamlás(l·h ⁻¹) = 1,258WS(m·s ⁻¹)-2,164					
Globálisugárzás (S)	0,765	0,584	0,580	0,363	132,224	0,000
Egyenlet	Nedváraamlás (l·h ⁻¹) = 0,002S+0,218					

Megvizsgáltuk, hogy milyen viszony van a délutáni és az azt követő éjszakai, valamint az éjszakai és az arra következő délelőtti nedváraamlás között. Az előbbi esetben négyzetes az

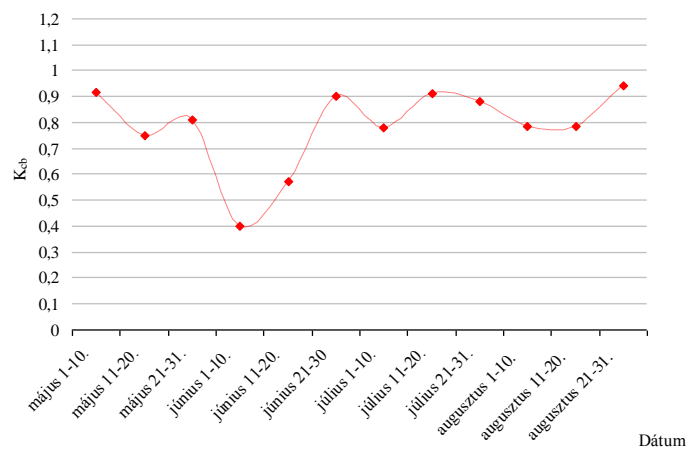
utóbbi esetben exponenciális összefüggésről számolhatunk be (3. ábra). A 3.a és b ábrából kiderül, hogy éjszaka, amikor a nedvaramlás mérsékelt, vagyis nem áramoltat, vagy akár tárol a sötét órákban a növény, akkor a reggeli nedvaram meglehetősen intenzív, feltehetően az éjjel alig töltődő víztartályok pótlását igyekszik ellensúlyozni. Amikor az éjjeli nedvkeringés nagy, akkor a hajnalt követő órákban a transzspiráció nem oly intenzív, hiszen a vízzel való gazdálkodás a feltöltött víztartalékokból kiegyenlített lehet.



3.ábra Az éjszakai és a megelőző délután időszak nedvaramlási összefüggése (a), az éjszakai és az azt követő délelőtti időszak nedvaramlási összefüggése (b)

4. 5. Haszonnövény transzspirációs koefficiens (K_{cb})

A haszonnövény transzspirációs koefficiens három éves időszak alapján számított átlagos dekádos értékeit a 4. ábra tartalmazza. Ezek szerint 0,90 feletti értékek május és július első tíz napjára jellemzőek. Ez a 'Rita' cseresznyefajta fenológiai meneteivel összevetve a májusi gyümölcsnövekedésnek, valamint a július eleji időszakra tehető másodlagos hajtásnövekedésnek és a termőrügyképződésnek a csúcsidezőzaka. Az utóbbi már június végén megkezdődik, ezt bizonyítja a hatodik hó utolsó dekádjára tehető 0,9-es érték is. Az augusztus 20-a utáni magas értékek az ültetvény fenntartó szintű öntözési igényére utalnak (a meteorológiai viszonyok figyelembevételével). A négy hónap alatt a legkisebb értékeket június első két dekádjában tapasztaltuk (0,39; 0,57). Ez nem véletlen, hiszen a 'Rita' – mint korai, május végi érésű – cseresznyefajta, a gyümölcs szedése után már nem használ vizet a gyümölcs növekedéséhez, az elsődleges hajtásnövekedési időszak lezárul, párologtatása egyértelműen visszaesik.

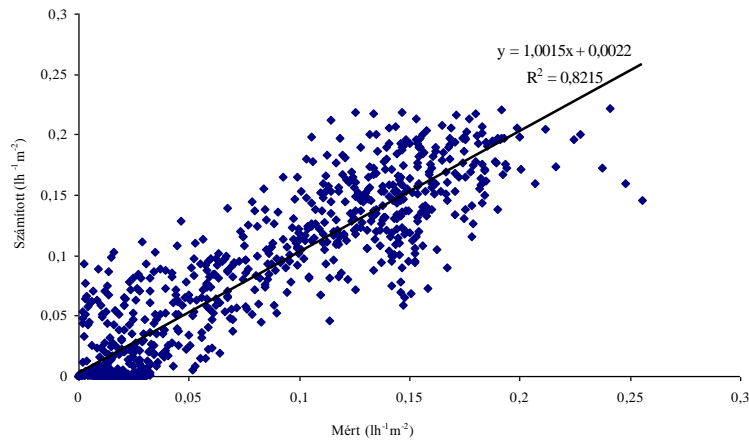


a,
4. ábra Három éves mérésor alapján számított K_{cb} görbe (középszezonbeli menete) dekádos bontásban
(Megjegyzés: 2011 június hiányzik az adatsorból)

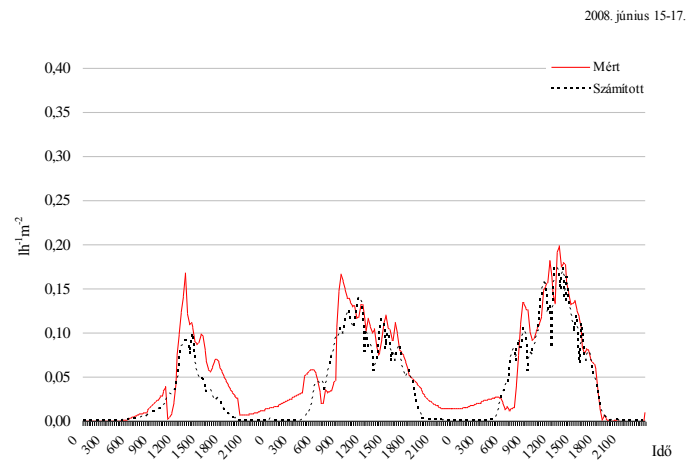
4. 6. A mérések és számítások összevetése

Cseresznyeültetvényben végzett kísérleteink egyik célja az volt, hogy a kétforrásos Shuttleworth–Wallace (SW) modell transzspirációs részének eredményeit összevegyessük az általunk cseresznyefákon mért nedvzárlási értékekkel.

Összességében a SW modellel becsült transzspiráció és a nedvzárás mérővel mért értékek jó egyezést mutattak (5. ábra). A napi időjárási körülmények által befolyásolt mért transzspirációs értékek változó ütemét jól visszaadta, bár megjegyezzük, hogy mind esős, borult időben (vagy ha a megelőző nap csapadékos volt), mind pedig hőségnapokon a modell minimálisan, de alulbecsülte a transzspirációs értékeket. Példaként bemutatjuk a 2008 június 15–18. közötti időszakot (6. ábra). 2008 június 15-én 3,2 mm, az előző napon pedig 5,2 mm eső esett a cseresznyetábla területén. Jobbára felhős, borult időjárás uralkodott, gyenge széllel, 85%-os relatív nedvességtartalommal – mindez a párologtatásnak sem kedvezett. A modell ezt pontosan megmutatta, és az irodalmakkal összhangban az esős napon ill. csapadékos napot követően látványosan alulbecsülte a mért értékeket. A reggeli és a délutáni mért csúcsokat nem rajzolta ki a számítási eredményből készített görbe. Június 16-án és 17-én – kevésbé felhős ég mellett – az előző naphoz képest minimálisan megnövekedett a telítési hiány. A kalkuláció jobb egyezést ad, mint a borult napon, bár a reggeli csúcsokat nem jelzi. A mérésben mutatkozó napi ingadozások a számított görbe mentén is jól kivehetőek. Meg kell jegyeznünk, hogy a modell naplemente után – minimális (zérus) globálsugárzásnál – alig érzékelhető éjszakai transzspirációt ad csupán, míg a méréseink nagyobb éjszakai vízvesztésről tanúskodnak.



5. ábra A számított és a mért transzspiráció összevetése



6. ábra A mért és a számított transzspirációs értékek 2008. június 15–17 között

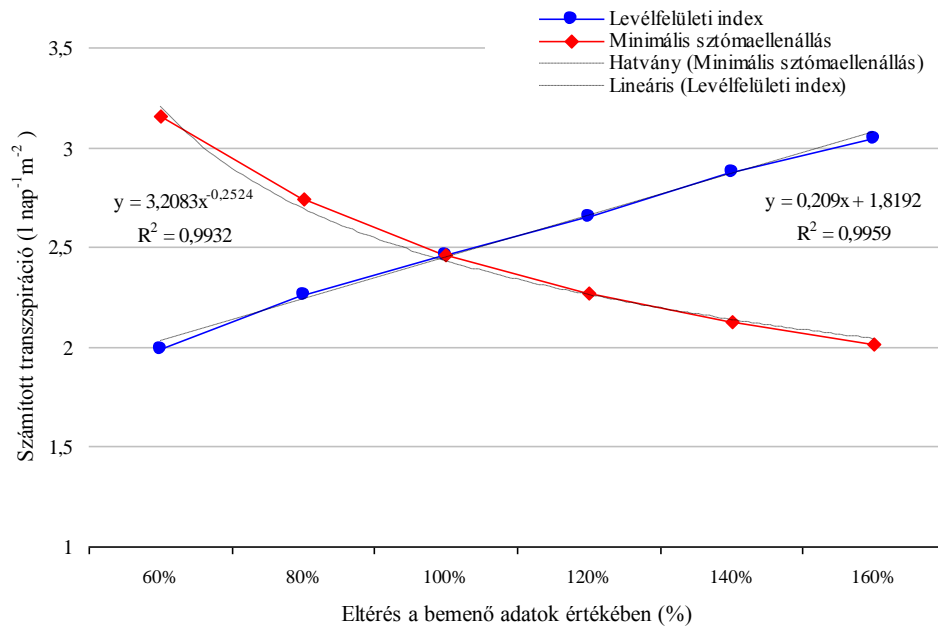
4. 7. Modell érzékenységi vizsgálat

A modellek becslésének instabilitása a bemenő adatok és a parametrizációk bizonytalanságából származik elsősorban. Megvizsgáltuk, hogy az általunk használt modell bemenő adatai közül a levélfelületi index és a minimális sztómaellenállás növelése vagy csökkentése milyen változást eredményez a kimenő transzspirációs adatokban.

Az eredmények szerint (7. ábra) a *LAI* változtatásával pozitív lineáris kapcsolatot mutat a kalkulált transzspirációs érték. Míg a bemenő *LAI* adatok 20%-os növelése vagy csökkentése nem okoz szignifikáns eltérést a végeredményben, a 40%-os pozitív vagy negatív változtatás ill. a 60%-os kiterjesztés viszont már jelentős differenciát eredményezhet.

A minimális sztómaellenállás változtatásával a kalkulált növényi párologtatás negatív, hatványfüggvénnyel leírható kapcsolatot mutat. A *LAI*-hoz hasonlóan itt is azt tapasztaltuk,

hogy a 20%-os változás jelentős különbséget nem eredményezett, a 40%-os variancia viszont igen.



7. ábra A modell levélfelületi indexre és minimális sztómaellenállásra való érzékenysége

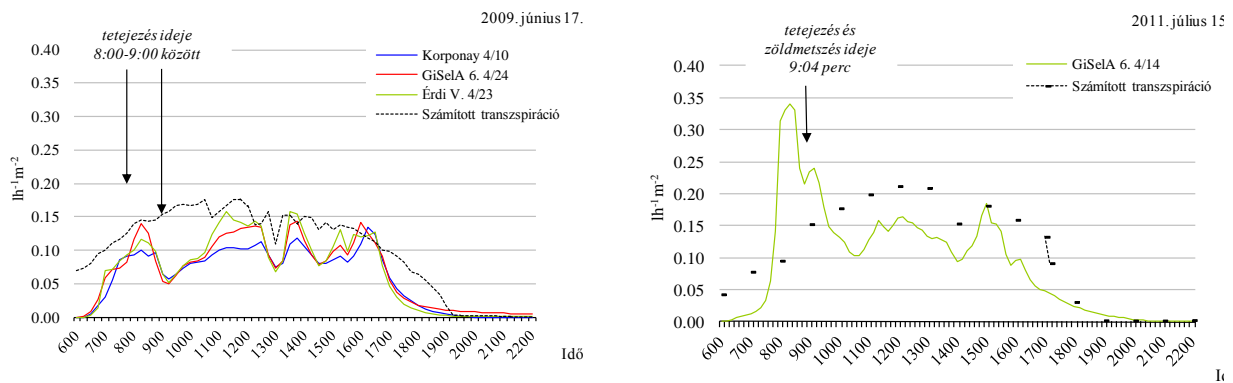
4. 8. A korona tetejezés hatása

A 2009. június 17-én és 2011. július 15-én a korona tetejzése történt a fákon. Ez 2009-ben azt jelentette, hogy a tengelyt 3,5 méteres magasságig eltávolították, letetejzték a cseresznyefákat és a túlságosan megerősödött ágakat eltávolították. Kíváncsiak voltunk, hogy ez a beavatkozás, milyen hatással van a fák nedváramlására. A két említett napon a kontrollfák hiányában a korábban már tesztelt, és a nedváramlási ütemet jó egyezéssel visszaadó SW modell transzspirációs eredményét használtuk kontrollként.

Méréseink szerint a metszés csak pillanatnyi (órán belüli) nedváramlásbeli apadást okozott (8. ábra). Ez csak úgy képzelhető el, hogy az addig alacsonyabb ágszinteken ill. árnyékban, nedvesebb mikroklímában lévő, kevésbé intenzíven párologató levelek szellősebb, napsütésnek kitett részre kerültek, és átvették ill. pótolták a felsőbb lombkoronaszintek erős párologtató szerepét.

a,

b,



8. ábra A korona tetejésének nedvára mlásra gyakorolt hatása és a kalkulált transzspirációs görbe menete 2009. június 17-én (a) és 2011. július 15-én (b)

4. 9. A kutatás gyakorlati hasznosítása a természetben

Az intenzív gyümölcsösök öntözőrendszerekkel való ellátottságából adódóan a természetben fontos követelmény a racionális vízkijuttatás. Ez azt jelenti, hogy ott, akkor és annyi vizet kell kiadagolni, amennyire a termesztett növényeknek az adott körülmények között éppen szüksége van. A gyümölcsösökben a vízkészlet szabályozása kézzel fogható gazdasági jelentőséggel bír. Ezért fontosak kutatási eredményeink, melyek hozzásegíthetnek az intenzív művelésmódú cseresznye ültetvényekben az öntözés fejlesztését célzó törekvésekhez, a növényi vízfelhasználás és a vízpótlás összehangolásához. Miután pontosan megismertük a cseresznyefák vízfelvételének dinamikáját, a nedvára mlás ütemét, optimalizálhatjuk a vízkijuttatás folyamatát. Eredményeink alapján a cseresznyeültetvények öntözése a gyümölcs növekedésének és érésének időszakában, amikor fák vízfelhasználása a legnagyobb a legfontosabb. Ezt követően a fák vízfelhasználása csökken, majd egy mérsékelt szintre áll be.

A május végi érésű cseresznye vízfelvétel karakterisztikájának vizsgálati módszertana más korai érésű csonthéjasok (kajszi barack, meggy) vízigényének tanulmányozásánál, az öntözésszabályozás tervezésénél is hasznosítható. Megállapítottuk, hogy a Shuttleworth–Wallace modell transzspirációs része alapvetően alkalmas az intenzív cseresznyeültetvények párolgási veszteségének becslésére, és kontrollként is használható, például a nyári zöldmetszések nedvára mlásra kifejtett hatásának ellenőrzéséhez.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A vizsgálatok eredményeként a kutatás során felvetődött kérdésekre választ kaptam. Új tudományos eredményeim az alábbiakban fogalmazom meg:

1. Meghatároztam a korai érésű 'Rita' fajtájú, intenzív művelésmódú, 4,0x2,0 méteres térállású, karcsúorsó koronaformával nevelt cseresznyefák egyed és ültetvényszintű vízfelvételét a gyümölcsnövekedési szakasztól a következő évi termőgallyképződés lezárultáig (májustól augusztusig). A nedváramlás mérések szerint a négy és öt éves fák átlagos egyedszintű napi vízfelvétele 10 és 40 liter között alakult, a hét esztendő egyedeké 40 és 60 liter közötti volt. Négy és öt éves ültetvényben négy hónapra (májustól augusztusig) a növényi vízfogyasztás 305–320 mm közé tehető négyzetméterenként, a hét éves cseresznyefák három hónapos kalkulált vízfogyasztását pedig $523 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-2}$ -re becsültem.
2. Feltártam négy, öt és hét éves korai érésű 'Rita' fajtájú karcsúorsó koronaformával nevelt cseresznyefák napi vízfelvételi jellegzetességeit; a nappali és az éjszakai vízfogyasztás ütemét, mértékét, szabályszerűségeit. Meghatároztam az éjszakai és nappali, valamint a délelőtti és a délutáni vízfogyasztás mértékének megoszlását. Ezek alapján elmondható, hogy a délelőtti (6:00 és 14:00) szakasz vízfogyasztási mértéke többnyire meghaladta (5–10%-kal) a délutáni vízfelvételt. Az éjjeli vízfogyasztás átlagosan a teljes napi vízfelvétel 5,6%-a volt. Rávilágítottam a cseresznyefák éjszakai vízfogyasztásának jelentőségére, annak telítési hiánnyal való szoros függőségi viszonyára a megelőző és a következő napszak vonatkozásában.
3. A nedváramlás mérés és a potenciális evapotranszpiráció számítás eredményeképp meghatároztam helyi viszonyokra a 4,0x2,0-es térállású intenzív ültetvényben nevelt korai érésű 'Rita' cseresznyefajta K_{cb} értékeit dekádos bontásban, a gyümölcsnövekedéstől a maximális levélfelület kialakulását követő három-négy hétig tartó időszakra. A K_{cb} értékek 0,40–0,90 közöttinek adódtak.
4. Meghatároztam a cseresznyefák nedváramlása és a meteorológiai paraméterek közötti statisztikai kapcsolatot, és vizsgáltam a kapcsolat jellegét is az egyes napszakokban. Ezek alapján megállapítottam, hogy a teljes napot (24 óra) és a nappali szakaszt tekintve a globálsugárzással, a hőmérséklettel és a telítési hiánnyal a cseresznyefák

nedváramlása lineáris kapcsolatot mutat. A délutáni szakaszban (14:00–22:00) a hőmérséklettel exponenciális, a globálsugárzással köbös kapcsolat mutatkozott. Ugyanezek a tényezők délelőtt (6:00–14:00) exponenciális kapcsolatot mutattak. Délelőtt a telítési hiánnyal lineáris, délután exponenciális kapcsolatot tártam fel. Eredményeim szerint az éjszakai nedváramlás mértékét erőteljesen meghatározza a megelőző nap délutáni nedváramlási rátája, mégpedig négyzetes összefüggésben.

5. Összehasonlítottam a cseresznyefákon mért nedváramlás (mint azonosított növényi transzspiráció) és a Shuttleworth–Wallace modell transzspirációs számítási eredményeit. Megállapítottam, hogy – bár a modell borult, esős napokon és nagy telítési hiányú, a párolgásnak kedvező napokon kissé alulbecsül – alapvetően alkalmas az intenzív cseresznyeültetvények párolgási veszteségének becslésére.
Elvégeztem a modell érzékenységi vizsgálatát: megfigyeltem és összevettem a kimeneti (transzspirációs) értékeket a bemenő értékek (levélfelületi index és a minimális sztómaellenállás) változtatásával. Eredményeim szerint a modell érzékenységi határa 20%-nál nagyobb *LAI* és minimális sztómaellenállási különbségeknél van; 40–60%-os változtatásnál már szignifikáns különbséget kaptam.
6. Megállapítottam, hogy a fák tetejezése és a nyári zöldmetszés a nedváramlásban mindössze negyed óráig érzékelhető megtorpanást, visszaesést eredményez, ezután a nedváramlás a metszés előtti állapotok szerint folytatódik. Ehhez a vizsgálathoz kontrollként a Shuttleworth–Wallace modell transzspirációs számítási részét használtam, miután a teszteredmények azt igazolták, hogy a modell kimenő adatai jó egyezést ($R^2=0,82$) mutattak a nedváramlási értékekkel.

A SZERZŐNEK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓI

NEM IF-es folyóiratcikk:

Juhász, Á., L. Tőkei, Z. Nagy, K. Hrotkó (2008) Előzetes adatok a cseresznyefák vízfogyasztásáról. *Kertgazdaság* 2008. 40. (4). p.17.

Juhász, Á., Tőkei, L., Nagy, Z., Hrotkó, K. (2008) Estimating of water consumption of cherry trees *International Journal of Horticultural Science* 14 (4) pp. 15–17.

Juhász, Á., Nagy, Z., Tőkei, L., Hrotkó K. (2010) Cseresznyefák vízfogyasztásának megfigyelése. *Agrár és Vidékfejlesztési Szemle* 5. (1) supplement, Agriculture and Countryside in the Squeeze of Climate Change and Recession, Conference Issue Hódmezővásárhely 2010.04.22. ISSN 1788-5345, pp. 274-279.

Juhász Á., Sepsi P., Hrotkó K., Tőkei L. (2011) Transpiration of high density sweet cherry orchard. *Acta Hort*, elfogadva, nyomtatásban

Juhász Á., L. Tőkei, K. Halász, A. Juhász, K. Hrotkó, N. Lukács (2011) Water availability and water use in high density orchards on different rootstocks in sandy soils, Pollution and Water Resource, ISBN: 978-80-89139-24-8. *Columbia University Seminar Proceedings, Volume XL 2010-2011*, Environmental Protection of Central Europe and USA, pp. 378-392

Nemzetközi konferencia full paper:

Juhász, Á., L. Tőkei, Z. Nagy, M. Gyevik, K. Hrotkó (2008) Measurements on water use of cherry trees. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary medicine Cluj-Napoca Vol. 65 (1-2) pp. 237–241*

Juhász Á., Hrotkó K., L. Tőkei (2011) Sap flow response of cherry trees to weather condition Proceedings . *Air and Water Components of the Environment, Cluj-Napoca* pp. 76-82 18-19. 03. 2011

Juhász Á., Hrotkó K., Nagy Z., Tőkei L. (2010) Water uptake of cherry trees related to weather conditions. *46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia Proceedings* pp.1019-1022

Nemzetközi konferencia abstract:

Juhász, A.; Begyik, A.; Nagy, Z.; Tőkei, L.; Hrotko, K. (2010) Factors affecting water consumption of high density sweet cherry orchard. International Horticultural Congress, Lisbon. *Book of Abstracts* S15.210. p. 686.

Juhász Á., L. Tőkei, K. Juhos, K. Hrotkó (2010) Estimating of water uptake of cherry trees based on sap flow measurement data. 2nd International Conference on Horticulture Post – Graduate study 2010, *Lednice Book of Abstracts* p. 13.

Juhász Á., P. Sepsi, L. Tőkei, K. Hrotkó. (2011) Night time transpiration rate of sweet cherry trees. Second Balkan Symposium on Fruit Growing 2011. september 5-7 , Pitesti, Romania, *Fruit quality, health, and environment book of Abstract* p. 67.

Juhász Á., Sepsi P., Aszalos I., Hrtokó K., Tőkei L (2012) Sap transport of sweet cherry trees on heat wave days. Plant Growth, Nutrition and Environmental Interactions 2012. February 18-21. Bécs, *Program and Abstracts*, p. 73.

Magyar konferencia cikk (full paper):

Juhász Ágota, Sepsi Panna, Aszalos István, Hrotkó Károly- Tőkei László (2011) Cseresznyefák transzspirációjának becslése méréssel és számítással. *Erdei Ferenc VI. Tudományos Konferencia, I. kötet* pp. 426-430

Magyar konferencia összefoglalás (abstract):

Juhász, Á., Tőkei, L., (2007) Gyümölcsfák nedvaram mérése. *Lippay János-Ormos Imre-Vas Károly Tudományos Ülésszak*. 2007. november 7-8. Budapest *Összefoglalók* pp. 192-193

Juhász, Á., Tőkei, L., Rác- Szabó R., Nagy, Z., Pap, Zs. (2007) Fásszárúak nedvességáramlásának mérése. Erdészeti Tudományos Konferencia. 2007. december 11., Sopron *A szekcióülések előadásainak és posztereinek kivonata (Erdőgazdálkodási szekció)* p. 41.

Juhász, Á., Nagy, Z., Begyik, A.,Tőkei, L.,Hrotkó, K. (2010) Water demand of plants How long can we still celebrate the Earth's Day? 2010. 04.17. *I. Conference of PhD Students on Enviromental Studies Issue* pp. 42-43

Egyéb tudományos cikk:

Juhász Á., Tőkei L. (2010) Kertészeti kultúrák vízfogyasztásának mérése. *Egyetemi Meteorológiai füzetek*, Hallgatók részvétele a kutatásban No.23. ISSN: 0865-7920, ISBN: 978-963-284-162-5, p. 99-103.

