

A jégvédő háló használatának hatásai az alma gyümölcsös vízháztartására és lombzatának pigment tartalmára

SZABÓ ANDREA, TAMÁS JÁNOS, NAGY ATTILA

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

E-mail: szabo.andrea@agr.unideb.hu

Összefoglalás

Az almatermesztés Magyarországon az összes gyümölcsstermesztés 60-65%-át adja, ezzel a gyümölcsstermesztési ágazat egyik legjelentősebb területe. A kontinentális klíma miatt a szélsőséges időjárási viszonyok jelentős problémát okozhatnak az almatermesztésben, melyekkel szemben aktív módon tudunk védekezni (öntözés, jégvédő). A jégvédő a jégkár elleni védelem mellett befolyásolja a mikroklímátikus tényezőket, megváltoztatja az állományklímát, így hatással van a növények valamennyi élettevékenységére. Kutatásunk célja a jégvédő Snygold (Earligold) és Golden Reinders fajtájú alma gyümölcsös vízellátottságára gyakorolt hatásának az értékelése volt mikroklímátikus tényezők, termográfiai adatok, vízpotenciál mérés, szárazanyag tartalom és pigment tartalom vizsgálatok alapján. A kutatást a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Debreceni Tan-gazdaság és Tájkutató Intézetének Pallagi Génbank és Gyakorlóléhelyén végeztük heti rendszeres-séggel 2016 és 2019 júliusában és augusztusában. Eredményeink alapján a jégvédős állományban a hőmérséklet 2,9%-kal alacsonyabb ($p=0,150$), a relatív páratartalom 3,2%-kal szignifikánsan magasabb volt ($p=0,0001$). A termográfiai adatok alapján a jégvédős állomány lombzatának hő-mérséklete 7,3%-kal alacsonyabb ($p=0,006$), a lombzat vízpotenciál értéke átlagosan 20,8%-kal magasabb ($p=0,399$), míg a levél szárazanyag tartalma átlagosan 4,3%-kal volt alacsonyabb, mint a jégvédőn kívüli állományoké. A lombzat klorofill koncentrációja a jégvédővel védett egyedek esetében 10,2%-kal ($p=0,066$), a karotinoid értékek pedig 16%-kal ($p=0,004$) voltak magasabbak, mint a jégvédővel nem fedett állományoké. Az eredmények alapján a jégvédő a mikroklímátikus feltételeken keresztül számottevő hatással van az almaültetvények vízforgalmára és levél pigment tartalmára részben ellensúlyozva a nyári hő és aszály stressz okozta negatív hatásokat.

Kulcsszavak: jégvédő, Snygold (Earligold), Golden Reinders, vízháztartás, mikroklímátikus tényezők, pigment tartalom

Bevezetés

Az utóbbi években a világ almatermése meghaladta a 80 millió tonnát, ezáltal az alma kiemelkedően fontos szerepet játszik a világ gyümölcsstermesztésében és gyümölcsfogyasztásában egyaránt. Európai szinten is meghatározó ágazatnak számít, évente megközelítőleg 12 millió tonnát termelnek (USDA 2019). Magyarországon az összes gyümölcsstermesztés 60-65%-át adja, ezzel a gyümölcsstermesztési ágazat egyik legjelentősebb területének számít, átlagos években 550–600 ezer tonna alma termeszthető, ezáltal Európában az 5. legnagyobb termelési területnek számít. A kontinentális klíma miatt az őszi, tavaszi és téli fagykárosodások, nyáron a légköri aszály kialakulása okoz jelentős problémát az almatermesztési területeken (Gonda és Csihon 2018). Napjainkban aktív módon tudunk védekezni a jégkárokkal és különböző szélsőséges időjárási viszonyok kialakulásával szemben, melyhez megoldást nyújthat a jégvédő alkalmazása. Európában a legjelentősebb almatermesztő körzetekben az ültetvények 30-70%-án már alkalmaznak jégvédőket (Szabó 2016), mivel egyetlen más védelmi berendezés sem bizonyul ilyen hatékonynak a jégkárok elleni védekezésben (Lakatos et al. 2011). A jégvédő hatással van a fa fiziológiájának az alakulására, a meleg, napsütéses területeken árnyékoló hatása pozitívan befolyásolja a gyümölcsfák növekedését (Giaccone et al. 2012), csökkenti a fákon a napégés káros hatásainak a megjelenését és az állati kártevőket (Middleton és McWaters 2002; Gindaba és Wand 2005; Iglesias és Alegre 2006). Pozitívan befolyásolja a mikroklímátikus tényezők alakulását, azon belül is első sorban a hőmérséklet, a szélsőségek és a relatív páratartalom értékeit, melyeknek változása befolyásoló hatással lesz az egyedek elpárologtatott vízmennyiségére (Bosco et al. 2018; Mupambi et al. 2018) valamint a lombzat hőmérsékletére (Glenn et al. 1989; Iglesias és Alegre 2006). A jégvédő alkalmazása kedvező környezetet biztosít a fotoszintetikus enzimek szintéziséhez, ezáltal a klorofill tartalom növekedéséhez (Manja és Aoun 2019) és a fotoszintézis lejátszódásához (Mditshwa et al. 2019). A gyümölcsösök terméshozama és a termés minősége jelentős mértékben függ a levelek fotoszintézisének az intenzitásától, teljesítményétől, vagyis a kialakult fényviszonyoktól (Apáti 2012). A fenitek tükrében a jelen kutatás célja, hogy értékelje a jégvédő használatának a lombzat vízellátottságára és a lombzat pigmenttartalmára gyakorolt hatását az alma lombzat pigment tartalmi, termográfiai adatok, lombzatban mért vízpotenciál és szárazanyag tartalom alapján.

Anyag és módszer

A kutatást a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézetének Pallagi Génbank és Gyakorlólhelyén végeztük. A terepi felmérések a génbank északi 0,68 hektárnyi területén található mikroöntöző berendezéssel és jégvédővel részben ellátott Earlgold és Golden Reinders fajtájú intenzív almaültetvényben történtek, ahol minden fát M9-es alanyra oltottak. A kutatási területen fekete jégvédőt alkalmaznak a gyümölcsös védelme érdekében, mely nagymértékben elnyeli az UV-B sugarakat, ezáltal a hősugárzás és a napégés káros hatásait csökkenteni tudja. Teherbírásuk és élettartalmuk is jobb a többi színváltozathoz képest (Castellano et al. 2008). A gyümölcsös szélsőséges vízháztartású homoktalajon helyezkedik el, ami miatt a vízhiány okozta stressz különösen nagy kockázatot jelent (Nagy 2014). A talaj fizikai és kémiai tulajdonságait tekintve homogén, jelentős eltérések a mélységgel sem tapasztalhatóak (Nagy et al. 2011).

A homogén körülményekhez hozzájárul, hogy a teljes vizsgált almaállomány mikoöntözött, ezáltal az állomány vízellátottsága egyenletes. A kutatás során azonos korú és fejlettségű Earligold és a Golden Reinders almafajtákat vizsgáltunk. Azért választottuk ezt a két fajtát, mert azonos alanyra lettek oltva, illetve a területen még természetett – és jéghegyalával is védett – almafajta a Gala a vízhiányra kevésbé érzékeny (Nemeskéri et al. 2010). A méréseinket egy csapadékosnak (2016) és egy aszályosnak (2019) számító évben végeztük el július és augusztus között. 2016-ban az összes csapadék mennyisége 758,3 mm volt, melyből 149,7 mm július és augusztus hónapokban hullott. 2019-ben 480 mm összes csapadék hullott, melyből 79,4 mm július és augusztus hónapokban esett. Az almaállomány minden sorában 100 egyed található melynek első 50 egyede jéghegyalával védett. A vizsgálataink során Testo típusú mérőeszközzel 21 időpontban mértük a hőmérsékletet és a relatív páratartalmat, vizsgálva a jéghegyaló mikroklímára gyakorolt lehetséges pozitív hatásait. A növényi vízstressz alakulását termográfiai felvételek, lombzat vízpotenciál és levélminták szárazanyag tartalma alapján értékeltük. Emellett az almafa levélmintákból a jéghegyaló klorofill és karotinoid értékre gyakorolt hatását is vizsgáltuk, ezáltal a jéghegyaló fotoszintetikus pigmentek mennyiségére gyakorolt hatását értékeltük. A mintavételezéssel párhuzamosan a talaj nedvességtartalmát is monitoroztuk, mintáinkat 30 cm-es mélységből vettük, nedvességtartalmukat gravimetriásan mértük és tömegszázalékban fejeztük ki.

Lombozat hőmérséklet mérési módszertana - termográfiai képalkotás

A növény hőmérséklete folyamatos vízellátottság esetében közel áll a levegő hőmérséklet értékéhez, az eltérő értékek pedig a folyamatos vízellátottság megszakadását jelentheti (Anda és Ligetvári 1991). A termográfiai képalkotás hasznos módszer a vegetáció különböző tulajdonságainak a monitorozásában (Jones 1999; Jones 2004). Az aszályos időszakban a termés hozama csökken, minősége romlik, a víz stressz kialakulása pedig általában a vízhiányra utal. Különböző távérzékelési módszerekkel könnyen mérni lehet a fajták vízhiánytartásának az alakulását, hiszen a lombozat hőmérséklete információt ad a növény vízellátottság szintjére és a víz stressz jelzésére, amely alapján meghatározható az öntözési igény aszályos időjárási körülmények között is (Helyes 2005; Gonzalez-Dugo et al. 2006; Böcs et al. 2009; Lantos et al. 2013; Nemeskéri és Helyes 2019). A kutatásunk során termográfiai felvételeket 14 mérési időpontban HEXIUM PYROLATER-12 termokamerával készítettük 15-15 egyedről a jéghegyalós és jéghegyaló nélküli területen. Nagy (2015) előzetes kutatása alapján a jéghegyaló hatásainak termográfiai mintavételezésére a 9-11 óra közötti időszak javasolt alma esetén. A termográfiai adatok előfeldolgozása során eltávolítottuk a háttérre alkotó talaj és levegő pixeleket és meghatároztuk a lombozat átlaghőmérsékleteit.

Lombozat vízpotenciál mérése

A termográfiai felvételek mellett, a lombozat vízforgalmát vízpotenciál mérő műszerrel (Pump-Up Chamber, PMS Instrument Company) is monitoroztuk. A vízpotenciál mérés viszonylag egyszerű mérési módszer, ennek ellenére fontos információkat szolgáltat (Scholander et al. 1965; Boyer 1967; Teszlák 2008; Jones és Vaughan 2010). A vízpotenciál mérésére fajtánként 20 fát jelöltünk ki, 10 jéghegyalóval védett egyedet és 10 jéghegyaló nélküli egyedet. A méréseket 2019 júliusában és augusztusában 6 alkalommal 10-11 óra között végeztük el. A méréseinket Fulton et al. (2014) dió és mandula esetében alkalmazott módszertana alapján végeztük. Az ép, egészséges, napsugárzástól

védett levélmintáinkat zárt, fénytől védett zacskókba helyezzük 15 percre, majd a mérés kezdetekor a hajtásmintát pengével levágtuk a vizsgált növényről. A mintákat a zárt zacskóval együtt helyeztük a nyomáskamrába. A mérés során a nyomást addig növeltük, míg növényi nedv megjelent a vágási felületen. Az ekkor mérhető nyomás érték a hajtásban uralkodó negatív nyomás potenciál értéke.

Lombozat pigment tartalom mérése

A lombozat pigment tartalom meghatározásához a levélmintavétel Nemeskéri et al. (2009) alapján az általunk kiválasztott és megjelölt fákról történt 1,2 m-es magasságból. A mintavételezés 11 mintavételi időpontban 9-10 óra között történt 2016 és 2019 júliusában és augusztusában. Levél mintavételezés céljából fajtánként 15 jégháló alatti almafát és 15 jégháló nélküli almafát jelöltünk ki. A levélmintákat 4 °C fokon hűtve tároltuk és szállítottuk majd 6 órán belül feldolgoztuk laboratóriumi körülmények között. A begyűjtött levélminták pigment tartalmát 80%-os aceton hozzáadásával roncsoltuk. A roncsolatot 3000/percen 3 percig centrifugáltuk, majd spektrofotométerrel mértük az oldat abszorbanciáját 470 nm, 644 nm és 663 nm-es hullámhosszokon. A minták klorofill tartalmát Droppa et al. (2003) képlete alapján számoltuk:

$$\text{Klorofill (a+b) } \mu\text{g/g friss tömeg} = (20,2 \cdot A_{644\text{nm}} + 8,02 \cdot A_{663\text{nm}}) \cdot V/w$$

A karotinoid értékeket, klorofill a és b eredmények alapján Lichtenthaler et al. (1983) képlete szerint számoltuk:

$$\text{Karotinoid } \mu\text{g/g friss tömeg} = \frac{(1000 \cdot A_{470\text{nm}} - 3,27 (12,21 \cdot A_{663\text{nm}} - 2,81 \cdot A_{644\text{nm}}) - 104 \cdot (20,13 A_{644\text{nm}} - 5,03 A_{663\text{nm}}))}{229}$$

ahol

V = a szövetkivonat térfogata (ml)

w = a szövet friss tömege (g)

A = abszorbancia

Lombozat szárazanyag tartalom mérése

A szárazanyag tartalom meghatározása a pigment tartalom laboratóriumi vizsgálataival párhuzamosan történt. A begyűjtött levélmintáink szárazanyag tartalmát gravimetriás úton a nyers levél tömegéből és a 105 °C-on tömegállandóságig szárított levél tömegéből számítottuk ki.

Statisztikai vizsgálat

A jégháló fenti paraméterekre (lombozat hőmérséklet, vízpotenciál érték, szárazanyag tartalom, klorofill, karotinoid) gyakorolt hatását variancia analízissel (Duncan-teszt) elemeztük 5%-os hibahatárral. A statisztikai értékeléshez az R szoftver R studio agricolae csomagot használtuk (Mendiburu 2019). Az eredmények normál eloszlását Shapiro-Wilk teszttel elemeztük. Az eredményeink minden esetben normál eloszlásúak voltak. Emellett a szignifikáns különbséget mutató paraméterek között Pearson-féle korrelációs analízist is végeztünk.

Eredmények

Jégháló állományklímára gyakorolt hatásai

Elsőként a jégháló mikro-klimatológiai hatásait elemeztük. A jégháló alatti és a jéghálóval nem védett állomány levegő hőmérséklet (°C) és relatív páratartalom értékeiket (%) hasonlítottuk össze. A jégháló alatt $26,6 \pm 2,195$ °C volt mérhető, amely 2,9%-kal alacsonyabb a jégháló nélküli lombzatban mért $27,4 \pm 2,199$ °C-os hőmérséklethez képest. Ugyanakkor a különbség nem volt szignifikáns ($p=0,150$). A jégháló alatti állományok relatív páratartalma $71,5 \pm 15,4\%$, és a jégháló nélküli állományok $69,3 \pm 16,5\%$ relatív páratartalma között szignifikáns eltérés volt tapasztalható ($p=0,0001$). A jégháló átlagosan 3,2%-kal növelte az almásban mérhető relatív páratartalmat. Köszönhetően a mikroöntözésnek, a talajnedvesség átlagos értékei (a jégháló alatt: $11,07 \pm 2,178$ m/m%, jéghálóval nem védett területen: $11,06 \pm 2,358$ m/m%) közötti különbség elhanyagolható ($0,477\%$, $p=0,776$), amelynek eredményeként a teljes állomány vízellátottsága egyenletes volt.

1. táblázat. Lombzat hőmérsékleti adatok mérési időpontonként

	Earligold		Golden Reinders	
	Jéghálóval védett	Jéghálóval nem védett	Jéghálóval védett	Jéghálóval nem védett
2016/1.	$26,04 \pm 1,335$ a	$23,8 \pm 0,535$ b	$20,98 \pm 1,069$ a	$22,65 \pm 0,685$ b
2016/2.	$25,91 \pm 1,838$ a	$28,21 \pm 2,903$ ab	$25,57 \pm 0,861$ a	$29,84 \pm 1,880$ b
2016/3.	$27,40 \pm 2,040$ ab	$25,8 \pm 2,279$ b	$29,78 \pm 0,672$ a	$34,49 \pm 2,632$ b
2016/4.	$30,16 \pm 1,715$ a	$25,08 \pm 1,844$ b	$21,89 \pm 0,585$ a	$26,43 \pm 2,627$ b
2016/5.	$27,24 \pm 0,373$ ab	$28,61 \pm 2,088$ ab	$25,08 \pm 0,955$ a	$29,55 \pm 3,738$ b
2016/6.	$29,56 \pm 2,068$ a	$31,77 \pm 1,464$ a	$22,96 \pm 1,392$ a	$25,28 \pm 1,955$ a
2016/7.	$24,86 \pm 1,635$ a	$28,60 \pm 2,029$ a	$25,60 \pm 2,414$ a	-
2016/8.	$27,52 \pm 1,237$ ab	$29,40 \pm 0,998$ b	$25,35 \pm 1,977$ a	-
2016/9.	$21,31 \pm 1,149$ a	$27,38 \pm 3,167$ b	$21,30 \pm 0,855$ a	$26,56 \pm 2,366$ b
2016/10.	$27,52 \pm 2,399$ a	$26,79 \pm 1,730$ a	$24,83 \pm 0,469$ a	$26,64 \pm 0,240$ a
2016/11.	$28,83 \pm 0,543$ ab	$29,78 \pm 1,890$ b	$26,93 \pm 1,938$ ab	-
2016/12.	$22,99 \pm 1,108$ a	$22,90 \pm 1,118$ a	$21,90 \pm 0,794$ a	-
2016/13.	$27,59 \pm 2,102$ a	$28,68 \pm 1,594$ a	$25,70 \pm 1,057$ a	-
2016/14.	$28,31 \pm 1,683$ a	$29,32 \pm 2,294$ a	$26,39 \pm 2,278$ a	$29,09 \pm 2,553$ a

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

- nincs adat műszaki okok (a hőkamera túlmelegedése) miatt

Table 1. Foliage temperature data by measurement time

Jégháló lombzat vízellátottságára gyakorolt hatásának értékelése termográfiai adatok alapján

A termográfiai adatok alapján a jéghálóval fedett alma állomány átlagos lombzat hőmérsékletei az esetek többségében alacsonyabbak voltak. Összességében a jéghálóval borított állományok lombzat

hőmérséklete ($25,6 \pm 2,020$ °C) szignifikánsan ($p=0,006$) 7,3%-kal alacsonyabb volt a jégháloval nem borított egyedek átlagos lombozat hőmérsékletéhez ($27,7 \pm 2,319$ °C) képest. A két almafajta esetében a jégház hatásának erőssége eltérő volt. Az Earligold fajta esetében a jégháloval védett állományoknál átlagosan $26,8 \pm 2,439$ °C levél hőmérsékletet mértünk, amely 2,8%-kal alacsonyabb a jégháloval nem védett egyedek $27,6 \pm 2,461$ °C átlag levél hőmérsékletéhez képest. A kezelések között szignifikáns különbség nem volt kimutatható ($p=0,326$). A Golden Reinders fajta esetében lombozat hőmérsékletek között szignifikáns különbség kimutatható ($p=0,017$). A jégház alatti egyedek átlagos levél hőmérséklete ($24,6 \pm 2,493$ °C) 11,7%-kal volt alacsonyabb a jégháloval nem védett egyedek $27,8 \pm 3,378$ °C lombozat hőmérsékletéhez viszonyítva. A jégház hatásáról részletesebb képet kapunk, ha a lombozat hőmérsékleteket mérési időpontokként is értékeljük. Az Earligold fajta esetében a mérési időpontok 64%-ában mértünk alacsonyabb lombozat-hőmérsékletet, illetve a 14 mérési időpontból 7 esetben a különbség szignifikáns volt. A Golden Reinders fajtánál minden mérési időpontban alacsonyabb volt a lombozat hőmérséklete, valamint 9 mérési időpontból 6 esetben volt szignifikáns a különbség (1. táblázat).

Jégház lombozat vízellátottságára gyakorolt hatásának értékelése vízpotenciál értékek alapján

A növényekben jelen levő víztartalom miatt feszültség vagy más néven negatív nyomás uralkodik, ezért a tudományos gyakorlat szerint a növények vízpotenciál értékét negatív értékekben fejezzük ki (Fulton et al. 2014). Összességében a jégháloval borított állományok vízpotenciál értéke ($-8,6 \pm 1,836$ bar) 20,8%-kal magasabb, mint a jégháloval nem borított állományok átlagos vízpotenciál értéke: $-10,8 \pm 2,769$ bar. Ugyanakkor a jelentős szórásnak köszönhetően összességében a különbség nem volt szignifikáns ($p=0,399$). Hasonló eredményeket kaptunk, ha a két fajta esetén mért adatokat értékeltük. Az Earligold fajta esetében a jégháloval védett egyedeknél átlagosan 18,7%-kal magasabb vízpotenciál értékeket mértünk, mely az egyedek jobb vízellátottságát jelzi. A jégházos állomány átlagosan $-8,5 \pm 2,502$ bar és a jégháloval nem védett 'Earligold' egyedek átlagosan $-10,4 \pm 2,983$ bar vízpotenciál értékei között szignifikáns különbség nem volt kimutatható ($p=0,837$). A Golden Reinders fajta esetén azonban szignifikáns az eltérés a jégház alatti és a nem jégházos állományok vízpotenciál értékei között ($p=0,030$). Az eltérés mértéke átlagosan 22,8%-os: a jégház alatt magasabb $-8,9 \pm 1,304$ bar, míg a jégház nélküli állományban $-11,2 \pm 2,634$ bar vízpotenciált mértünk. Az eredmények értelmezésekor megemlítendő, hogy a vízpotenciál egy időben csökkenő paraméter volt a felmérés során mind a jégházos, mind pedig a jéghálon kívüli állományok esetén, amely az emelkedő levegő hőmérséklet és a csökkenő relatív páratartalomnak köszönhető. Ezért az összesített eredmények mellett a vízpotenciál értékek közötti eltéréseket mérési időpontokként is értékeltük. Az Earligold fajta esetében minden mérési időpontban magasabb vízpotenciál értéket mértünk, mely során 5 vizsgálati időpontból 4 alkalommal volt szignifikáns különbség a jégháloval védett és nem védett egyedek lombozatának vízpotenciálja között. A Golden Reinders fajta esetében az Earligold fajtához hasonlóan minden mérés során magasabb értékeket kaptunk, ahol 6 vizsgálati időpontból 5 alkalommal volt szignifikáns különbség a jégháloval védett és nem védett egyedek között (2. táblázat).

2. táblázat. Vízpotenciál eredmények mérési időpontonként

	Earligold		Golden Reinders	
	Jéghálóval védett	Jéghálóval nem védett	Jéghálóval védett	Jéghálóval nem védett
2019/2.	-	-	-9,7 ± 3,032 a	-12 ± 1,201 b
2019/3.	-5,7 ± 1,001 a	-6,9 ± 0,615 b	-6,8 ± 1,036 a	-11,1 ± 1,166 b
2019/4.	-8,2 ± 0,747 a	-10,2 ± 1,226 b	-7,8 ± 0,789 a	-10,5 ± 1,063 b
2019/5.	-6,5 ± 1,312 a	-8,5 ± 1,480a	-9,1 ± 0,877 a	-7,8 ± 0,734 b
2019/6.	-9,7 ± 1,029 a	-11 ± 1,039 b	-9,7 ± 1,599 a	-11 ± 1,421 a
2019/7.	-10,5 ± 1,141 a	-14,6 ± 2,477 b	-10,1 ± 2,097 a	-16 ± 1,465 b

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

Table 2. Water potential values by measurement time

Jégháló lombozat vízellátottságára gyakorolt hatásának értékelési lehetősége szárazanyag tartalom értékek alapján

A kutatásunk során vizsgáltuk, hogy az azonos faj, illetve fajta esetén egy adott gyümölcsösön belül az eltérő vízforgalmú és vízellátottságú állományok a lombozat szárazanyagtartalma alapján összehasonlíthatók-e. Összegezve megállapítható, hogy a jéghálóval borított állományok leveleinek szárazanyag tartalma ($34 \pm 3,238$ m/m%) 4,3%- kal alacsonyabb, mint a jégháló nélküli egyedeké ($36 \pm 4,458$ m/m%), habár az eltérés nem szignifikáns ($p=0,119$). A fajtákat külön értékelve a jégháló hatásaként a Golden Reinders fajta esetén volt kimutatható szignifikánsan kisebb szárazanyag tartalom ($p=0,033$). A jéghálóval védett egyedek esetében $33 \pm 3,755$ m/m% szárazanyag tartalomhoz képest a jégháló nélküli állomány lombozatának $36 \pm 4,458$ m/m%-os szárazanyag tartalma 7,6%-kal magasabb. Ugyanakkor az 'Earligold' esetében szignifikáns különbség nem volt mérhető ($p=0,406$), a jégháló alatti és a jégháló nélküli állományok szárazanyag tartalma ($35 \pm 3,442$ m/m%; $35,5 \pm 5,104$ m/m%) közötti különbség mindössze 1,8% volt. Az Earligold fajtánál 44% volt mérhetően alacsonyabb a szárazanyag tartalom, és ennek csak a fele volt statisztikailag is szignifikánsan elkülöníthető. A 'Golden Reinders' esetében minden mérési időpontban alacsonyabb szárazanyag tartalom értéket mértünk, melynél 9 mérési időpontból 4 alkalommal volt szignifikáns különbség (3. táblázat).

Jégháló hatása az alma lombozat pigment tartalom értékeinek az alakulására

Minden időpont adatait összességében értékelve a jéghálóval borított állományok klorofill tartalma (2874 ± 283 µg/g) 10,2%-kal magasabb volt a jégháló nélküli állomány lombozatának klorofill tartalmához (2607 ± 412 µg/g) képest, ugyanakkor az eltérés nem volt szignifikáns ($p=0,066$). Értékeljük a jégháló fajtákra gyakorolt lehetséges eltérő hatásait is. Az 'Earligold' lombozatának klorofill tartalma 3070 ± 400 µg/g volt a jégháló alatt, ami 11%-kal magasabb, mint a jéghálóval nem fedett állományok 2766 ± 449 µg/g értéke. Ugyanakkor szignifikáns eltérés nem volt kimutatható ($p=0,071$). A 'Golden Reinders' esetében is hasonló tapasztaltunk: a jégháló alatti egyedek átlagos klorofill tartalma ($2726 \pm 316,036$ µg/g) ugyancsak 11%-kal volt magasabb, mint a jégháló nélküli egyedeké ($2456 \pm 445,604$ µg/g), ahol az eltérés szintén nem volt szignifikáns ($p=0,236$). Az eredmények értelmezésekor megemlítendő, hogy a pigment tartalom egy időben változó, heterogén paraméter volt a felmérés során mind a jéghálós, mind pedig a jéghálón kívüli állományok esetén, ennek köszönhető, hogy szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható. Az 'Earligold' esetében a mérési időpontok 88%-ban magasabb

klorofill értéket kaptunk, ahol a 9 mérési időpontból 3 alkalommal volt szignifikáns különbség a jégálóval védett és nem védett értékek között. A 'Golden Reinders' esetében hasonló eredményeket kaptunk, 11 mérési időpontból 5 alkalommal volt szignifikánsan eltérő a klorofill tartalom, ugyanakkor a mérési időpontok közel 80%-ban magasabb klorofill értékeket adva a jégálóval borított területen (4. táblázat).

3. táblázat. Szárazanyag tartalom értékek

	Earligold		Golden Reinders	
	Jégálóval védett	Jégálóval nem védett	Jégálóval védett	Jégálóval nem védett
2016/5.	38,4 ± 3,635 a	41,8 ± 2,864 b	33,9 ± 3,175 a	41,2 ± 3,845 b
2016/10.	33,7 ± 2,437 a	31,9 ± 10,4 a	30,2 ± 6,660 a	33,2 ± 6,154 a
2016/14.	40,1 ± 6,112 a	45 ± 1,524 a	38,7 ± 3,234 a	42,1 ± 27,1 ab
2019/2.	36 ± 4,582 a	33 ± 5,001 a	30,5 ± 4,294 a	31,1 ± 6,652 a
2019/3.	35,1 ± 3,264 a	33,7 ± 5,372 a	40 ± 2,735 a	40,3 ± 3,692 a
2019/4.	29,4 ± 2,814 a	29,3 ± 2,990 a	30,8 ± 3,381 a	32 ± 2,427 a
2019/5.	31,7 ± 2,241 a	31,5 ± 1,623 a	30,7 ± 2,829 a	32,9 ± 2,653 b
2019/6.	36,8 ± 3,917 a	37 ± 2,234 a	34,8 ± 2,368 a	36,3 ± 2,734 a
2019/7.	31,9 ± 2,605 a	35,7 ± 2,376 b	31 ± 3,344 a	36,4 ± 2,291 b

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

Table 3. Dry matter content values

4. táblázat. Klorofill tartalom értékek

	Earligold		Golden Reinders	
	Jégálóval védett	Jégálóval nem védett	Jégálóval védett	Jégálóval nem védett
2016/1.	3203 ± 351 a	1895 ± 540 b	2256 ± 558 a	1599 ± 326 a
2016/5.	3097 ± 391 a	2812 ± 253 a	3187 ± 343 a	2273 ± 594 b
2016/10.	2658 ± 250 a	2415 ± 503 a	2954 ± 151 a	2223 ± 224 b
2016/14.	2162 ± 798 a	2208 ± 454 a	2482 ± 341 a	1864 ± 643 b
2019/1.	-	-	2553 ± 417 a	2685 ± 277 a
2019/2.	3121 ± 283 a	2923 ± 404 a	2677 ± 235 a	2469 ± 454 a
2019/3.	3518 ± 357 a	3083 ± 262 b	3102 ± 259 a	2628 ± 416 b
2019/4.	3171 ± 449 a	2775 ± 513 b	3086 ± 378 a	2954 ± 400 a
2019/5.	3363 ± 224 a	3224 ± 388 a	2777 ± 440 a	2798 ± 296 a
2019/6.	3274 ± 310 a	3113 ± 369 a	2459 ± 397 a	2459 ± 712 a
2019/7.	3332 ± 504 a	3018 ± 387 a	2449 ± 386 a	3061 ± 312 b

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

Table 4. Chlorophyll content values

A jégghálóval fedett és a jéggháló nélküli állományok lombozatának karotinoid tartalma ($563 \pm 47,6 \mu\text{g/g}$ és $483 \pm 62,7 \mu\text{g/g}$) között 16%-os, szignifikáns ($p=0,004$) eltérés volt megfigyelhető. Az 'Earligold' esetén a különbség szintén szignifikáns volt ($p=0,026$). A karotinoid tartalom mennyisége a klorofill értékekhez hasonlóan alakult, 18%-kal magasabb volt a jéggháló alatti állományok lombozatában ($595 \pm 70,3 \mu\text{g/g}$) a jéggháló nélküli egyedek lombozatának karotinoid tartalmához ($506 \pm 73,717 \mu\text{g/g}$) képest. A jégghálóval védett 'Golden Reinders' egyedek lombozatának $533 \pm 49,2 \mu\text{g/g}$ karotin tartalma szignifikánsan ($p=0,009$), 16%-kal volt magasabb, mint a jéggháló nélküli egyedek $459 \pm 65,01 \mu\text{g/g}$ -os karotinoid tartalma. Minden mérési időpontban magasabb karotinoid tartalom volt detektálható mindkét fajta esetén. Az 'Earligold' esetében, az eltérés 40%-ban, míg 'Golden Reinders' esetében az eltérés 36%-ban volt szignifikáns (5. táblázat).

5. táblázat. Karotinoid tartalom értékek

	Earligold		Golden Reinders	
	Jégghálóval védett	Jégghálóval nem védett	Jégghálóval védett	Jégghálóval nem védett
2016/1.	591 ± 37,2 a	408 ± 86,6 b	481 ± 121,3 a	397 ± 52,2 a
2016/5.	655 ± 76,1 a	410 ± 75,1 a	551 ± 126,2 a	368 ± 103,9 b
2016/10.	502 ± 58,8 a	465 ± 97,4 a	571 ± 72,6 a	420 ± 55,5 b
2016/14.	462 ± 47,7 a	439 ± 83,01 a	476 ± 73,1 a	385 ± 118, 3 a
2019/1.	-	-	560 ± 88,7 a	532 ± 92,5 a
2019/2.	553 ± 95,3 a	551 ± 97,9 a	491 ± 53,5 a	448 ± 86,3 a
2019/3.	686 ± 99,7 a	553 ± 95,3 b	561 ± 56,1 a	490 ± 84,6 b
2019/4.	625 ± 98,3 a	524 ± 102,1 b	593 ± 91,2 a	574 ± 42,4 a
2019/5.	645 ± 68,7 a	630 ± 108,2 a	551 ± 72,4 a	518 ± 72,4 a
2019/6.	618 ± 51,4 a	570 ± 87,2 a	448 ± 119,8 a	447 ± 91,4 a
2019/7.	615 ± 110,2 a	506 ± 89,1 b	580 ± 49,4 a	467 ± 89,9 b

azonos betűindexekkel jelölt sokaságok között statisztikai eltérés nincs ($p > 0,05$)

Table 5. Carotenoid content values

Megvitatás

A talajnedvesség térbeli heterogenitása a terület talajának homogenitása és a mikroöntözés miatt elenyésző volt, így annak a mérési eredményekre gyakorolt hatása elhanyagolható. A jéggháló alkalmazása hatással van a mikroklímára, mivel alacsonyabb hőmérséklet és magasabb relatív páratartalom értékeket mértünk a jéggháló alatti állományokban, amelyek első sorban befolyásolták az állomány vízháztartásának az alakulását. Kapott eredményeinkkel összefüggésben Rigden (2008) majd Middleton és McWaters (2002) is megállapították, hogy aszályos időszakban a jéggháló alkalmazása megnövelte a relatív páratartalom alakulását 10-15%-kal Ausztráliában. Ezzel összefüggésben Mahmood et al. (2018) eredményeinkhez hasonlóan alátámasztották a relatív páratartalom növekedését fekete jéggháló alatt, bár ők a méréseinkhez képest közel háromszor

magasabb, 9,1%-os növekedést tapasztaltak. Ugyanakkor a kutatásaik alapján a jégáló harmad akkora hatást gyakorolt a levegő hőmérsékletére, a jelen kutatáshoz képest.

A termográfiai adatok eredményei alapján a jégálónak a lombzat hőmérsékletére gyakorolt pozitív hatására lehet következtetni, amely az almafák számára kedvezőbb stressz állapotot tükrözi. Az eredményeinkkel összhangban Giuliani et al. (2001) kutatásai alapján a vízstressz meghatározására alma ültetvények esetében a termográfiai adatok megoldást jelenthetnek. Az eredményeink alapján az átlagos eltérés mértéke 2-4 °C, ugyanakkor más klimatikus körülmények között a jégálóval nem védett alma állományok lombzat hőmérséklete 4-6 °C-kal magasabb is lehet a jégálósokhoz képest (Middleton és McWaters 2002).

A vízpotenciál értékek alapján mind a két vizsgált fajta esetében szignifikáns hatással volt a jégáló a gyümölcsös vízforgalmára. A lombzat vízpotenciálja érzékeny mérőszám a vízforgalom monitorozására, amelyet Bhusal et al. (2019) 'Fuji' és 'Hongro' alma állományokban, míg Boini et al. (2018) 'Imperial' fajtájú almásban végzett kutatásai is alátámasztanak. Összhangban az eredményeinkkel, Alarcon et al. (2006) és Nicolás et al. (2008) a jégáló gyümölcsös lombzat vízpotenciáljára gyakorolt pozitív hatásait is bizonyították.

A vizsgált paraméterek alapján megfigyelhető, hogy a jégálóval fedett lombzatban alacsonyabb szárazanyag tartalom mérhető, amely a kedvezőbb növényi vízellátottságra utalhat. Ezt támasztja alá Egilla et al. (2005) tanulmánya, amelyben megállapították, hogy a szárazságnak kitett Kínai-hibiszkuszvirág levelének víztartalma alacsonyabb volt, azaz magasabb szárazanyag tartalommal bírt. Emellett lombzat szárazanyag tartalma fontos változóként szerepel az összehasonlító növényökológiában, mivel szoros kapcsolatban áll a növények növekedési ütemével és a szén-asszimilációval (Wilson et al. 1999) és a levél fotoszintézissével (Shiplely és Vu 2001), amelyeket a hőstressz és a vízhiány is befolyásol.

Nemeskéri (2011) alapján a klorofilltartalom alkalmas lehet szabadföldi körülmények között a víz-stressz kimutatására. A vízhiány mellett a magas hőmérséklet is hozzájárul a pigmentek degradációjához és csökkenti a fotoszintetikus aktivitást (Yildiz és Terzi 2007). Yıldiz és Terzi (2007) eredményeivel összhangban jégálóval nem fedett állományokban a magasabb levegőhőmérséklet hatására alacsonyabb klorofill tartalmat mértünk, amely a jégálós állományokhoz képest jelentősebb hőstressznek az eredménye. A jégáló csökkenti a hőstresszt azáltal, hogy lombzat hőmérséklet közelebb kerül a növények fotoszintézisének hőmérsékleti optimumához (Raveh et al. 2003).

Az eredmények alapján a jégáló a mikroklimatikus feltételeken keresztül kedvező hatással van az 'Earligold' és 'Golden Reinders' almaültetvények vízforgalmára és pigment tartalom alakulására, részben ellensúlyozva a nyári hő és aszály stressz okozta negatív hatásokat. Az eredményeket összefoglalva az is kijelenthető, hogy az összes paraméter alapján a két fajta közül a 'Golden Reinders' az, amelynek vízforgalmát leginkább befolyásolja a jégáló által biztosított mikroklíma.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében.

Irodalomjegyzék

1. Alarcon, J.J., Ortuno, M.F., Nicolas, E., Navarro, A. and Torrecillas, A. 2006. Improving water-use efficiency of young lemon trees by shading with aluminised-plastic nets. *Agric. Water Manag.* 82: 387-398.
2. Anda, A. and Ligetvári, F. 1991. Infrared thermometry in scheduling irrigation. *ICID Proceedings*, Beijing, China, I-B: 21, I-220.
3. Apáti F. 2012. Gyümölcstünetvények fagy- és jégvédelmének technológiai lehetőségei és gazdasági megfontolásai. 227.
4. Bhusal, N., Han, S.G. and Yoon, T.M. 2019. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 246: 535-543.
5. Boini, A., Lopez, G., Morandi, B., Manfrini, L. and Corelli-Grappadelli, L. 2018. Testing the effect of different light environments and water shortage on apple physiological parameters and yield. *Acta Hort.* 1228.
6. Bosco, L.C., Bergamaschi, H., Cardoso, L.S., de Paula, V.A., Marodin, G.A.B. and Nachtigall, G.R. 2015. Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in Southern Brazil. *Int. J. Biometeorol.* 59: 773-782.
7. Boyer, J.S. 1967. Leaf water potentials measured with a pressure chamber. *Plant Physiology*, 42: 133-137.
8. Böcs, A., Pék, Z., Helyes, L., Neményi, A. and Komjáthy, L. 2009. Effect of water supply on canopy temperature and yield of processing tomato. *Cereal Research Communications*, 37(S): 113-116.
9. Castellano, S., Hemming, S. and Russo, G. 2008. The influence of color on radiometric performances of agricultural nets. *Acta Hort.* 801: 227-236.
10. Droppa, M., Erdei, S., Horváth, G., Kissimom, J., Mészáros, A., Szalai, J. and Kosáry, J. 2003. Növénybiokémiai és élettani gyakorlatok. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államgazgatási Egyetem, Budapest, 88.
11. Egilla, J., Davies, T.F. and Boutton, T. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations. *Photosynthetica*, 43(1): 135-140.
12. Fulton, A., Grant, J., Buchner, R. and Conell, J. 2014. Using the pressure chamber for irrigation management in walnut, Almond and Prune (ANR Publication 8503 University of California), 1-27.
13. Giaccone, M., Forlani, M. and Basile, B. 2012. Tree vigor, fruit yield and quality of nectarine trees grown under red photo-selective anti-hail nets in southern Italy. *Acta Hort.* 962: 287-293.
14. Gindaba, J. and Wand, S.J.E. 2005. Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film and shade net on sunburn and fruit quality in apples. *HortSci.* 40: 592-596.
15. Giuliani, R., Magnanini, E. and Flore, J.A. 2001. Potential use of infrared thermometry for the detection of water deficit in apple and peach orchards. In: Palmer, J.W., Wünsche, J.N.(Eds.), *ActaHort.* 557: 399-405.
16. Glenn, D.M., Worthington, J.W., Welker, W.V. and McFarland, M.J. 1989. Estimation of peach tree water use using infrared thermometry. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114: 737-741.
17. Gonda I. és Csihon Á. 2018. A gyümölcstermesztés alapjai. Debreceni Egyetemi Kiadó. 199.
18. Gonzalez-Dugo, M.P., Moran, M.S., Mateos, L. and Bryant, R. 2006. Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity. *Irrig. Sci.* 24: 233-240.
19. Helyes L., Dimény J. és Varga G. 2005. Az öntözés tervezése a lombfelszín-hőmérséklet alapján (Scheduling of irrigation with canopy temperature). *Növénytermelés*, 54: 341-350.
20. Iglesias, J. and Alegre, S. 2006. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. *J. App. Hort.* 8: 91-100.
21. Jones, H.G. 1999. Use of infrared thermometry for estimation of stomatalconductance as a possible aid to irrigation scheduling. *Agric. Forest. Meteorol.* 95: 139-140.

22. Jones, H.G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *J. Exp. Bot.* 55: 2427-2436.
23. Jones, H.G. and Vaughan, R.A. 2010. Remote sensing of vegetation. Principles, Techniques, and Applications, 384.
24. Lakatos, L., Gonda, I., Soltész, M., Szabó, Z., Szél, J. and Nyéki, J. 2011. Effects of excessive weather on the micro-climate of apple plantations under the hail protection nets. *International Journal of Horticultural Science*, 17(4-5): 81-85.
25. Lantos, F., Pék, Z., Tanács, L. and Helyes, L. 2013. The effect of temperature change on leaf surface temperature of plants in sweet pepper forcing. *Review on Agriculture and Rural Development*, 2: 2063-4803.
26. Lichtenthaler, H.K. and Wellbum, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem Soc Trans.* 603: 591-592.
27. Mahmood, A., Hu, Y., Tanny, J. and Asante, E.A. 2018. Effects of shading and insect-proof screens on crop microclimate and production: A review of recent advances. *Scientia Horticulturae*, 241: 241-251.
28. Manja, K. and Aoun, M. 2019. The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: A review. *Scientia Horticulturae*, 246: 110-122.
29. Mditshwa, A., Magwazaa, L.S. and Tesfaya, S.Z. 2019. Shade netting on subtropical fruit: Effect on environmental conditions, tree physiology and fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 256(9): 108556.
30. Mendiburu, F. 2019. agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-0. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
31. Middleton, S. and McWaters, A. 2002. Hail netting of apple orchards. Australian experience. *Com. Fruit Tree*, 35: 51-55.
32. Mupambi, G., Anthony, B.M., Layne, D.R., Musacchi, S., Serra, S., Schmidt, T. and Kalcsits, A. 2018. The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: a review. *Sci. Hortic.* 236: 60-72.
33. Nagy, A., Fórián, T., Tamás, J., Szabó, Z. and Soltész, M. 2011. Monitoring of water regime in an apple orchard, *International Journal of Horticultural Science*, 17(1-2): 29-32.
34. Nagy A. 2014. Spektrális vizsgálati módszerek aszály és stressz monitorozásában, öntözéstervezésben. Debreceni Egyetem, Debrecen. TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-20120001. 5-27.
35. Nagy, A. 2015. Thermographic evaluation of water stress in an apple orchard. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 2: 2210-2215.
36. Nemeskéri E. 2011. Növényi morfológia szerepe az alma vízkészlet-gazdálkodásában. In: Tamás J. (szerk.) *Almaültetvények vízkészlet-gazdálkodása*, Debreceni Egyetem, AGTC, Kutatási Fejlesztési Intézet, Kecskeméti Főiskola, Kertészeti Főiskolai Kar, 49: 61-76.
37. Nemeskéri, E. and Helyes, L. 2019. Physiological responses of selected vegetable crop species to water stress. *Agronomy*, 2019(9): 447.
38. Nemeskéri, E., Sárdi, É., Kovács-Nagy, E., Stefanovits Bányai, É., Nyéki, J. and Szabó, T. 2009. Studies on the drought responses of apple trees (*Malus domestica* Borkh.) grafted on different rootstocks. *Int. J. Hortic. Sci.* 15(1-2): 29-36.
39. Nemeskéri, E., Sárdi, É., Szabó, T. and Nyéki, J. 2010. Ecological drought resistance and adaptability of apple varieties. *International Journal of Horticultural Science*, 16(1): 113-122.
40. Nicolás, E., Barradas, V.L., Ortuño, M.F., Navarro, A., Torrecillas, A. and Alarcón, J.J. 2008. Environmental and stomatal control of transpiration, canopy conductance and decoupling coefficient in young lemon trees under shading net. *Environ. Exp. Bot.* 63: 200-206.
41. Raveh, E., Cohen, S., Raz, T., Yakir, D., Grava, A. and Goldschmidt, E.E. 2003. Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. *J. Exp. Bot.* 54(381): 365-373.
42. Rigden, P. 2008. To net or not to net. 3rd ed. The State of Queensland, Department of Primary Industries and Fisheries (Accessed 09 March 2017).

43. Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D. and Hemmingsen, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148: 339-346.
44. Shipley, B., Vu, T.T. 2001. Dry matter content as a measure of dry matter concentration in plants and their part. *New Phytologist*, 153(2): 359-364.
45. Szabó, V. 2016. Economics of hail protection net installation in super intensive apple orchards. *Agrártudományi Közlemények*, 2016/68. 5-35.
46. Teszlák P. 2008. A szárazságstressz ökofiziológiai hatásainak összehasonlító elemzése különböző borszőlőfajtáknál (*Vitis vinifera* L.) Doktori értekezés, 1-141.
47. U.S. Department of Agriculture <https://www.usda.gov/>
48. Wilson, P.J., Thompson, K.E.N. and Hodgson, J.G. 1999. Specific leaf area and leaf drymatter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytol.* 143(1): 155-162.
49. Yıldız, M. and Terzi, H. 2007. Bitkilerin yüksek sıcaklık stresine toleransının hücre canlılığı ve fotosentetik pigmentasyon testleri ile belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* 23(1-2): 47-60.

Water balance of an apple orchard under hail net

SZABÓ, A., TAMÁS, J., NAGY, A.

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,
Institute of Water and Environmental Management

E-mail: szabo.andrea@agr.unideb.hu

Summary

Apple production accounts for 60-65% of all fruit production in Hungary, as one of the most important areas of the fruit production sector. Due to the continental climate, extreme weather conditions can cause a significant problem in apple production, irrigation and hail nets are the most important solutions to decrease their effect. In addition to protection against hail damage, the hail net has a positive effect on microclimatic factors, its shading effect has a positive effect on the growth of fruit trees, and it reduces the risk of sunburn and transpiration. The aim of our research was to evaluate the effect of a hail net on the water supply of 'Earligold' and 'Golden Reinders' apple orchard, based on microclimatic factors, thermal imaging, water potential measurement, canopy dry matter content and pigment content studies. Statistical analyzes were performed in R software. The data collection was carried out on a weekly basis in July and August 2019 at the Horticultural Unit of Pallag, University of Debrecen. Based on our results, the air temperature under the hail net was 2.9% lower ($p = 0.150$) and the relative humidity was 3.2% higher ($p = 0.0001$). The data show that the foliage temperature under the hail net was 7.3% lower ($p = 0.006$), the water potential value of the foliage was 20.8% higher ($p = 0.399$), while the dry matter content of the leaves were 4.3% lower than in case of the orchards outside the hail net. Canopy chlorophyll concentration was 10.2% ($p = 0.066$) higher under hail-protection and carotenoid values were also higher (16%, $p = 0.004$). Results suggest the positive effect of a hail net on the

orchard water balance. Based on the data, the hail net has a favorable effect on the water balance of apple orchards by improving microclimatic conditions, partially offsetting the negative effects caused by summer heat and drought stress.

Keywords: hail net, Snygold (Earligold), Golden Reinders, water management, microclimatic factors, pigment content

Szerzők

Szabó Andrea (kapcsolattartó szerző) – PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Tamás János – DSc egyetemi tanár, Intézetvezető, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Nagy Attila – egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.