



## SZŐLŐFAJTÁK TRANSZSPIRÁCIÓJÁNAK MODELLEZÉSE TENYÉSZEDÉNYEKBEN

BAGLYAS FERENC<sup>1\*</sup>, HAJDU EDIT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Neumann János Egyetem, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Kecskemét  
e-mail: baglyas.ferenc@nje.hu, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3692-101X>

<sup>2</sup>MATE Szőlészeti és Borászati intézet, Kecskeméti Kutató Állomás  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7719-032X>

\*Levelező szerző/Corresponding author

Érkezett/Received: 2024.01.16. Átdolgozva/Revised: 2024.03.18. Elfogadva/Accepted: 2024.04.25.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Vízhiány esetén a növények sztóma-szabályozással igyekeznek megőrizni víztartalmukat. A múlt század 60-as éveinek végén, a különböző szőlő genotípusok közötti dehidratációs válaszok ellenőrzött módon történő értékelése céljából, a *Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet*, az *Agrometeorológiai Observatórium* és a *Központi Légtérfizikai Intézet* munkatársai tenyészedényes modellkísérletet dolgoztak ki. Az 1 cm<sup>2</sup> levélfelületre jutó vízleadás mennyisége alapján állapították meg a szőlőfajták vízigényét. A téma aktualitását az adta, hogy a hagyományos kis tőkeformájú fejművelést abban az időben váltotta fel a széles sorközű, gépesíthető magas művelésmód. A nagyobb tőkeforma és a megnövekedett termésmennyiség fokozzák a tőkék vízigényét. 2017. július-szeptember hónapokban 11 termesztésben elterjedt borszőlőfajtán megismételtük a modellkísérletet a *Neumann János Egyetem Kertészeti és Vidékfejlesztési Tanszékének* üvegházában. Ezzel részben tisztelegni szerettünk volna a modellkísérlet megtervezője, *Füri József* emlékének, másrészt az általuk vizsgált, ma már elavult, csemegeszőlő fajták helyett a termesztésben jelenleg elterjedt autochton-, világ-, és köztes (intra-, és interspecifikus) szőlőfajtákat kívántuk vizsgálni. Három hónapon keresztül, heti gyakorisággal mértük a szőlőfajták levelének 1 cm<sup>2</sup> levélfelületre jutó transzspirációját. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált fajták egy része 'vízpazarló' (*Rajnai rizling*, *Irsai Olivér*, *Sauvignon blanc*), másik része 'víztakarékos' (*Cserszegi fűszeres*, *Kadarka*, *Kövidinka*), néhány fajta transzspirációja a két kategória között (*Kékfrankos*, *Generosa*, *Cabernet sauvignon*) volt.

**Kulcsszavak:** vízhiány, transzspiráció, modellkísérlet, szőlőfajta vízigény



## BEVEZTÉS

A bolygónkra kiterjedő klímaváltozás hatásai nem kerülnek el a mezőgazdasági növényeket, így a szőlőt sem. Az elmúlt 30-40 év melegedése kedvező hatással volt a termés és a borok minőségére Európában, a 20. század közepe óta viszont nagyjából 50-100 km-rel északabbra tolódott Európában az ideális bortermő területek határa (Bowen, Bogdanoff, és Estergaard, 2004). A 21. század közepére további jelentős északi irányba való terjeszkedés prognosztizálható (Hoffmann, Hoppmann, és Hannes, 2007). Olyan területek is alkalmassá válnak borszőlő (*Vitis vinifera* L.) termesztésére, ahol korábban elképzelhetetlen volt, hogy jó minőségű, magas cukortartalmú borszőlő teremjen (pl. Észak-Németország, Baltikum, Svájc magasabb területei, de újabban Lengyelország, sőt a Benelux Államok és néhány skandináv állam is). Számolni kell az öntözés és a vízhiány problémájával, a fenológiai fázisok időpontjainak eltolódásával és a szélsőséges meteorológiai események gyakoribbá válásával. Az északi félteke borvidékein az elmúlt 50 évben a tenyészidőszak átlaghőmérséklete 1,6 °C-kal emelkedett, Európában pedig már közel 2 °C-os emelkedést mértek a tenyészidőszakban (április 1. – szeptember 30.) (Fraga, Garcia, Melheiro, és Santos, 2016; Mozell és Thach (2014). Az éghajlatváltozásnak egyaránt vannak negatív és pozitív hatásai. Negatív hatások közé sorolható a szélsőséges időjárási események (pl. aszályok, néhány óra alatt lehullott szélsőségesen nagy mennyiségű csapadék, egyre intenzívebb villámárvizek stb.) növekvő száma. Az éghajlat módosulásának már látható jelei vannak a növények tenyészidőszakának változásában is (Laget, Tondut, Deloire, és Kelly, 2008).

Az aszály különösen a homoki szőlőültetvényekben okoz gazdasági károkat, ahol gyenge a talaj vízmegtartó képessége. Példa erre a Kunsági borvidék és a Homokhátság. Itt az 1970-es évek óta 2-5 méterrel csökkent a talajvíz szintje, de van, ahol tíz méteres csökkenést is mértek (Pálfai, 1994).

A cikkben bemutatott modellkísérletünk célja az volt, hogy kontrollált körülmények között össze tudjuk hasonlítani különböző szőlőfajták transzspirációjának mértékét vízhiány esetén. Hajdu Edit szerzőtársunk személyesen ismerte Fűri Józsefet, a modell kidolgozóját, így minden részletében meg tudtuk azt valósítani. A modell előnye, hogy lehetővé teszi több szőlőfajta egyidejű „*in vitro*” vizsgálatát, viszont hosszas előkészítést és gondos kivitelezést kíván.

## IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Schultz (2000) szerint az európai szőlőtermő régiók éghajlatában várható változások megváltoztathatják a jelenleg termesztésben lévő szőlőfajták körét. A csapadék mennyiségének csökkenése és eloszlásának változása kedvezőtlenül érinti a legtöbb európai régiót. Megítélése szerint az UV-B sugárzás tovább fog emelkedni, és ez közvetlen hatással lesz a szőlő kémiai összetételére.

Blum (1996) szerint a szárazság-stressz a leggyakoribb abiotikus stressz, melyben együtt jelentkezik a vízhiány, a magas hőmérséklet és az alacsony páratartalom.

A szárazság-stressz hatására a sejtek növekedése leáll, a turgor csökken (sejtnedv bekoncentrálódik), a plazmamembrán megvastagszik, a sejtfal rugalmassága csökken. A sejtfal rigid



lesz, megvastagszik, a levek egy része lehull, a sztómák száma csökken, a kutikula megvastagszik (Tognetti, Raschi, és Jones, 2000).

Növényeknél a szárazság-stressz mértéke fenofázis függő pl. a szőlőnél a zöldbogyó növekedése a vízhiány szempontjából kritikus időszak, a fejlődő bogyó és a levél ugyanis konkurál az asszimilátumokért (Füri és Kozma, 1976). Ezzel egybevág Matthews és Anderson (1987) megállapítása, miszerint a vízhiány elsősorban a bogyónövekedés kezdeti szakaszában érezteti hatását, tehát ebben az időszakban fellépő vízdeficit nagyobb befolyást gyakorol a végleges bogyóméretre, mint a kései (érés) időszakban jelentkező vízhiány. Tapasztalatok szerint a virágzás és a kötődés időszaka alatt a talaj optimális víztartalma elősegíti a bogyó kötődését és sejtszerveződését (Chaves, Zarrouk, és Francisco, 2010).

Francia kutatók kimutatták, hogy a zsendülést követő vízhiány pozitívan hat a szőlő minőségére. Ez a hatás valószínűleg a vegetatív raktárok csökkenésének tulajdonítható, aminek következtében nő a termés raktározó kapacitása is (Hepner, Bravdo, Loinger, Cohen, és Tabacman, 1985).

A szárazság-stressz összetett jelenség, ugyanis a szárazság időpontja, időtartama, erőssége és más stresszorokkal való kombinálódása, egyaránt fontos szerepet töltenek be (Scholander, Bradstreet, Hemmingsen, és Hammel, 1965).

A szőlő gyökér-, és hajtásrendszere szintén fontosak a vízgazdálkodásban. A gyökér extenzív vagy intenzív szerkezete, vagyis a gyökérrendszer sűrűsége, a gyökerek elágazása, vastagsága, növekedési erélye, a hajtásrendszer esetében a levélfonák szörképletei, a sztómák száma, mérete, elhelyezkedése a vízgazdálkodásban meghatározó jelentőséggel bírnak (Lovisolo, Perrone, és Carra, 2010).

A fokozatosan növekvő vízhiány számos metabolikus folyamat megváltozását vonja maga után, melyek a vízhiány erősségétől függően következnek be. Az enyhe vízhiány hatására bekövetkező válaszreakciók közé tartozik a sejt-expanzió mérséklődése, a fehérjeszintézis csökkenése, a sztómaellenállás növekedésével párhuzamosan pedig csökken a szénasszimiláció (Tardieu és Simonneau, 1998). A *Shiraz* szőlőfajta a válaszreakciói segítségével aktív módon mérsékli a vízvesztéséget, míg a *Grénače* az alkalmazkodóképesség teljes hiányát mutatja, passzívan viselkedik. Az első esetben a növény a vízvesztéséget korlátozó szabályozó mechanizmusoknak köszönhetően alacsony produktív mutatókkal rendelkezik, ami egyben a talajban elérhető víz tartalékolásával jár együtt. Vannak növények, melyek kisebb ellenállást tanúsítanak a víznek a talajból a légtérbe jutásakor, ezzel gyorsan kimerítve a talaj hasznosítható vízkészleteit (Soar, Speirs, Maffei, Penrose, McCarthy, és Loveys, 2006). A sztómák nyitottságát számos tényező befolyásolhatja. Enyhe szárazság-stressz esetén, a talajban fokozatosan fellépő vízhiány következtében, a szőlő gyökerei szignál molekulákat (abszcizinsav = ABA) kezdenek termelni (Pantin, Monnet, és Jannaud, 2013).

Az erős vízhiánynak kitett szőlőnövénnyek érzékenyebben reagálnak a levegő páratartalmának csökkenésére. A *Grénače* fajta levélmintáiban nagyobb ABA koncentrációt lehetett kimutatni, mint a *Shiraz* leveleiben, az ABA molekulák azonban nem a gyökérben szintetizálódtak, hanem zeaxanthin és violaxanthin intermediereken keresztül a levelekben (Schultz, 1996).

A szőlő esetében általánosságban elmondható, hogy a vízhiány következtében bekövetkezett sztómakonduktancia-változás szoros összefüggést mutat a fotoszintézis legfontosabb



részfolyamataival (aktuális nettó CO<sub>2</sub> fixálás, telítési fényintenzitáson mért maximális nettó CO<sub>2</sub> fixálás, fotoszintetikus elektrontranszport, Rubisco aktivitás (Boyer, Wong, és Farquhar, 1997).

Az izohidrikus tulajdonságokat mutató szőlőfajták a sztómaregulációnak, a levélnyelekben és a hajtásokban kialakuló embolizmusoknak, valamint a levelekben szintetizálódó abszcizinsavnak köszönhetően fejtik ki pozitív hatásukat. Ezeknek a fajtáknak/fajoknak egyúttal magas a vízhasznosítási együtthatójuk is (Tardieu és Simonneau, 1998).

A hajnali vízpotenciál mérések eredményei közvetlenül mutatják a talaj nedvességtartalmát/vízpotenciálját. Az éjszaka folyamán a fényhiány következtében a légcserenyílások bezáródnak, és az intenzív transzspiráció minimálisra csökken. A növény fokozatosan „feltöltődik” vízzel olyan szintig, hogy a növény és a talaj vízpotenciálja kiegyenlítődjön (Jones, 2007).

A levelek lehullása a növények egyik leghatásosabb stratégiája vízhiány esetén. Először az idős levelek hullanak le, mert ezek kutikulája vékonyabb (még optimális vízellátottságkor alakult ki). A lombhullás miatt a gyökerekhez több glükóz jut, a gyökércsúcs növekedni kezd, a gyökér igyekszik mélyebbre hatolni. A gyökérnövekedést gátolja a szőlő fűrtermés, mert konkurál a gyökérrel az asszimilátumokért (Taiz és Zeiger, 2003).

Vízhiány esetén, a szárazanyag tartalom minőségi elemzésekor, különbségek mutatkoztak a sejtstruktúra felépítésében szerepet játszó oldható szénhidrátok mennyiségi változásában is. Az oldható szénhidrátok koncentrációja közel 30%-kal csökkent a vízhiány következtében, az egységnyi levélfelületre vonatkoztatott szárazanyag koncentráció viszont növekedett. Ez a jelenség sejtfalba beépülő strukturszénhidrátok mennyiségének emelkedésével magyarázható (Williams és Grimes, 1987).

Tesztlák, Gaál, Kocsis, és Csikasz-Krizsics (2014) a *Pinot noir*, *Sauvignon blanc*, *Furmint* és *Cabernet sauvignon* szőlőfajták levél vízpotenciálját, gázcseréjét vizsgálta szabadföldi körülmények között, a talajnedvesség folyamatos monitorozása mellett. Úgy találták, hogy a legnagyobb fokú ozmotikus szabályozóképességgel a *Pinot noir* fajta rendelkezik.

Bota, Flexas, és Medrano (2001) Mallorca szigetén 20, a *Vitis vinifera L.* fajhoz tartozó, szőlőfajta fotoszintézisét vizsgálták öntözött és öntözetlen viszonyok között. A szőlőfajtákat „vészjelző” (alarmist) és a pazarló (luxurious) fő csoportba sorolták.

Zsófi, Tóth, Rusjan, és Bálo (2011) vízpotenciál, nyomás–térfogat görbék, gázcsere, klorofill a fluoreszcencia, hőstabilitás és pigmenttartalom meghatározási módszerekkel két termőhelyen, különböző évjáratokban vizsgálták a *Kékfrankos* szőlőfajta vízháztartását. Megállapították, hogy a vizsgált körülmények között a *Kékfrankos* többnyire izohidrikus módon viselkedik, tehát viszonylag stabilan tartja a levelek vízállapotát a talaj változó vízellátottsága mellett.

Schultz (1996), a szőlőfajtákat két csoportra osztja a szárazságot elkerülő (avoider) és szárazságot tűrő (tolerant) fajtákra. A *Grenache* és *Syrah* vízhiány következtében fellépő turgorcsökkenését vizsgálva arra a következtetésre jutott, hogy a *Syrah* fajta esetében még alacsonyabb vízmennyiségnél sem csökkent le annyira a turgor, mint a *Grenache* fajtánál. Ez lehetővé teszi, hogy a *Syrah* fajtánál alacsonyabb vízpotenciál esetén is nyitva maradjanak a sztómák és jobban fel tudja használni a talaj vízkészletét.



Lamarque et al (2023) 30 szőlőfajta xylém kavitációját vizsgálták vízhiány esetén. A leginkább ellenálló fajtáknak az *S.O.4. alany*, *Pinot noir*, *110 Richter alany*, *Cabernet sauvignon*, *Merlot* bizonyultak.

Copper, Koundouras, Bastian, Johnson, és Collins (2022) a ciprusi szárazságtűrő *Xynisteri* és a *Maratheftiko* szőlőfajta levélnyelének vízpotenciálját a *Shiraz* és a *Sauvignon blanc* fajtákénál magasabbnak találták. A *Xynisteri* fajta sztóma-vezetőképessége és klorofiltartalma magasabb volt a *Maratheftiko* fajtánál, viszont mindkét ciprusi szőlőfajtánál ezek az értékek magasabban alakultak, mint a *Sauvignon blanc* és a *Shiraz* fajták esetében.

Levin (2019) nyomáskamra segítségével követte a szőlő szárazságstressz szintjét. A jól öntözött és vízhiányos szőlőtőkék között sok átmeneti fokozat létezik. A nyomáskamra lehetővé teszi, hogy pontosan figyelemmel kísérhessük a szőlő igényeinek legmegfelelőbb vízellátottságot.

Kovács, Puskás, Hajdu, és Kozma (2020) szerint a fajták vízháztartásuk alapján nagyon különböznek egymástól. Vannak vizes pazarló (szárazságra érzékeny) fajták pl. *Bianca*, *Ezerfürtű*, *Hárslevelű*, *Müller-Thurgau*, *Rajnai rizling* és jó vízhasznosítású (szárazságtűrő) fajták pl. *Cabernet sauvignon*, *Glória Hungariae*, *Irsai Olivér*, *Kadarka*, *Karát*, *Kövidinka*, *Zengő*.

Csepregi és Zilai (1988) szerint a *Bianca*, *Cserszegi fűszeres* és *Rajnai rizling* fajták vízigényesek, a *Cabernet sauvignon*, *Irsai Olivér*, *Kadarka*, *Kövidinka* és *Sauvignon blanc* fajták viszont jól hasznosítják a vizet. Ezek a megállapítások empirikus megfigyeléseken alapulnak.

Barrios-Masias, Knipfer, és McElrone (2015) szerint az oltványok kedvezőbb vízgazdálkodása (extenzív, mélyebb gyökérszét) egyik megoldása lehet a kedvezőtlen klimatikus változások kivédésének.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkhoz a Kunsági borvidék legelterjedtebb és terjedőben lévő szőlőfajtaikat használtuk fel, így a legnagyobb területen termesztett *Bianca*, *Cserszegi fűszeres*, *Kékfrankos* fajtákat, az egyre nagyobb területen telepített *Generosa* és *Irsai Olivér* fajtákat, a hagyományos termesztésben korábban elterjedt, köztudottan homok-, és szárazságtűrő *Kadarkát* és *Kövidinkát*, továbbá néhány világfajtát, mint a *Chardonnay*, *Cabernet sauvignon*, *Sauvignon blanc* és a *Rajnai rizling*.

## A KÍSÉRLET LEÍRÁSA

A dugványvesszőket 2016 őszén a NAIK Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet Kecskeméti Állomásán (Katonatelepen) található fajtakísérleti szőlőültetvényből gyűjtöttük be és a dugványozás megkezdéséig hermetikusan zárt fólia zsákban 0-3°C-on tároltuk. A kísérletet Kecskeméten, a Neumann János Egyetem Kertészeti és Vidékfejlesztési Tanszék üvegházában, Raschel hálós árnyékolás mellett állítottuk be. A két-három rügyre vágott dugványokat 2017. március közepén kezdtük el gyökereztetni, talpalás és 48 órás hideg vizes áztatás után. A gyökereztetést fekete kertészeti műanyag konténerekbe töltött P1-es perlitben végeztük. A dugványok 10 hét alatt gyökeresedtek meg (2017. május végére). A fűtött üvegházban a többéves konténeres szaporítóanyag nevelési tapasztalataink alapján gyökereztetjük a dugványokat. A hőmérséklet függvényében március közepén szükséges megkezdeni a gyökereztetést. Ez a járulékos



gyökérbésozódés éves endogén ritmusához igazodik. Az 1. ábrán begyökeresedett dugványok láthatók.



1. ábra Konténerben gyökereztetett szőlődugvány  
Figure 1 A vine cutting rooted in a container

K: konténer, SZ: gyökeres szőlő dugvány

K: container, SZ: rooted grape cutting

A vízfogyasztási kísérlethez 800 ml űrtartalmú üvegedényeket (ún. KGST befőttes üveget) használtunk, melyeket kertészeti P1-es perlittel töltöttünk meg. Korábbi gyökereztetési tapasztalataink alapján a perlitet tartjuk a legalkalmasabb gyökereztető közegeknek, mert könnyen kezelhető, tiszta, és a gyökerekről, a tőzeggel ellentétben, jól lemosható. Mivel a perlit víztartó képessége rosszabb, a közeg gyors kiszáradását a konténer tetejére szórt tőzeggel ellensúlyoztuk. A tőzegalap rendszeres kis mennyiségű vízzel való öntözése segített fenntartani a perlit gyökereztető közeg optimális víztartalmát.

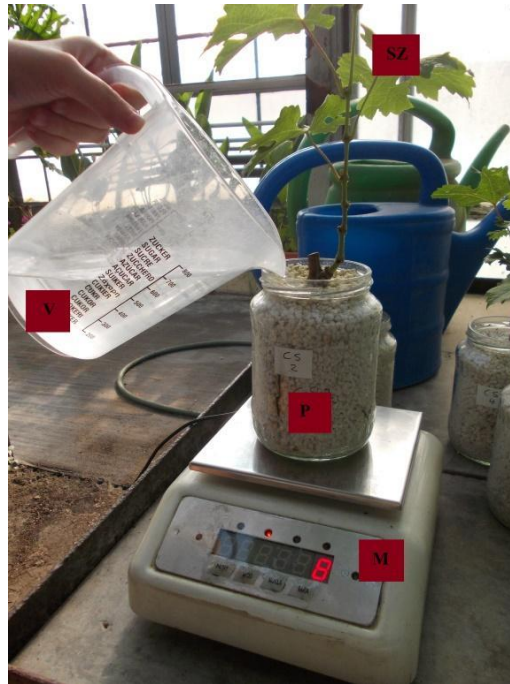
A 2. ábrán 10 darab, egyöntetű fejlettségű, gyökeres szőlődugvány látható.



2. ábra Gyökeres dugványok beültetés előtt  
Figure 2 Rooted cuttings before planting

Beültetés előtt a gyökeres dugványok és az üres üvegek tömegét digitális mérleggel, gramm pontossággal lemértük. Beültetéskor a gyökerekre 53 gramm tömegű, száraz perlitet szórtunk. Az üveg szintjéig töltött perlitre 400 ml vizet öntöttünk, ami megfelelt a vízkapacitás 70%-ának. A kísérlet beállításának menetét a 3. ábra szemlélteti.

Kiszámítottuk a szaporítóanyaggal beültetett tenyészedeény összsúlyát (üveg + perlit + dugvány + víz). Két hetet vártunk, hogy az edényekbe beültetett dugványok gyökerei át tudják szőni a perlitet. Ekkor az üveg belső falán megjelentek az új gyökerek. Ez alatt az idő alatt a víz egy része a perlitből és a leveleken keresztül eltávozott, amit szükséges volt visszapótolni. Víz rátöltésével beállítottuk a kiindulási tenyészedeény súlyát. Ezt követően újra lemértük az edények aktuális tömegét, majd az evaporáció kizárása érdekében a perlittel feltöltött edények tetejére olvadt méhviaszt öntöttünk, mert minden más záró anyagnál (pl. fólia) légmentesebben zárta le a tenyészedeényeket. Az olvadt paraffin egy része beivódott a perlitbe, ezért másnap ellenőrizni kellett a viaszkalap záródását, vastagságát és szükség esetén újra felültöltöttük olvadt méhviasszal. A hajtások 3-4 levélre történő visszakurtítása után kialakult a végső tömeg, amihez az első mérés tömegét viszonyítottuk.



3. ábra A kísérlet beállítása  
Figure 3 Setting of the experiment

M: mérleg, P: perlit, V: víz, SZ: gyökeres szőlődugvány  
M: weight, P: perlite, V: water, SZ: rooted grape cutting

A 4. ábra a méhviasszal lezárt tenyészedényeket mutatja. Egy sorba egy fajta került, 10 ismétlésben.

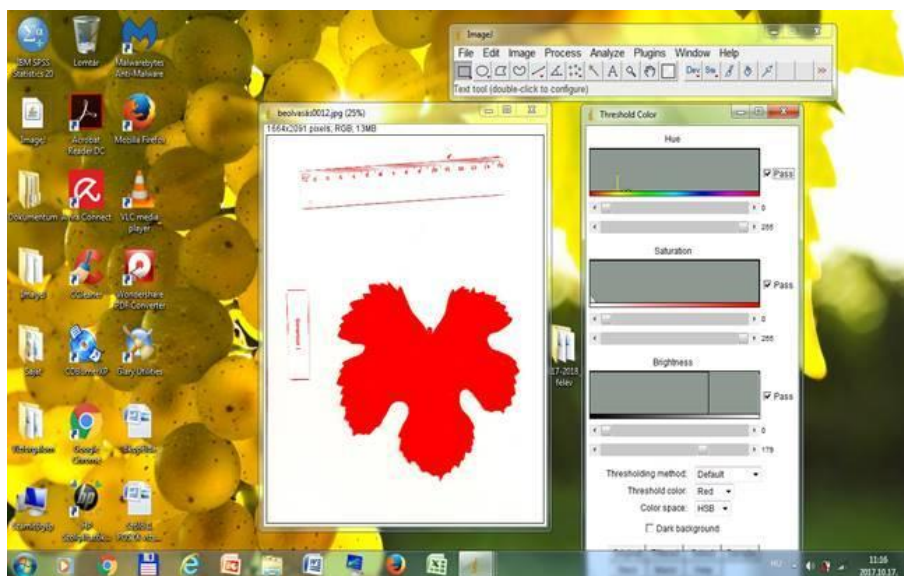




4. ábra Méhviasszal lezárt edények  
*Figure 4 Pots sealed with bee wax*

M: méhviasz, P: perlit, Ü: üveg, SZ: gyökeres szőlődugvány  
M: bee wax, P: perlite, Ü: pot, SZ: rooted grape cutting

Ezt követően lemértük a beültetett növények 3-4 levelének felületnagyságát. Erre azért volt szükség, hogy a transzspirációval leadott víz mennyiségét  $1 \text{ cm}^2$  levélfelületre vetíthessük. A leveles hajtásokat felülről digitális fényképezővel lefényképeztük. A levelek mellé elhelyeztünk egy vonalzót, hogy az ImageJ program méretarányosan ki tudja számítani a levélfelület nagyságát. Az 5. ábra az ImageJ számítógépes program által kiszámított levélfelület-nagyságát mutatja  $\text{cm}^2$ -ben (*ImageJ Wiki*).



5. ábra Az ImageJ programmal kiszámolt szőlőlevél felület (cm<sup>2</sup>)  
Figure 5 Grape leaf surface calculated with the ImageJ software (cm<sup>2</sup>)

Mivel kizártuk az evaporáció lehetőségét, a tenyészdedényekből a víz csak a dugványok levelein keresztül, transzspiráció útján (részben kutikuláris párolgással) tudott eltávozni. Minden alkalommal az előző méréskor lemért tenyészdedény tömegéből kivontuk az aktuálisan mért tenyészdedény tömegét. Így megkaptuk mennyi víz fogyott 1 hét alatt. A fogyást osztottuk a kiindulási levélfelülettel, így megkaptuk az 1 cm<sup>2</sup> levélfelületre eső, ún. transzspirációs vízfogyást. A kísérlet első 4-5- hete alatt a levélfelület nem, vagy csak kismértékben változott. Később a levelek egy része már elszáradt, vagy részben elszáradt, lehullott, fotoszintetikus aktivitásuk csökkent, néhány növény el is pusztult. Ezért csak ennek a kezdeti időszaknak a transzspirációs adatait vettük figyelembe a számításoknál. Szeptember 19-ig tovább mértük a tenyészdedények tömegét, de az említett okok miatt a transzspirációs adatok már nem adtak reális eredményt. A növények pusztulása és a gyökerek túlélésének vizsgálata szempontjából ugyanakkor hasznosnak bizonyult hosszabb ideig tenyészdedényekben tartani a növényeket. A kísérletet 2017. szeptember 26-án fejeztük be és értékeltük ki. Amikor a dugványokat kiszedtük a tenyészdedényekből, azt tapasztaltuk, hogy a perlit száraz volt, belőlük könnyen ki lehetett szedni a még élő vagy elpusztult gyökeres dugványokat. Vízzel letisztítottuk, majd megszikkasztottuk a gyökereket, hajtásrészeket és ezek tömegét lemértük. A mért adatokat kiértékeljük.

A 11 szőlőfajta 10-10 tenyészdedényét heti gyakorisággal, összesen 5 alkalommal mértük a kísérlet elején. A transzspirációs vízleadás üteme azt mutatja, hogy már 5 hét alatt is lényegesen csökkent a leadott víz mennyisége. A Jamovi Statistics 2.3.28.0 statisztikai program leíró statisztikai analízise fajtánként kiszámolta a 10 növény transzspirációs vízmennyiségeinek átlag- és középértékeit. A leíró statisztika mellett regresszió vizsgálatokat és varianciaanalízist is végeztünk.

A kísérlet ideje alatt hajnal 5.00 órakor mértük a levegő hőmérsékletét. Az irodalmi adatok azt mutatják, hogy a szárazságstressz mértékének egyik legmegbízhatóbb mutatója a hajnali vízpotenciál értéke (Flexas, Escalona, és Medrano, 1998).



A levegő hőmérsékletének és páratartalmának méréséhez a kar tulajdonában lévő automata LUFFT készülékét használtuk. A kísérlet indulásakor, kb. 10 napon keresztül, a hajnali levegő hőmérséklete viszonylag alacsony volt (14 °C körüli), melyet utána magasabb 20 °C körüli hőmérséklet követett. Ezt követően újból visszaesett a reggel 5.00 órakor mért hőmérséklet, majd egy enyhébb periódus következett. Július végén ismét 20 °C fölé kúszott a „hőmérő” higanyszála.

A levegő páratartalma ebben a napszakban 65% és 91% között változott, jellemzően 75% körül ingadozott.

A hőmérsékletet és a relatív páratartalmat nem tekintettük matematikai változóknak. A szőlőfajta volt az egyedüli független, a transzspiráció pedig az egyetlen függő változó. Természetesen a hőmérséklet és a páratartalom alapvetően fontos tényezői a transzspirációnak, ezek hatását azonban csak akkor lehetne figyelembe venni, ha a kísérletet többször megismételnénk. Ez 2018-ban és 2019-ben meg is történt. 2018-ban a rossz gyökeresdugvány-eredés miatt azonban nem kaptunk értékelhető eredményeket. Valószínű, hogy a vesszők biológiai értéke (szénhidrát tartalma és víztartalma) tároláskor csökkent a magasabb hőmérséklet és alacsonyabb páratartalom miatt. 2019-ben egy nagy vihar miatt víz folyt be az üvegházba és átázta a tenyészedenyeket.

## EREDMÉNYEK

A mérések során mért transzspiráció dinamikáját a Pearson-féle korrelációs mátrix segítségével vizsgáltuk. Az eredményeket az *1. táblázat* mutatja. A fajtáktól elvonatkoztatunk és csak az egymást követő mérések értékeinek változására voltunk kíváncsiak. A fajtákra lebontott összefüggéseket ezt követően egytényezős varianciaanalízis segítségével vizsgáltuk.

A táblázatból kiolvasható, hogy a korreláció az 1-2. mérés értékei között nagyon erős. A 2-3. mérések értékei között erős kapcsolat figyelhető meg. A 3-4. mérések esetében is 0,5 feletti a koefficiens értéke, ami erős kapcsolatra utal. Az 5. mérés a 4. méréssel együtt korrelál erősebben, a 3-as mérés eredményével azonban csak közepesen. Az 5. mérés korrelációs koefficiense nagyon kicsi, de negatív összefüggést mutat az 1-2. méréssel.

A táblázatban szereplő *p-értékek* alátámasztják a korrelációnál tapasztalt összefüggéseket. A korrelációs mátrix arra világít rá, hogy a transzspiráció exponenciálisan csökkent. Az első mérések eredményei közel azonosak, mert akkor kezdődött a transzspiráció csökkenése, míg az utolsó méréseknél a vízleadás mértékének csökkenése lelassult.

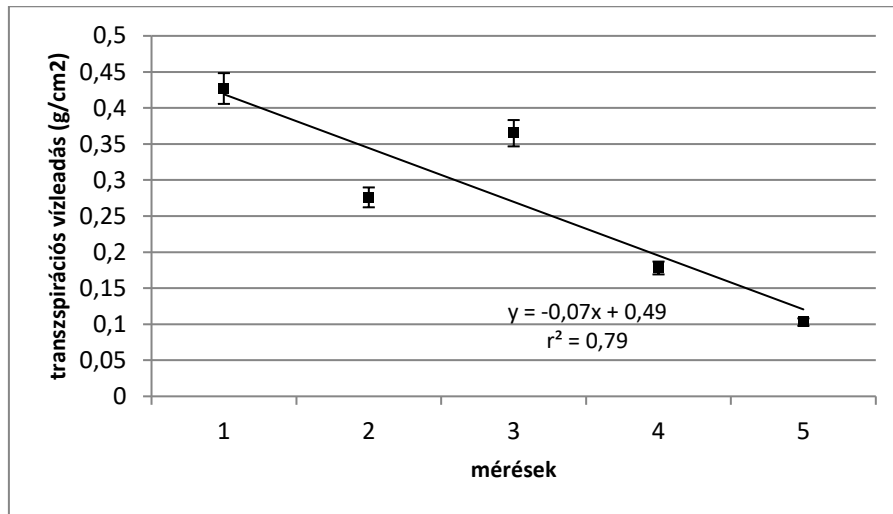
A vízleadás dinamikáját a *Chardonnay* és a *Kadarka* két fajtánál külön kiemeltük és a *6-7. ábrán* szemléltettük. A többi fajtánál terjedelmi okokból kifolyólag eltekintettünk ettől az ábrázolástól. A lineáris regressziós függvények meredeksége jelzi, hogy a transzspiráció mértéke mindkét fajtánál csökkenő mértékű a mérések során. A *Kadarka* fajta esetében kisebb a görbe meredeksége, azaz lassabb a vízleadás mértéke. A pontok illeszkedése a függvényhez erősnek tekinthető, ugyanis a determinációs együttható ( $r^2$ ) értéke 0,7 feletti.



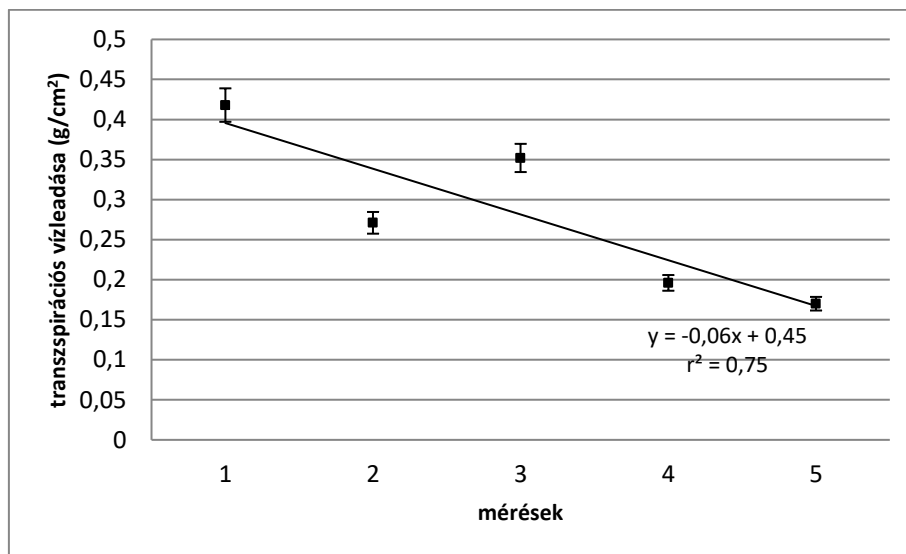
1. táblázat Az 5 mérési időben mért transzspiráció (g/cm<sup>2</sup>) korrelációs mátrixa  
Table 1 Correlation matrix of transpiration (g/cm<sup>2</sup>) in the 5 measurement dates

		Korrelációs mátrix				
		1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés
1. mérés	Pearson's r	—				
	df	—				
	p-érték	—				
2. mérés	Pearson's r	0,900	—			
	df	107	—			
	p-érték	< 0,001	—			
3. mérés	Pearson's r	0,566	0,674	—		
	df	107	107	—		
	p-érték	< 0,001	< 0,001	—		
4. mérés	Pearson's r	0,081	0,173	0,590	—	
	df	107	107	107	—	
	p-érték	0,404	0,071	< 0,001	—	
5. mérés	Pearson's r	-0,148	-0,080	0,379	0,797	—
	df	107	107	107	107	—
	p-érték	0,123	0,408	< 0,001	< 0,001	—

Megjegyzés \* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0,001



6. ábra Chardonnay szőlőfajta transzspirációja (g/cm<sup>2</sup>) az öt mérés során (n=5, SE<sub>mean</sub>, 5%)  
Figure 6 Transpiration (g/cm<sup>2</sup>) of Chardonnay grape variety in the five measurement dates (n=5, SE<sub>mean</sub>, 5%)



7. ábra A Kadarka szőlőfajta transzspirációja (g/cm<sup>2</sup>) a mérések során (n=5, SE<sub>mean</sub>, 5%)  
Figure 7 Transpiration (g/cm<sup>2</sup>) of Kadarka grape variety in the five measurement dates (n=5, SE<sub>mean</sub>, 5%)

A varianciaanalízis alkalmazásának alapfeltétele, hogy a mért értékek normális eloszlást mutassanak. Ezt 3 különböző teszttel igazoltuk a Jamovi Statistics 2.3.28.0 statisztikai program segítségével, mivel a  $p > 0,05$  a normalitást állító nullhipotézist megtartottuk. Kivételt jelentenek ez alól a 4-5. mérések, ahol ezek a feltételek nem teljesülnek, vagyis az adatok nem normális eloszlást mutatnak.



A varianciák homogenitására vonatkozó feltételek csak a 2-3. mérésnél teljesültek ( $p < 0,05$ ). Így a normális eloszlás és a varianciák homogenitásának együttes feltételei csak a 2. és 3. mérés esetében igazolhatók.

2. táblázat Varianciaanalízis táblázat  
Table 2 ANOVA table

One-Way ANOVA (Welch's)				
	F	df1	df2	p
1. mérés	6,16	10	38,9	< 0,001
2. mérés	6.75	10	39.0	< 0,001
3. mérés	5.85	10	39,1	<0,001
4. mérés	5.79	10	38,9	< 0,001
5. mérés	6.53	10	38.0	< 0,001

A 2. táblázat szerint a varianciaanalízis  $H_0$  nullhipotézisét el kell vetni, a mérések közötti különbségek statisztikailag igazolhatók.

A Tukey-féle post hoc elemzés rámutat, hogy az összes fajtára vetítve az 5 mérési időpontban mért transzspiráció értékei zömmel nem különböznek szignifikánsan ( $p > 0,05$ ). Az elemzés nagy terjedelme miatt (az összes p-érték száma 275), a 3-4. táblázatokban csak a kisebb számban előforduló, statisztikailag igazolható különbségek, esetek kerülnek feltüntetésre ( $p < 0,05$ ). Ezt a \*\* jelzi, míg az indexben szereplő számok az egyes mérések számára utalnak. Az indexekben csak 1-4 számok fordulnak elő, vagyis az 5. mérésnél, más mérésekhez viszonyítva már nincs különbség az 1 cm<sup>2</sup>-levélfelületen leadott víz mennyiségét illetően. A mérések között legtöbbször az *Irsai Olivér*, *Rajnai rizling* és a *Sauvignon blanc* fajták vízleadása különbözik a többi fajta vízleadásától. A többi fajtához képest a *Chardonnay* és *Kadarka* transzspirációs vízleadása különbözik legkisebb mértékben.

Fontos hangsúlyozni, hogy csak a 2. és 3. mérések felelnek meg a normalitás és a homogenitás feltételeinek, ezért az értékelésből kiesnek az 1. és 4. mérések értékei, ezért a *Kövidinka* és a *Generosa* fajták eredményei nem vehetők figyelembe.

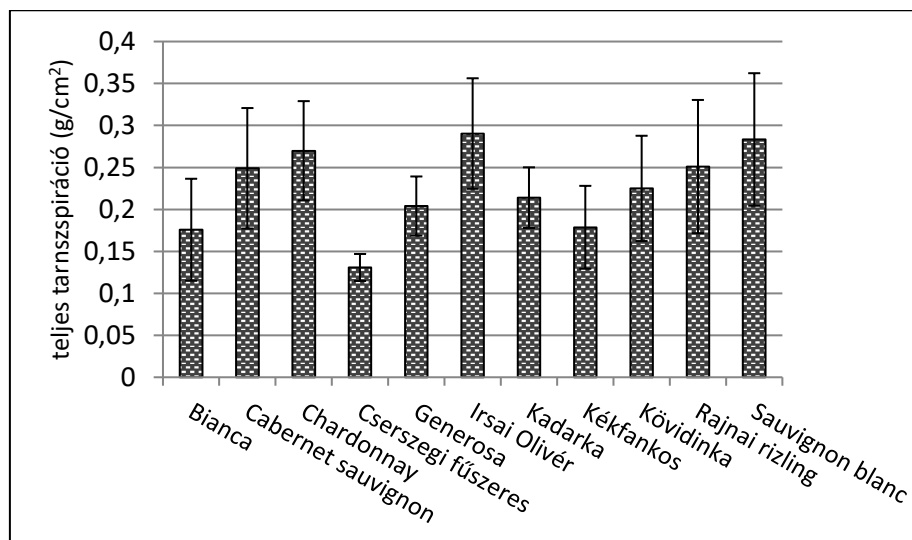


3. táblázat Tukey post hoc analízis ( $p < 0,05$  \*\*)  
Table 3 Tukey post hoc analysis ( $p < 0,05$  \*\*)

	Bianca	Cabernet s.	Chardonnay	Cserszegi f.	Generosa
Bianca	-		**3,4		**4
Cabernet s.		-		**1,2	
Chardonnay			-	**1,2	
Cserszegi f.				-	
Generosa					-
Irsai Olivér					
Kadarka					
Kékfrankos					
Kövidinka					
Rajnai rizling					
Sauvignon b.					

4. táblázat Tukey post hoc analízis ( $p < 0,05$  \*\*) folyt.  
Table 4 Tukey post hoc analysis ( $p < 0,05$  \*\*) cont.

	Irsai Olivér	Kadarka	Kékfrankos	Kövidinka	Rajnai r.	Sauv. blanc
Bianca	**3					**3
Cabernet s.						
Chardonnay			**4	**4	**4	
Cserszegi f.	**1,2,3				**1,2	**1,2,3
Generosa	**3					**1
Irsai Olivér	-	**3	**2,3,4			
Kadarka		-				
Kékfrankos			-		**2	**3
Kövidinka				-		
Rajnai rizling					-	
Sauvignon b.						-



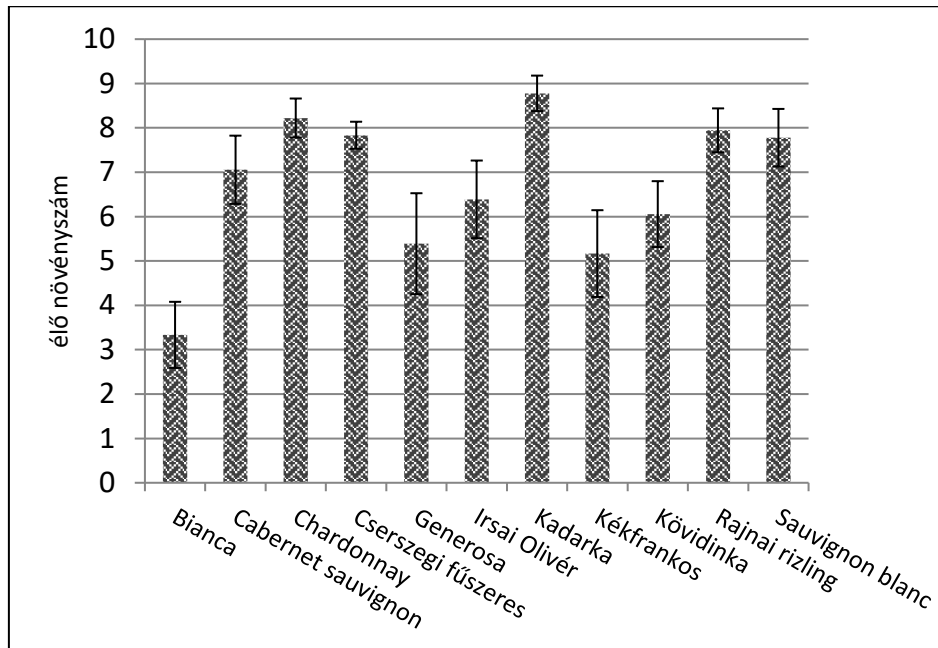
8. ábra A szőlőfajták összes transzspirációs vízleadása (g/cm<sup>2</sup>) az 5 mérés végén  
Figure 8 Total transpiration (g/cm<sup>2</sup>) at the end of the five measurements

A 8. ábra az egyes mérések medián értékeinek átlagát mutatja. A diagram azt szemlélteti, hogy a szőlőfajták közül melyek adták le a legnagyobb vízmennyiséget, vagyis hol volt legintenzívebb a transzspiráció. A standard hibásáv szélessége jelzi, hogy melyik fajtánál tértek el legnagyobb mértékben az 1. és 5. mérés között mért értékek. A *Irsai Olivér* és a *Sauvignon blanc* fajták adták le a legtöbb vizet a szőlőmáikon keresztül. A *Csereszegi fűszeres*, *Kékfrankos*, *Generosa* és *Kadarka* fajták víztakarékossá bizonyultak. A *Cabernet sauvignon*, *Rajnai rizling*, *Chardonnay* és *Kövidinka* vízleadása közepesnek tekinthető. A *Bianca* spórolt a vízkészletével, keveset párologtatott, szinte csak vegetált a mérések során. Később a fajta növényegyedei látványos pusztulásnak indultak. Ez a megfigyelés egybevág a szakirodalmi leírásokkal és a termesztési gyakorlattal is. A *Sauvignon blanc* nagyobb mértékű vízfogyasztása ellentmond a szakirodalomban leírtaknak. A fajta vízgazdálkodása azonban sokkal kedvezőbb képet mutat, ugyanis a nagy transzspirációs vízleadás ellenére a növények 77%-a életben maradt (9. ábra).

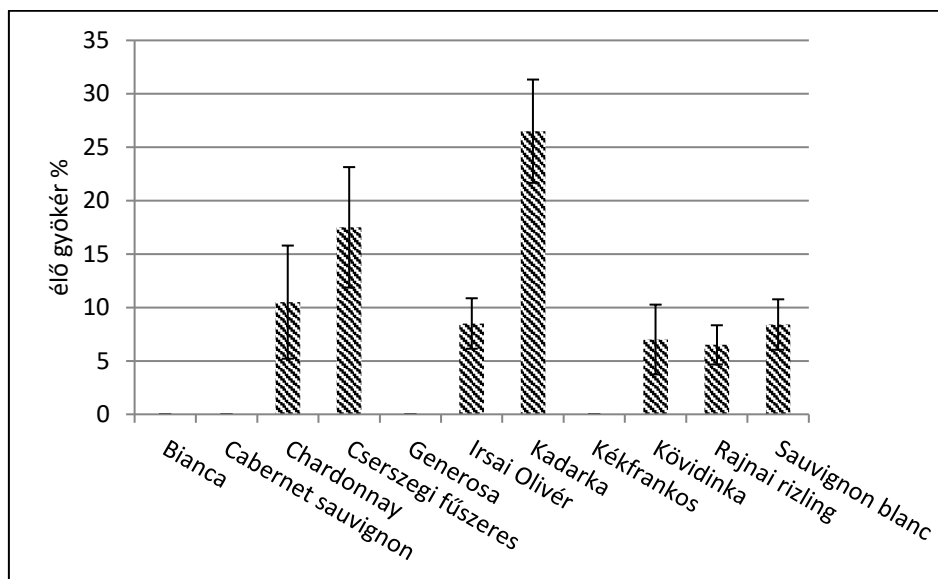
A vizsgált szőlőfajták vízhiányra adott reakcióját az is kifejezi, hogy 3 hónap alatt hány növény pusztult el a tenyészedényekben, és a gyökerek hány százaléka maradt élve.

A 9. és 10. ábrák számszerűen mutatják az eredményeket. A *Bianca* gyors növénypusztulása már a mérések elején szembetűnő volt. A kiültetett növények 1/3-a maradt csak meg. A *Kadarka* fajta szerepelt legjobban, mind az élő növények számát, mind az élő gyökerek tekintetében. Meglepően jól vizsgázott a *Csereszegi fűszeres* a kísérletben, kevés vizet adott le, a növények csaknem 80%-a élve maradt, az élő gyökerek aránya közelítette a 20%-ot. A *Vitis vinifera convar. occidentalis* fajták (*Cabernet sauvignon*, *Chardonnay*, *Rajnai rizling*) jól túlélték a vízhiányt és élő gyökerekkel is rendelkeztek. A *Sauvignon blanc*, mely ugyan a második legtöbb vizet leadó szőlőfajta, szintén jól átvészelt a vízhiányt.



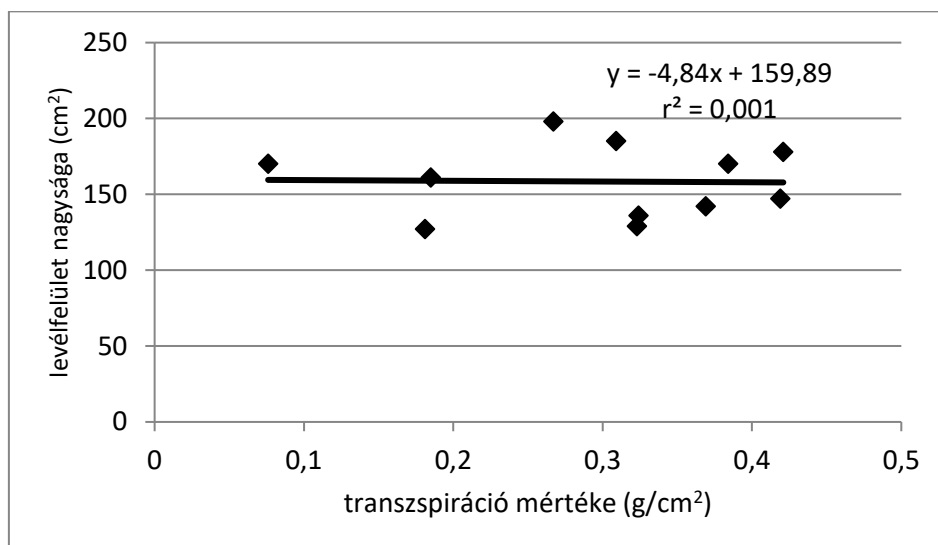


9. ábra Átlagos élő növényszám  
Figure 9 Average number of living plants



10. ábra Az élő gyökerek százalékos aránya a kísérlet végén  
Figure 10 Percentage of living roots at the end of the experiment

Korreláció-elemzéssel végezve azt is megvizsgáltuk, hogy a fajták levélfelületének nagysága befolyásolta-e a mérések végén összesített teljes vízleadást. A levélfelület nagysága 127 és 198 cm<sup>2</sup> között változott. A 11. ábra szemlélteti, hogy a levélfelület nagysága ebben a tartományban lényegében nem befolyásolta a transzspirációt.



11. ábra A gyökeres dugványok levélfelületének nagysága (cm<sup>2</sup>) és a transzspiráció (g/cm<sup>2</sup>) összefüggése

Figure 11 Correlation between the leaf area (cm<sup>2</sup>) of rooted cuttings transpiration (g/cm<sup>2</sup>)

## KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Felmerül a kérdés, hogy mennyire fejezik ki a valós vízigényt ezek az mérések. Látható, hogy több esetben, a gyakorlatnak és a szakirodalmi leírásoknak ellentmondó eredmények is születtek. Így pl. Csepregi és Zilai (1988) a *Cserzei fűszeres* szőlőfajtát szárazságra érzékeny fajtának írja le. Erről a Kunsági borvidék második legnagyobb területen termesztett borszőlőfajtáról köztudott, hogy tápanyagban szegényebb homoktalajokon gyengébb a növekedése. Ugyanakkor a vizsgálatok és termesztői tapasztalatok is azt támasztják alá, hogy a vízzel viszonylag jól gazdálkodik. Fontos ezért a termőhely helyes megválasztása, a fajta termékenyebb talajokon történő termesztése. Ezzel szemben a *Bianca*, a Kunsági borvidék legnagyobb területen termesztett szőlőfajtája, nehezebben viseli a tartós szárazságot (ezt mutatja a több elpusztult növény a kísérlet végén), viszont a talaj iránt kevésbé igényes. Ennél a fajtánál ezért a termőhely vízellátottsága fontosabb szempont, mint a talaj termékenysége.

A hagyományos termesztésben korábban elterjedt *Kadarka* és *Kövidinka* fajták a kísérletben bizonyították a szárazságtűrésüket, viszont a művelésmód megváltozásával a jövőben ezekre a fajtákra már nem számíthatunk. Ennek oka késői érésük, fagyérzékenységük. A *Generosa* magas művelésre alkalmas, korai érésű szőlőfajta, a Kunsági borvidéken terjedőben van. Transzspirációja a kísérletben kedvezően alakult.

Az *Irsai Olivér* régi szőlőfajtánk a reneszánszát éli. Intenzív illat- és zamatanyagai borát, és szőlő- és törköly pálinkáját nagyon keresetté teszi. Hibája az, hogy fagyérzékeny és közepes termőképességű. A kísérletben vízpazarlónak bizonyult, viszont élő növények és gyökerek maradtak a kísérlet végén.



A szakirodalom szárazságtűrő szőlőfajtának mondja (Csepregi és Zilai, 1988). Érdemes lenne megvizsgálni ennek okait. Az *Irsai Olivér* fajtát Kocsis Pál szőlőnemesítő állította elő Kecskemét-Katonatelepen 1930-ban a *Csaba gyöngye* és a *Pozsonyi fehér* fajták keresztezésével (Hajdu, 2003). A *Pozsonyi fehér* fajta szárazságtűrése kiváló. Ezt a tulajdonságát örökölte át az *Irsai Olivérnek*, az pedig tovább a *Cserszegi fűszeresnek*.

A rezisztencia-nemesítéshez hasonlóan a szárazságtűrésre is lehet nemesíteni. Az 1960-as években a Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet Kecskeméti Kutató Állomása célul tűzte ki, hogy edzett homok- és szárazságtűrő hagyományos szőlőfajtákat, pl. *Ezerjő*, *Kadarka*, *Pozsonyi fehér* minőségi bort adó szőlőfajtákkal (pl. *Szürkebarát*, *Piros tramini*) keresztezve, a hagyományos szőlőfajtáknál jobb minőséget adó fajtákat hozzanak létre, kifejezetten az alföldi bortermesztés számára (Hajdu, 2020). Kurucz András és Kwaysser István ekkor nemesítette a *Karát* borszőlőfajtát a *Szürkebarát* és a *Kövidinka* fajták keresztezésével. A *Generosa* fajta is ugyanennek a nemesítési programnak a szülötte. Bíró Károly 1951-ben állította elő *Ezerjő* és *Piros tramini* fajták keresztezésével. A fajta borának minősége kiváló, jól tűri a szárazságot, de csak közepes termőképességű.

A *Vitis vinifera convar. occidentalis* földrajzi fajtacsoportba tartoznak a minőségi bort adó világfajták pl. *Chardonnay*, *Cabernet sauvignon*, *Sauvignon blanc*, *Rajnai rizling*. Ezek viszonylag fagyűrő fajták, viszont az alacsony önköltség stratégiába nem illeszthetőek be, ezért a Kunsági borvidéken csak néhány minőségi bort előállító borászat termeszti ezeket. A *Kékfrankos* megbízhatósága a kísérletben is igazolódott.

Az ANOVA Tukey post hoc elemzés alapján biztonsággal kijelenthetjük, hogy az *Irsai Olivér*, *Rajnai rizling* és a *Sauvignon blanc* transzspirációja statisztikailag igazolható mértékben eltér a többi fajta transzspirációjától, azoknál nagyobb mértékű. A *Kadarka* és a *Chardonnay* a transzspiráció szempontjából középen helyezkedik el. A *Kékfrankos* és a *Cserszegi fűszeres* fajták egyaránt különböznek a *Chardonnay* fajtától. A *Kövidinka* és a *Generosa* fajták eredményeit figyelmen kívül kell hagyni, mert a varianciák homogenitása és a megfigyelések egymástól való függetlensége (szfericitás) feltételek nem teljesültek.

A kísérlet végső összegzése az 5. és 6. táblázatokban látható.



5. táblázat Víztakarékos szőlőfajták a tenyészedényes mérések és a megmaradt élő növényszám alapján az üzemi tapasztalatok feltüntetésével

Table 5 Water-saving grape varieties based on the measurements in the culture pot and the number of remaining live plants with the indication of field experience

Sorrend	Víztakarékos (transzspirációs vízleadás alapján)	Üzemi tapasztalatokkal megegyező		Víztakarékos (élő növényszám szerint)	Üzemi tapasztalatokkal megegyező	
		igen	nem		igen	nem
1	Cserszegi fűszeres*	x		Kadarka*	x	
2	Bianca		x	Chardonnay	x	
3	Kékfrankos	x		Rajnai rizling		x
4	Generosa	x		Cserszegi fűszeres*	x	
5	Kadarka*	x		Sauvignon blanc	x	
6	Kövidinka	x		Cabernet sauvignon	x	

\*a kísérlet eredményei megegyeznek az üzemi tapasztalatokkal

\*trial results consistent with the indication of field experience

6. táblázat Vízpazarló szőlőfajták a tenyészedényes mérések és a megmaradt élő növényszám alapján az üzemi tapasztalatok feltüntetésével

Table 6 Water-wasting grape varieties based on the measurements in the culture pot and the number of remaining live plants with the indication of field experience

Sorrend	Vízpazarló (transzspirációs vízleadás alapján)	Üzemi tapasztalatokkal megegyező		Vízpazarló (élő növényszám szerint)	Üzemi tapasztalatokkal megegyező	
		igen	nem		igen	nem
7	Cabernet sauvignon		x	Irsai Olivér*	x	
8	Rajnai rizling	x		Kövidinka		x
9	Chardonnay		x	Generosa		x
10	Sauvignon blanc		x	Kékfrankos		x
11	Irsai Olivér*	x		Bianca	x	

\*a kísérlet eredményei megegyeznek az üzemi tapasztalatokkal

\*trial results consistent with the indication of field experience

A szőlőfajták transzspirációja és az életben maradt növények száma alapján a Kadarka és a Cserszegi fűszeres bizonyultak a leginkább víztakarékosnak (5-6. táblázatok). Ez a tulajdonságuk a Homokhátsági ültetvényekben is megfigyelhető. A vízpazarló, ezért a szárazságot kevésbé tűrő fajták közé egyedül az Irsai Olivér fajta sorolható be. Ez a tulajdonsága a Homokhátságon is igazolható.



Szükségesnek tartjuk szabadföldi körülmények között is megvizsgálni a fajták szárazságtűrését vízpotenciál mérésével. Ezáltal lehetővé válik a modellkísérlet gyakorlati alkalmazhatóságának igazolása.

## MODELLING TRANSPIRATION OF GRAPEVINE VARIETIES IN A POTTED TRIAL

### SUMMARY

Plants try to maintain their water content by stomatal regulation in water deficiency. In order to evaluate the dehydration responses between different grape genotypes in a controlled way, at the end of the 60s of the last century, researchers of the *Viticulture and Wine Research Institute*, the *Agrometeorological Observatory* and the *Central Institute of Atmospheric Physics* modelled the transpiration rate of some grape varieties in a greenhouse experiment. The water demand of the grape varieties was based on the amount of water released per 1 cm<sup>2</sup> of leaf surface. This was then a current topic, because the traditional small-scale head cultivation was replaced by a mechanized method of high cultivation with wide row spacing. The larger vine size and the higher crop volume increased the vine's water demand. In the months of July-September 2017, we repeated the model experiment with 11 grapevine varieties in the greenhouse of the *Department of Horticulture and Rural Development of John von Neumann University*. With this, we partly paid tribute to the memory of the designer, József Füri, and on the other hand, we wanted to examine autochthonous-, world-, and intermediate (intra- and interspecific) varieties instead of the now obsolete table grape varieties they examined. For three months, we measured the transpiration per 1 cm<sup>2</sup> of the leaves of the grape varieties on a weekly basis. Based on the results, we concluded that some of the varieties are 'water wasting' (*Rhine Riesling*, *Irsai Olivér*, *Sauvignon blanc*), others are 'water-saving' (*Cserszegi fűszeres*, *Kadarka*, *Kövidinka*), the transpiration of some varieties falls between the two categories (*Kékfrankos*, *Generosa*, *Cabernet sauvignon*).

**Keywords:** water deficiency, transpiration, model experiment, water demand of grape varieties

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérlet beállításában és a mérésekben Nagy Alexandra kertészmérnök BSc hallgató is részt vett.



## IRODALOM

- Barrios-Masias, F.H., Knipfer, T., & McElrone, A.J. (2015). Differential responses of grapevine rootstocks to water stress are associated with adjustments in fine root hydraulic physiology and suberization. *Journal of Experimental Botany*, 66(19), 6069-6078. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv324>
- Blum, A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*, 20(2), 135-148. <https://doi.org/10.1007/BF00024010>
- Bota, J., Flexas, J., & Medrano, H. (2001). Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Annals of Applied Biology*, 138(3), 353-361. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2001.tb00120.x>
- Boyer, J.S., Wong, S.C., & Farquhar, G.D. (1997). CO<sub>2</sub> and water vapor exchange across leaf cuticle (epidermis) at various water potentials. *Plant Physiology*, 114(1), 185-191. <https://doi.org/10.1104/pp.114.1.185>
- Bowen, P.A., Bogdanoff, C.R., & Estergaard, B. (2004). Impacts of using polyethylene sleeves and wave length-selective mulch in vineyards. I. Effects on air and soil temperatures and degree day accumulation. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(2), 545-553. <https://doi.org/10.4141/P03-093>
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., & Francisco, R. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, 105(5), 661-676. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq030>
- Copper, A.W., Koundouras, S., Bastian, S.E.P., Johnson, T., & Collins, C. (2022). Assessing the response of *Vitis vinifera* L. cv. Xynisteri to different irrigation regimes and its comparison to cvs. Maratheftiko, Shiraz and Sauvignon Blanc. *Agronomy*, 12(3), 634. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030634>
- Csepregi, P. & Zilai, J. (1988). *Szőlőfajta ismeret és használata*. Budapest, Magyarország: Mezőgazdasági Kiadó, ISBN 963-232-663-6
- Flexas, J., Escalona, J.M., & Medrano, H. (1998). Down-regulation of photosynthesis by drought under field conditions in grapevine leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*, 25(8), 893-900. <https://doi.org/10.1071/PP98054>
- Fraga, H., Garcia, de C.A.I., Melheiro, A.C., & Santos, J.A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global Change Biology*, 22(11), 3774-3788. <https://doi.org/10.1111/gcb.13382>
- Füri, J., Kozma, F. (1975). A szőlő öntözésének és vízháztartásának vizsgálata. *Légtér* 20(4), 95-98. ISSN 0133-3666
- Hajdu, E. (2003). *Magyar szőlőfajták*. Budapest, Magyarország: Mezőgazda Kiadó, ISBN 963-286-017-9



- Hajdu, E. (2020). A borszőlőnemesítés Magyarországon. *Kertgazdaság*, 52(1), 44-56. ISBN/ISSN 1419-2713
- Hepner, Y., Bravdo, B., Loinger, C., Cohen, S., & Tabacman, H. (1985). Effect of drip irrigation schedules on growth, yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture* 36(1), 77-85.
- Hoffmann, M., Hoppmann, D., & Hannes, R.S. (2007). Einfluss der Klimaveränderung auf die phänologische Entwicklung der Rebesowie die Säurestruktur der Trauben. FA Geisenheim, DDW Geisenheim. ImageJ Basics. Retrieved from <https://imagej.net/ij/docs/pdfs/ImageJ.pdf>
- Jones, H.G. (2007). Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 119-130. <http://doi.org/10.1093/jxb/erl118>
- Kovács, E., Puskás, J., Hajdu, E., & Kozma, K. (2020). Egyes borszőlőfajták válaszája az éghajlatváltozásra a Soproni és a Zalai borvidéken. *Kertgazdaság* 52(1), 31-43. ISBN/ISSN 1419-2713
- Lamarque, L., Chloé, E., Charrier, G., Burlett, R., Dell'Acqua, N., Pouzoulet, J., Gambetta, G., & Delzon, S. (2023). Quantifying the grapevine xylem embolism resistance spectrum to identify varieties and regions at risk in a future dry climate. *Scientific Reports*, 13(1), 7724. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34224-6>
- Laget, F., Tondut, J.L., Deloire, A., & Kelly, M.T. (2008). Climate trends in a specific Mediterranean viticultural area between 1950 and 2006. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42(3), 113-123. <https://doi.org/10.20870/oenone.2008.42.3.817>
- Levin, A.D. (2019). Re-evaluating pressure chamber methods of water status determination in field-grown grapevine (*Vitis spp.*). *Agricultural Water Management*, 221, 422-429. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.026>
- Lovisol, C., Perrone, I., & Carra, A. (2010). Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis spp.*) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. *Functional Plant Biology*, 37(2), 98-116. Retrieved from <https://www.publish.csiro.au/fp/FP09191>
- Matthews, M.A., Anderson, M.M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficit. *American Journal of Viticulture and Enology*, 39(4), 313-320. <http://doi.org/10.5344/ajev.1988.39.4.313>
- Mozell, M.R., Thach, L. (2014). The impact of climate change on the global wine industry: Challenges & solutions. *Wine Economics and Policy*, 3(2), 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2014.08.001>
- Pálfai, I. (1993): Összefoglaló tanulmány a Duna-Tisza közti talajvízszintsüllyedés okairól és a vízhiányos helyzet javításának lehetőségeiről. In: *A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái* 3, 111-126. ISSN 0133-3666



- Pantin, F., Monnet, F., Jannaud, D., Costa J.M., Renaud J., Muller B., Simonneau T., & Genty B. (2013). The dual effect of abscisic acid on stomata. *New Phytology*, 197(1), 65-72. <http://doi.org/10.1111/nph.12013>
- Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E., & Hammel, H. (1965). Sap Pressure in Vascular Plants; Negative Hydrostatic Pressure Can Be Measured in Plants. *Science*, 148(3668), 339-346. <http://doi.org/10.1126/science.148.3668.339>
- Schultz, H.R. (1996). Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. *Acta Horticulturae*, 427, 251-266. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.427.30>
- Schultz, H.R. (2000). Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(1), <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00156.x>
- Soar, C.J., Speirs, J., Maffei, S.M., Penrose, A.B., McCarthy, M.G., & Loveys, B.R. (2006). Grape vine varieties Shiraz and Grenache differ in their stomatal response to VPD: apparent links with ABA physiology and gene expression in leaf tissue. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12(1), 2-12. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2006.tb00038.x>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2003). Plant Physiology, 3rd edn. *Annals of Botany*, Publ. Sinauer Associates 91(6), 750, <https://doi.org/10.1093/aob/mcg079>
- Tardieu, F., Simonneau, T. (1998). Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. *Journal of Experimental Botany*, 49, 419-432. [https://doi.org/10.1093/jxb/49.Special\\_Issue.419](https://doi.org/10.1093/jxb/49.Special_Issue.419)
- Teszlák, P., Gaál, K., Kocsis, M., & Csikasz-Krizsics, A. (2014). Characterization of grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties based on drought induced acclimation mechanism. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 64(4), 148-155. ISSN 0007-5922
- Tognetti, R., Raschi A., & Jones, M.B. (2000). Seasonal patterns of tissue water relations in three Mediterranean shrubs co-occurring at a natural CO<sub>2</sub> spring. *Plant Cell Environment*, 23(12), 1341-1351. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00645.x>
- Williams, L.E., Grimes, D.W. (1987). Modelling vine growth-development of a data set for a water balance subroutine. In: *Proceedings of the 6th Australian Wine Industrial and Technical Conference, Adelaide, Australia*, 14-17. July 1986, (ed. Lee T), 1019-55, ISBN 0958780307
- Zsófi, Zs., Tóth, E., Rusjan, D., & Bálo, B. (2011). Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. *Scientia Horticulturae*, 127(4), 494-499. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.11.014>