



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Az öntözés hatása a szőlő vegetatív és generatív teljesítményére, valamint a termés minőségére

Taranyi Dóra Ágnes

2025

Gödöllő

A doktori iskola

megnevezése:	Kertészettudományi Doktori Iskola
tudományága:	Növénytermesztési és kertészeti tudományok
vezetője:	Zámboriné dr. Németh Éva egyetemi tanár, DSc, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézet Gyógy- és Aromanövények Tanszék
Témavezető(k):	Dr. Bodor-Pesti Péter habilitált egyetemi docens Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szőlészeti és Borászati Intézet Szőlészeti Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	5
2. CÉLKITŰZÉS	7
2.1. Az öntözés hatása a rügyek termőképességére	7
2.2. Az öntözés hatása a lombzat szerkezetére	7
2.4. Az öntözés hatása a levelek sRGB alapú színindexeire	7
2.5. Az öntözés hatása a levelek klorofill-tartalmára.....	7
2.6. A tőkék vízpotenciál értékei.....	7
2.7. Az öntözés hatása a termésre és a mustok beltartalmi értékeire	8
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
3.1. A szőlőtermesztés klimatikus feltételei	9
3.1.1. Fényviszonyok	9
3.1.2. Hőviszonyok.....	10
3.1.3. Csapadékviszonyok.....	12
3.2. A szőlő vízigénye	13
3.3. A klímaváltozás hatása a szőlőtermesztésre.....	15
3.4. Szárazságstressz és következményei	20
3.5. Az öntözés jelentősége a szőlőtermesztésben	23
3.6. Borszőlő ültetvények öntözési módszerei	25
3.7. A szőlőültetvények lombszerkezete.....	31
3.8. Színelemzés és vegetációs indexek a szőlőtermesztésben.....	34
3.9. Ampelometria – Ampelográfia.....	36
4. VIZSGÁLATOK ANYAGA, HELYE ÉS MÓDSZERE	39
4.1. Termőhely	39
4.1.1. Neszmélyi borvidék	39
4.2. A vizsgálati évek klimatikus jellemzése.....	41
4.2.1. 2021-es évjárat jellemzése	41
4.2.2. 2022-es évjárat jellemzése	42
4.2.3. 2023-as évjárat jellemzése	44
4.3. Ültetvényszerkezet, kísérleti helyszín kijelölése	45
4.4. Hárslevelű szőlőfajta jellemzése	47
4.5. Öntözési adatok	47
4.6. Vizsgálati módszerek.....	51
4.6.1. Csepregi-féle tőkefelvételezés	51
4.6.2. Point quadrat.....	51
4.6.3. Levélmorfológiai vizsgálatok	52
4.6.4. Klorofilltartalom	57

4.6.5.	Vízpotenciál mérés	58
4.6.6.	Szüreti adatok.....	58
4.6.7.	Statisztikai értékelés.....	59
5.	EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGVITATÁSA	60
5.1.	Az ültetvények rügytermékenysége	60
5.1.1.	Az öntözés hatása a Csepregi-féle tőkefelvételezés paraméterei	60
5.2.	Lombozatszerkezet vizsgálat.....	66
5.2.1.	Point quadrat 2021-2024	66
5.3.	Ampelometriai vizsgálatok.....	71
5.3.1.	Levélfelület, erek hossza és lineáris tulajdonságok	73
5.3.2.	Karéjzottság és az öblök mérete	76
5.3.3.	Az erek között bezárt szögek.....	78
5.3.4.	A levélszéli fogak mérete.....	80
5.3.5.	Nem OIV által meghatározott morfológiai tulajdonságok	82
5.4.	Kolorimetria	84
5.5.	Klorofill-tartalom.....	88
5.6.	Az öntözés hatása a szőlőtőkék vízpotenciál változására	89
5.7.	Az öntözés hatása a szüreti paraméterek értékeire	91
5.7.1.	Fürtátlagtömeg.....	91
5.7.2.	50 darab bogyó tömege	91
5.7.3.	Az öntözés hatása a savtartalom alakulására	92
5.7.4.	Az öntözés hatása a mustok cukortartalmára.....	93
5.7.5.	Az öntözés hatása a mustok pH-értékére	94
6.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	95
7.	ÖSSZEFOGLALÁS	105
8.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	107
9.	IRODALOMJEGYZÉK.....	108
10.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	120
11.	MELLÉKLETEK.....	121

1. BEVEZETÉS

A klímaváltozás okozta szélsőséges időjárás egyre nagyobb károkat okoz a mezőgazdaságban, és a szőlőtermesztésben egyaránt. A változó környezeti tényezők közül az egyenetlen csapadékeloszlás az egyik legszembetűnőbb, mely révén a víz akár szélsőségesen limitálttá is válhat a szőlő számára. Ezzel nemcsak a mediterrán térségben, de a világ számos szőlőtermesztő vidékén egyre gyakrabban várható szárazságstressz az ültetvényekben (COSTA et al. 2016), ennek ellenére a borszőlő öntözése csak néhány országban tekinthető általánosnak. Különösen nagy problémát jelent, hogy ugyan a szükséges éves csapadékmennyiség a legtöbb évjáratban lehullik, annak eloszlása egyre szélsőségebb mintázatot mutat. Ezt a problémát tovább fokozza az, hogy pont abban az időszakban nem hullik megfelelő mennyiségű csapadék, amikor a szőlő fenológiai fázisait tekintve a leginkább igényelné, vagyis a szőlő virágzásától kezdődő időszaktól egészen a terméséréséig. Ha ezekben a fenológiai stádiumokban lép fel vízhiányos állapot, az nemcsak súlyos szárazságstressz tünetek megjelenését vonja maga után, de akár csökkenő termésmennyiséget, romló beltartalmi értékeket vagy akár tökepusztulást is okozhat. A szárazságstressz tünetei nem minden esetben ismerhetőek fel egyértelműen, és a termesző csak akkor szembesül a kárral, amikor a szüreti időpontban a várt mennyiség jócskán alul marad a tervezettől, és a készülő borban a beltartalmi paraméterek javításra szorulnak, vagy akár teljesen leromlanak. Emellett a vízhiány mellé társuló szélsőséges hőmérsékletváltozások és kiűgrő napi vagy akár heti ingadozások akár a fenológiai fázisok eltolódását is eredményezhetik, mely jóval korábbi szüreti időponthoz vezethet.

A világ szőlőtermesztő országaiban számos helyen találkozunk öntözött borszőlő ültetvényekkel. Elég csak Amerikára, Új-Zélandra vagy Ausztráliára tekinteni. Sok helyen a vegetációs időszak teljes ideje alatt öntöznek. Magyarországon korábban az agrotechnika szerves része volt a csemegeszőlő ültetvények öntözése, míg a borszőlő vízpótlása nem volt általános.

Azt ki kell hangsúlyozni, hogy a borszőlő ültetvények öntözését a *terroir* szemléletű szakmai társadalom nehezen fogadta el, hiszen úgy vélték, hogy ezáltal az adott évjáratok hatását túlzott mértékben módosítja a hiányzó csapadék pótlása (HORÁNSZKY et al. 1980). A világ szőlőtermesztő országaiban évről évre egyre többen fordulnak a borszőlő öntözése felé, így hazánkban is. Az öntözés pozitív hatásairól már hosszú évek óta vannak tapasztalatai a szőlészetben tevékenykedő és

kutató szakembereknek is, hazai és külföldi beszámolók és rendelkezésünkre állnak, de számos olyan terület van, ami további megfigyelést igényel.

Így doktori dolgozatom fő célja nemcsak az öntözés lehetséges hatásainak feltérképezése különböző mutatókon keresztül az öntözetlen parcellákkal szemben, hanem a csepegtető öntözés és a felszín alatti öntözés közötti esetleges különbségek bizonyítása, bemutatása is. Erre a célra Tatán, 'Hárslevelű' fajtával telepített ültetvényben végeztük a kísérleteinket.

2. CÉLKITŰZÉS

Vizsgálatainkat öntözetlen (kontroll), csepegtető öntözéssel, valamint felszín alatti öntözéssel kezelt parcellákon termesztett 'Hárslevelű' ültetvényben végeztük több évjáratban 2021 és 2024 között. Célunk annak megállapítása volt, hogy az eltérő öntözési módok a kontroll sorokhoz képest hogyan hatnak az egyes évjáratokban a szőlő vegetatív, generatív mutatóira és élettani sajátosságaira. Pontos kitűzött céljaink az alábbiak voltak:

2.1. Az öntözés hatása a rügyek termőképességére

Vizsgálatunk célja az volt, hogy CSEPREGI (1992) módszere alapján az eltérő öntözési módok és az évjárat a 'Hárslevelű' szőlőfajta rügydifferenciálódásra és hajtásképzésre milyen hatással van, és milyen különbségek mutatkozhatnak a kezelések között.

2.2. Az öntözés hatása a lombozat szerkezetére

A Smart-féle point quadrat vizsgálat (SMART 1990) célja, hogy felmérjük, hogyan hat az évjárat, valamint a különböző kezelések a szőlőtőkék lombozatszerkezetére, ezen belül a levélrétegszámra, a lombhézagok százalékos arányára és a fűrtszámra a lombozat egyes eltérő emeletein.

2.3. Az öntözés hatása a levelek morfolometriai mutatóira

A vizsgálat célja az volt, hogy azonosítsuk azokat a levél morfolometriai mutatókat, amelyekre a vizsgált évjáratok vagy a kezelések hatást gyakorolnak.

2.4. Az öntözés hatása a levelek sRGB alapú színindexeire

Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk 3 évjáratban a 3 kísérleti parcellából származó levelek sRGB (Red, Green, Blue) színértékeit, valamint az ezekből számolt összesen 31 színindexeket és azonosítsuk azokat, amelyek statisztikailag kimutatható variabilitással rendelkeznek.

2.5. Az öntözés hatása a levelek klorofill-tartalmára

Ebben a vizsgálatban célunk az volt, hogy információt kapjunk arról, hogy a vizsgált években van-e eltérés a különböző kezelésekről szedett levélminták színagyagképzése között.

2.6. A tőkék vízpotenciál értékei

A vízpotenciál mérés során azt szeretnénk volna meghatározni, hogy a kísérlet helyszínénél szolgáló ültetvényben az aszályos időszakok alatt hogyan alakult a szőlőtőkék vízállapota.

2.7. Az öntözés hatása a termésre és a mustok beltartalmi értékeire

A kísérlet célja az volt, hogy megállapítsuk, történik-e változás a szőlőfürtök morfológiai tulajdonságai között az egyes évjáratokban a különböző öntözési kezelések hatására. Továbbá, hogy a kapott mustok beltartalmi értékei eltérnek-e egymástól sav-, cukortartalom, vagy pH-érték vonatkozásában.

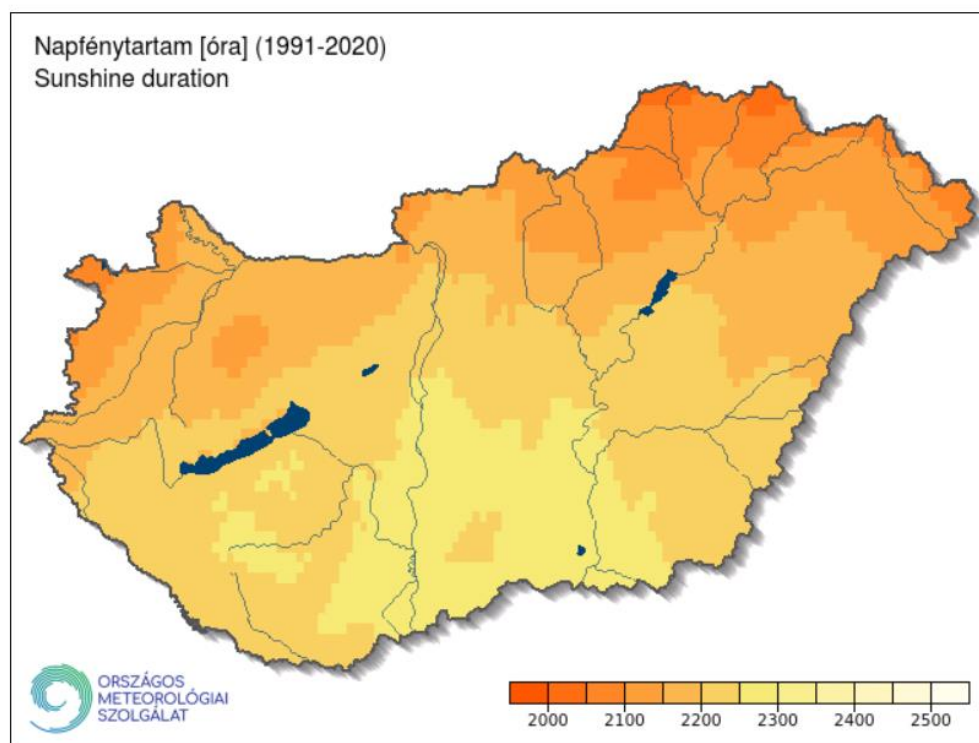
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szőlő (*Vitis vinifera* L.) a világon az egyik legelterjedtebb kertészeti kultúra, termesztésének területe meghaladja a 7 millió hektárt (OIV, 2023). A szőlő termesztetőségéért felelős klimatikus tényezők közé a fényt, a hőmérsékletet, a csapadékviszonyokat és a páratartalmat, valamint a szelet sorolhatjuk. Az egyes tényezők optimális mennyisége és elérhetősége lehetővé teszi az egyenletes, megbízható termésmennyiséget, a bogyók beltartalmának megfelelő összetételét (JONES 2007). A megfelelő éghajlat a sikeres bortermelés egyik fő tényezője ugyanakkor a szőlőt sokféle, egymástól eltérő éghajlati adottságok között termesztik szerte a világban. Egy adott bortermelő régióban az időjárási viszonyok évről évre változhatnak, ezzel indukálva az úgynevezett évjárathatást, mely egyebek mellett érinti a termésmennyiség, a minőség évek közötti változását. A termelők a termesztési kívánt genotípusokat (fajta vagy klón/nemes vagy alanyfajta) a helyi éghajlati viszonyoknak megfelelően választják ki a termésmennyiség és a minőség optimalizálása érdekében (VAN LEEUWEN és DARRIET 2016).

3.1. A szőlőtermesztés klimatikus feltételei

3.1.1. Fényviszonyok

A szőlő a fénykedvelő növények közé tartozik, az árnyékot nem kedveli, azonban jól hasznosítja a szórt fényt is. Az árnyékos, fényhiányos környezetben ízközei megnyúlnak, a virágok elrúgásának mértéke megnő, vagy nem képződik fűrtkezdemény, illetve korai levélsárgulás lép fel. A szőlőtermesztéshez magyarországi fényviszonyok optimálisak, hiszen az Országos Meteorológiai szolgálat adatai alapján a hazai éves átlag 1800-2000 óra között alakul (**1. ábra**) (OMSZ 2020 met.hu). Ha túl sok fény túl magas hőmérséklettel párosul, annak könnyen napégés lehet a következménye (BÉNYEI et al. 1999), éppen ezért a kíméletes zöldmunka az érzékeny fajtáknál különösen fontos. A fény a szőlő számára asszimiláción túl a bogyó színanyagtartalmának kialakulásában is fontos szerepet játszik.



1. ábra: Az évi átlagos napfénytartam (óra) Magyarországon az 1991-2020 közötti időszakban. Forrás: OMSZ, met.hu (2024. 08. 20.)

3.1.2. Hőviszonyok

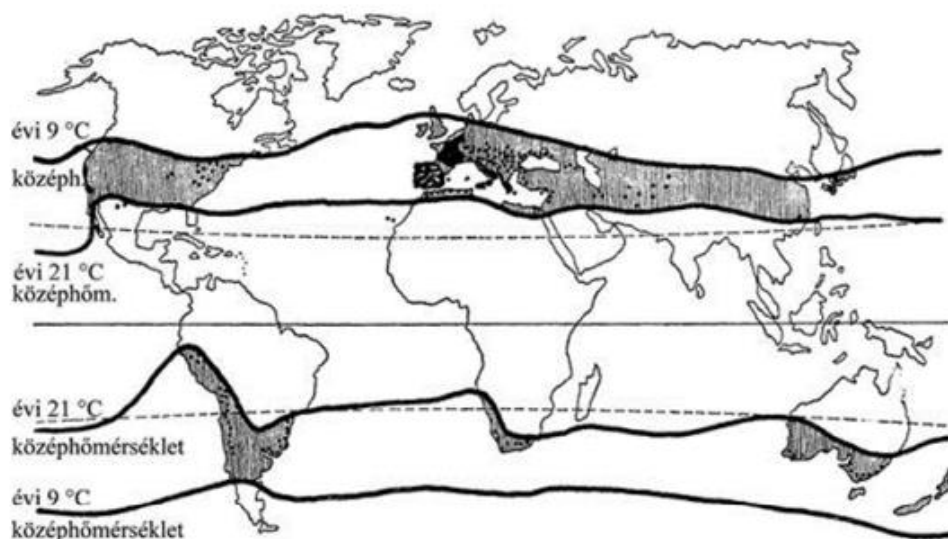
A szőlő a fényigényességen túl egyben meleg/hőigényes növény. Fenológiai fázisainak és a vegetációs periódusok megfelelő lefolyásához elengedhetetlenek az optimális hőmérsékleti körülmények és megfelelő hőösszegek (KOZMA 1991). ANDERSON et al. (2012) szerint a levegő hőmérséklete nemcsak a szőlő növekedésében, de a termésmennyiség alakulásában is egyaránt fontos. A hőmérséklet meghatározza továbbá a rügyfakadás, a virágzás, a zsendülés, az érés kezdetének időpontját és a fenológiai fázisok hosszát. COOMBE (1987) szerint a szőlő fiziológiáját, és a bogyók beltartalmi értékét ugyancsak nagymértékben befolyásolja a tenyészidőszak átlaghőmérséklete.

Eredetét tekintve a szőlő a melegebb hőmérséklethez adaptálódott, ezáltal termesztése a 34. és 49. északi és déli szélességi fokok között a legsikeresebb. Szabadsíkon való termesztése 9 °C és 21 °C közötti átlaghőmérsékleten a leggyakoribb (**2. ábra**), azonban legeredményesebb a 10°C és 16°C izotermák között (KOZMA 1991). Ha a 9°C-os izotermáktól észak felé haladunk, ezáltal átlaghőmérséklet csökken, ami azt eredményezheti, hogy a szőlő hajtásai, valamint termése nem ér be. Ha pedig a 21°C-os átlaghőmérsékleti izotermától délre mozdulunk el, a túlzott forróság napégést okozhat a bogyókon, továbbá a leveleket is megperzselheti. Magyarországon az éves

átlag hőmérséklet 9 és 11 °C közé tehető, a tenyészidőszakban pedig az átlag érték 14 és 18 °C a jellemző (BÉNYEI et. al 1999).

KOZMA (1991) szerint a szőlő életfolyamatainak megindulásához elengedhetetlen a megfelelő hőmérséklet, melyet biológiai null fok-ként definiál a szakirodalom. Ez az érték az északi szőlőterületeken 7-10°C, míg a délebbi területeken 10-12°C közé tehető. A szőlő rügyfakadásához legalább 10 °C, a virágzásához 12-13 °C, valamint a bogyóéréshez 16-17 °C szükséges (LŐRINCZ et al. 2015).

A hőmérséklet emelkedése felgyorsítja a növény fejlődésének stádiumait feltéve, hogy más tényezők nem korlátozzák a növekedést, mint például a tartós vízhiány, amely gyakran párosulhat a magas hőmérséklettel. A hűvös éghajlaton termesztett szőlőtőkék gyakran nagy napi hőmérséklet-ingadozásnak vannak kitéve az őszi és tavaszi időszakban (CHUINE et al. 2004, JONES és DAVIS 2000, KELLER 2010, WOLFE et al. 2005). Annak ellenére azonban, hogy jelenleg is a legnagyobb felületen a mérsékelt éghajlatokon zajlik a szőlőtermesztés, gyakran előfordulhatnak ott is olyan esetek, amikor a szőlő tartósan 35°C, vagy akár 40°C feletti hőmérsékletnek van kitéve (MULLINS et al. 1992). KELLER (2010) szerint a szőlőtőkék kiegyenlített növekedéséhez, a fotoszintéziséhez, valamint az éréshez az a legoptimálisabb, ha a napi átlag-hőmérséklet 30°C fok alatt marad. KOZMA (1991) pedig arról számol be, hogy a nyári legmelegebb hónapokban az asztali borok elkészítéséhez a 18-26°C közötti átlaghőmérséklet a legmegfelelőbb.

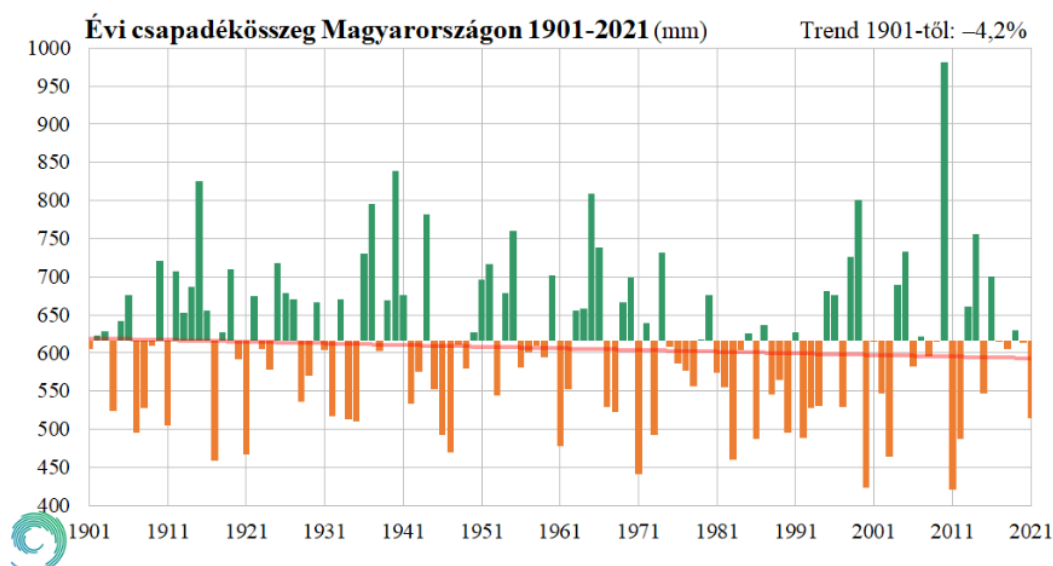


2. ábra: Világ szőlőtermesztő régiói az éves átlaghőmérséklet vonatkozásában.
Forrás: BÉNYEI et al. 1999.

Borászati vonatkozásban a hűvösebb klíma magasabb savtartalmat, alacsonyabb pH-értéket, kiegyenlítettebb szint, és egyes fajták esetében hangsúlyosabb aromákat és ízanyagokat kölcsönözhet a bornak. Ezzel szemben a melegebb éghajlatú termőhelyekről származó borok aromaanyagokban szegényebbek lehetnek, valamint a termés egyéb összetevői kevésbé kiegyensúlyozottak lehetnek. A nagyon forró régiókban, ahol a növekedés és az érés változása nagy sebességgel megy végbe, a legtöbb száraz bor íze kemény és durva. Egyes régiókban a nagy meleg, amely miatt nem alkalmasak száraz borok készítésére, ideálisak lehetnek az olyan desszertborok, vagy borkülönlegességek számára, mint például a portói vagy a sherry (WINKLER 1974).

3.1.3. Csapadékviszonyok

A víz az egyik legfontosabb környezeti faktor, amely korlátozza a növények növekedését és termékenységét, ezáltal a mezőgazdaság egyik kritikus ökológiai tényezője. A szokatlan csapadékmintázatok és az éghajlatváltozás következtében megemelkedett hőmérséklet sok régióban teszi gyakoribbá az aszályokat (GAMBETTA et al. 2020). Hazánkban is egyre gyakrabban fordulnak elő aszályos évjáratok, mely a szőlőtermesztés sikerességét is nagymértékben befolyásolja. Ott, ahol az éves átlag eléri az 500-600 millimétert már sikeresen folytatható a szőlő termesztése. Ahol az érték ennél alacsonyabb, mint például Kaliforniában, Ausztráliában és Közép-Ázsiában, ott öntözéssel oldható meg a gazdálkodás (LŐRINCZ et al. 2015, KOZMA 1991). Magyarországon az éves csapadék 500 és 700 milliméter közé tehető (OMSZ 2022), azonban ez a mennyiség és ennek eloszlása borvidékenként igencsak eltérő lehet egyes években (**3. ábra**). Mindemellett évről évre az is látszik, hogy a hazánkban hulló csapadékmennyiség nagy valószínűséggel elég lenne a szőlő optimális növekedéséhez, ha ennek nagy része a vegetációs periódusban hullana, valamint, ha az eloszlás egyenletes lenne. Azonban a klímaváltozás hatására annak eloszlása nem megfelelő, ezáltal a szőlő vízhiányos állapotba kerül. A hirtelen hulló, nagy mennyiségű csapadék az érés alatti hónapokban pedig tovább ronthat a helyzeten, hiszen a bogyók könnyen megrepednek, ezáltal utat nyit különböző kórokozók fertőzésének (HAJDU 2016).



3. ábra: Évi csapadékösszeg változása Magyarországon 1901 és 2021 között. Forrás: OMSZ (2022)

3.2. A szőlő vízigénye

A szőlő életfolyamatait tekintve a víznek kulcsfontosságú szerepe van. Nemcsak a tápanyagok és szintézistermékek fontos szállítóeszköze, de egyúttal szükséges a szerves anyagok felépítéséhez is. Továbbá, a párologtatás által a szőlő hőszabályozója is a víz.

A szőlő a vizet legnagyobb mennyiségben a talaj kapilláris részéből, a gyökérszörök zónájában veszi fel, oldat formájában, és amely folyamatot a környezeti tényezők és biológiai tulajdonságok határoznak meg (LÁNG et al. 2007a). A gyökérszöröken kívül az idősebb gyökereken keresztül, valamint a mikorrhizák segítségével is zajlik a vízfelvétel. A gyökerek kéregsejtjeibe a víz diffúzióval kerül be az apoplaszton keresztül. Az, hogy ez milyen mértékű, nagyban függ a gyökérrendszer és a párologtató felület méretétől, a transpirációtól, valamint a talajban rendelkezésre álló víz mennyiségétől (KOZMA 1991, LÁNG et al. 2007a). ZSOLDOS és FEKETE (1988) szerint a szőlő vízfelvétele a virágzástól a zsendülésig a legintenzívebb. A fajtáktól függően a maximális vízigény július utolsó és augusztus első időszakában figyelhető meg. Ilyenkor van a bogyónövekedés a legintenzívebb szakaszban, valamint a lombfelület is ilyenkor a legnagyobb (HORÁNSZKY et al. 1980; LIGETVÁRI 1984). A szőlő fenológiai állapotától függően, eltérő mennyiségben igényel vizet az optimális növekedéshez. A szakirodalom alapján az egyes fejlődési szakaszokban a következők szerint alakul a szőlő évi összes vízfogyasztása százalékban kifejezve:

BUSIN (1960) (cit in: HORÁNSZKY 1974) szerint a vízfelhasználás: a könnyezéstől a rügyfakadásig 1% alatti,

- a rügyfakadástól a virágzásig 1,5%
- a virágzás kezdetétől a kötődésig 10%,
- kötődéstől a zsendülésig 43%,
- a zsendüléstől a teljes érésig pedig 45%.

FÜRI és KOZMA (1975) alapján a vízfogyasztás:

- a rügyfakadástól a virágzásig tartó szakaszban a szőlő vízfelhasználása mérsékelt, 7-%,
- a virágzás kezdetétől a zsendülésig a szőlő vízfelhasználása 42 % mivel a szőlőnek ebben az időszakban van a legnagyobb szüksége a megfelelő mennyiségű vízre,
- a zsendüléstől a szüretig 32%,
- végül a szürettől egészen a lombhullásig ez az érték lecsökken 19%-ra, hiszen a megfelelő víz mennyiség elengedhetetlen a szénhidrátartalékok felhalmozásához még a nyugalmi időszak előtt.

ZILAI (1994) szerint a vízigény:

- rügyfakadástól virágzásig: 2%,
- virágzás kezdetétől a virágzás végéig: 10%,
- kötődéstől zsendülésig: 43%,
- zsendüléstől a teljes érésig: 45%.

Ez alapján az érés kezdetéig magasabb az igény (Vk 80% feletti), majd az érés kezdete után alacsonyabb az igény (Vk 60-70%).

KOZMA (1991) szerint egy tőke, egy nap alatt körülbelül 4–14 liter vizet használ fel. Ez 6 ezer köbméter vizet jelent, ha a teljes vegetációs időszakra vetítjük. 10 tonna terméshez a tenyészidőszakban körülbelül 300 milliméter csapadékra van szükség, azonban az elmúlt évek alapján ez a feltétel nem, vagy csak nagyon kevés hazai borvidéken teljesül.

LŐRINC et al. (2015) alapján a szőlő számára szükséges víz meghatározásához többféle becslés is lehetséges. Egyfelől az egységnyi termés kineveléséhez szükséges vízmennyiség alapján 10 tonna terméshez 3000 m³ víz szükséges, ami azt jelenti, hogy a tenyészidőszakban 300 mm csapadéknak felel meg. Ugyanezt a szükséges mennyiséget támasztja alá az a számítás, miszerint a napi 30 m³ elpárologtatásra kerülő víz 100 napra számítva 3000 m³-t jelent, tehát a tenyészidőszakra szükséges 300 mm-nek felel meg. A harmadik meghatározási módszer alapján is 300 mm csapadékra van szükség a tenyészidőszakban, hiszen a szőlő transpirációs együtthatója 300, ami azt jelenti, hogy 1 kg szárazanyag előállításához 300 liter vízre van szükség. LIGETVÁRI

(1984) is hasonló becsléseket tett, miszerint a szőlőtőke 1 gramm testanyag felépítéséhez 250-300 gramm vizet használ fel.

A felvett víz a szőlőtőkéből nagyrészt transzspirációval, egy része pedig a könnyezés során távozik. A transzspiráció következtében a víz magas fajhője miatt a szőlő hőmérséklete csökken, amire leginkább azért van szükség, hogy optimalizálódjon a növényhőmérséklet, mely elengedhetetlen a biokémiai folyamatok feltételeinek biztosításához (ANDA és KOCSIS 2010). A transzspiráció során a szőlő a sztomákon keresztül a víz 90-95%-át adja le, tehát vízleadás szempontjából ez egy aktív folyamat, míg a kutikulán keresztül zajló passzív transzspirációs folyamat során a szőlő a víz mindössze 5-10%-át adja le. A transzspiráció mértéke függ: a talaj víztartalmától, a hőmérséklettől, a légnedvességtől, a szélről, különböző termesztési eljárásoktól, a levelek fejlődési és fiziológiai állapotától, a fajtától (KOZMA 1991, ANDA és KOCSIS 2010). KOZMA (1967) szerint az egyes szőlőfajták eltérő mennyiségben párologtatják el a vizet. Vizsgálatai alapján például az Afuz Ali és a Gloria Hungarie adja le a legkevesebb vizet, közepes mértékben a szőrös levelű Chasselas-k, legnagyobb mennyiségben pedig a gypjas levelű Mézes fehér, a közepesen szőrös levelű Kecskemét virága, valamint a szőrös levelű Genuai zamatos.

3.3. A klímaváltozás hatása a szőlőtermesztésre

A klímaváltozás olyan folyamat, mely során az éghajlat változása akár globális szinten is zajlódhat, kontinensenként eltérő mértékben. Ennek a folyamatnak lehetnek természetes okai, mint például a Föld pályájának módosulása, vagy a Nap kisugárzásának változása egyaránt (SALMA 2006), de antropogén hatások is hozzájárulhatnak a klímaváltozáshoz (HLASZNY 2013). Jelenleg az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedését tartják a legfőbb okozójának a globális felmelegedésnek (IPCC 2007). Régóta ismert kifejezés, a globális felmelegedés, mely ma már inkább globális klímaváltozásnak nevezhető, hiszen nemcsak a hőmérsékletre terjed ki ez a változás (extrém magas, illetve extrém alacsony), hanem a csapadékmennyiségre és annak eloszlására, valamint a szelekre és azok erősségére és gyakoriságára, továbbá a jégesők gyakoriságára, vagy a fagyra (JOGAIAH 2023). Ez a fajta változás és az okozott sokszor szélsőséges időjárási körülmények miatt szükséges a már régóta hatékonyan és sikeresen folytatott mezőgazdasági termelést átalakítani, új módszereket adaptálni (KIRÁLY 2017).

Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete (IPCC) szerint Magyarországon a klímaváltozás hatására a jövőben számolnunk kell a villámárvizek gyakoriságának növekedésével, mindemellett az erdőtüzek és aszálykárak gyakoribb és súlyosabb

megjelenésével. Az általuk készült beszámoló és klímamodellek alapján várhatóan Magyarországon a 35°C-ot meghaladó maximumhőmérséklet napokban kifejezve évről évre több lesz, amely szélsőségesen magas hőmérsékletek súlyos veszélyt jelentenek a mezőgazdaságra. Ezzel párhuzamosan várhatóan a csapadékeloszlás még szélsőségesebb változásokon fog keresztül menni, ami azt jelenti, hogy a nagycsapadékú napok gyakoribbak lesznek, melyeket hosszantartó szárazság előzhet meg, vagy követhet (IPCC 2021).

Kétségtelen, hogy az európai szőlőültetvényekre is nagy hatással van klímánk szélsőséges, és sok esetben negatív változása. Számos olyan kutatási eredmény született, melynek célja elsősorban az volt, hogy feltérképezzék, a klímaváltozás okozta időjárási körülmények milyen hatással lehetnek a szőlő fenológiájára, a termés minőségére és mennyiségére (DROULIA és CHARALAMPOPOULOS 2022, BALINT és REYNOLDS 2014, JONES et al. 2005, FERRETTI et al. 2021, DI CARLO et al. 2019, TOMASI et al. 2011). A globális felmelegedés egyik eleme az extrém meteorológiai események gyakorisága száraz és meleg időszakok váltakozása nedves és hűvös évszakokkal (BALINT és REYNOLDS 2014), melyek a szőlő fenológiájára, valamint élettani jellemzőire is hatással vannak. A közelmúlt szőlőültetvényekre vonatkozó hőmérsékleti adatai azt mutatják, hogy a vegetációs időszak átlaghőmérséklete 1950 és 1999 között globálisan körülbelül 1,3 °C-kal, Európában 1950 és 2004 között 1,7 °C-kal emelkedett (JONES et al. 2005). 1960 és 2023 között Európában 2,12-2,19 °C-al nőtt az éves középhőmérséklet, így a 2023-as év lett mindenidők legmelegebb éve Európában (EEA 2024). Ez a növekedés a szőlőt ért stresszhatásokat nagymértékben növeli. Extrém magas átlaghőmérsékleten, 30 °C felett a bogyó mérete és súlya csökkenhet (HALE és BUTTROSE 1974), az anyagcsere folyamatok és a cukor felhalmozódása akár teljesen le is állhat (COOMBE 1987, KRIEDEMANN és SMART 1971). Ezért következésképpen nem csupán a szőlő minőségét, de a borok jellegét is befolyásolja az éghajlatváltozás. (VAN LEEUWEN és DARRIET 2016). A klímaváltozásnak számos hatása van a szőlő életfolyamataira, fenológiai fázisaira (OLLAT et al. 2017), melyet Olaszországban FERRETTI et al. (2021) is bizonyítottak. Eredményeik alapján az elmúlt 25 évben a szőlő rügyfakadásának idején 4°C-al magasabb átlaghőmérsékleteket mértek a Dél-Tiroli tartományban. Ez azt eredményezte, hogy a vegetációs ciklus gyorsabban zajlott le, valamint a szőlő érési ideje korábbra tolódott és a korábbi évek szüreti időpontjaihoz mérten a betakarítás időpontja 3, akár 5 héttel korábbra esett. Példaként a 'Sauvignon

Blanc'szüreti időpontja a 90-es években október elején volt, míg az utóbbi években akár már augusztus végén megtörtént a betakarítás.

Abruzzo régióban (Közép-Olaszország), DI CARLO et al. (2019) arról számoltak be, hogy a helyi, hagyományos fehér fajtájuk, a 'Trebiano d'Abruzzo' szüreti időpontja már a 60-as évektől kezdődően egyre korábbra tolódik, mely megállapításukat 1820 és 2021 közötti szüreti időpontok felhasználására alapozták. A betakarítás korábbi időpontját azzal magyarázták, hogy már a vegetációs időszak kezdetén magasabb az átlaghőmérséklet, amely folyamatos emelkedő tendenciát mutatott a vizsgált évek alatt, valamint, hogy emellé sok esetben a csapadékmennyiség is magasabb volt, főleg a vegetációs időszakban. Ezzel nemcsak azt bizonyították, hogy a régióban korábbra tolódik a szüret, hanem azt is, hogy szőlő fenológiáját általánosságban milyen mértékben befolyásolja a csapadék mennyisége. Megállapították továbbá, hogy az intenzív esőzések fokozhatják, vagy súlyosbíthatják a növekvő hőmérséklet hatását, hiszen míg önmagában a lehullott csapadékmennyiség a szőlőszüret időpontjának késleltetését idézheti elő, a csapadék intenzitása magas hőmérséklettel párosulva ezzel ellentétes hatást fejthet ki.

TOMASI et al. (2011) Coneglianóban (Észak-Olaszország, Veneto régió) több szőlőfajta ('Müller Thurgau', 'Pinot Grigio', 'Chardonnay', 'Pinot Noir' stb.) fenológiai adataival és termőhelyspecifikus éghajlati adatsorok felhasználásával vizsgálták, hogy milyen összefüggés lehet a szőlőfajták fenológiájának alakulása és az éghajlat változása és annak tendenciái között. Eredményeik alapján elmondható, hogy a tenyészidőszak átlaghőmérséklete 1964 és 2009 között 2,3 °C-kal emelkedett. A maximum hőmérsékletek nőttek a legnagyobb mértékben, 2,4 °C-kal a vegetációs időszak alatt, a minimum hőmérsékletek pedig 2,0 °C-kal növekedtek ebben az időszakban. A vegetációs időszak átlaghőmérsékletének növekedése jelentős összefüggést mutatott a szüreti időpontokkal (pl. 1 °C-kal melegebb évszázad 8 nappal korábbi betakarítást eredményezett). Beszámoltak továbbá arról, hogy a fenológiai fázisok változásai szerint a virágzás és a zsendülés 13-19 nappal korábban történt. Az egyes fejlődési szakaszok között eltelt idő változását is leírták, miszerint, hogy a fenológiai fázisok közötti időtartam egyre rövidebb, a rügyfakadástól a virágzásig tartó időszak 18 nappal, a rügyfakadástól a zsendülésig tartó időszak 15 nappal, valamint a rügyfakadástól a szüretig tartó időszak 6 nappal lett rövidebb.

Hasonló eredményeket írtak le BOCK et al. (2011), akik 1948 és 2010 között értékelték a klímaváltozás okozta hatásokat a termesztett fehér szőlőfajtákra Dél-Németországban. Ők azt bizonyították, hogy az egyes fenofázisok korábbra tevődtek,

valamint az egyes fejlődési szakaszok között eltelt idő egyre rövidebb. Mindezeket azzal magyarázták, hogy az átlagos maximális hőmérséklet folyamatosan növekvő tendenciát mutat, különösen a vegetációs időszakban. A teljes virágzás például 6 nappal korábban történt meg annak köszönhetően, hogy az áprilistól júniusig tartó időszakban mért maximum átlaghőmérséklet 1°C-kal nőtt. Továbbá a 'Silvaner' fajta esetében a zsendülés 9 nappal korábban kezdődött el, mivel az április és május közötti időszakban a maximum átlaghőmérséklet 1 °C-kal nőtt. Általánosságban elmondható, hogy a teljes virágzás átlagos időpontja évtizedenként 3-4 nappal, míg a zsendülés évtizedenként 4-6 nappal előbbre került.

Dél-Finnországban végzett kísérletek alapján KARVONEN (2020) megállapította, hogy a 2010 és 2019 közötti időszakban a helsinki régióban mért éves középhőmérséklet 0,4 °C-kal emelkedett, melynek köszönhetően a 'Rondo' nevű szőlőfajta esetében a rügyfakadástól a betakarításig tartó időszak átlagosan 11 nappal lerövidült. Továbbá, a szüret átlagosan 6 nappal korábban kezdődött a vizsgált időszakok alatt. A vegetációs időszakok átlagos hossza a 2010-2019 közötti időszakban mindössze 1 nappal volt hosszabb, azonban a változás már ebben a hűvös régióban is kimutatható volt, továbbá az eredmények fontosságát az is növeli, hogy viszonylag rövidebb vizsgált időszak alatt is már érzékelhető volt a klímaváltozás hatása.

KOVÁCS et al. (2018) alapján Sopron és Zala térségében 1986 és 2015 között a vegetációs időszak hőmérséklete közel 1,2 °C-kal emelkedett, valamint a 35 °C feletti maximumhőmérsékletek és a 30 °C feletti maximumhőmérsékletek száma nagyjából 250-300%-kal nőtt. Mindemellett ezzel párhuzamosan a vegetációs időszakban mért csapadék mennyisége 21%-kal csökkent. Beszámoltak arról is, hogy a vizsgált 30 éves időintervallumot megelőző 30 éves időszakhoz (1956-1985) képest a szőlő éves növekedési ciklusa jelentősen eltolódott, mivel a rügyfakadás, a virágzás és a zsendülés közel 7 és 8 nappal előbbre került, a szüret kezdete pedig 11 nappal korábban következett be. Ezenkívül az egyes fenológiai fázisok közötti időintervallumok is lerövidültek, mivel a rügyfakadás és a virágzás között eltelt idő 4,5 nappal lecsökkent.

A klímaváltozás a leszüretelt termés, és az abból készült borok minőségére is hatással van. LEREBoullet et al. (2014) a Côtes-du-Roussillon-Villages Dél-Franciaországi termőhelyéről kimutatták, hogy a fenolosérés nem volt teljes, és a bogyókban a cukrok nagymértékű felhalmozódása és a savtartalom csökkenése között szélsőséges ingadozás állt fenn, ami a borok magas alkoholtartalmát eredményezte a

termőhelyen. Ezeket a jelenségeket a vegetációs időszakban hőmérséklet változásának és a nyári hőmérsékleti szélsőségeknek az 1980-as évek közepe óta tartó folyamatos emelkedésének tulajdonították.

KOCH és OEHL (2018) 1975 és 2015 között mért hőmérséklet- és csapadék adatokat hasonlítottak össze négy fehér szőlőfajta ('Riesling' ('Rajnai rizling'), 'Szürkebarát', 'Silvaner' ('Zöld szilváni') és 'Müller-Thurgau' ('Rizlingszilváni')), valamint a 'Pinot noir' vörös szőlőfajta cukortartalmával Hainfelden (Dél-Németország). A vizsgált fajták többsége a hőmérséklet-emelkedésre magasabb cukorkoncentrációval és következésképpen jobb minőségű bor előállításával reagált. A fehér fajták közül a Szürkebarát mutatta a legmagasabb cukorkoncentrációt, továbbá 1991 óta a legnagyobb cukortartalom-növekedést a 'Pinot noir' vörös fajta mutatta.

NEETHLING et al. (2012) vizsgálataikban az 1960 és 2010 közötti időszakra vonatkozó cukor és titrálható savtartalmat nézték a Loire-völgyben (Északnyugat-Franciaország) fehér, illetve vörösborszőlő-fajtákon. Megállapították, hogy szüretkor szignifikánsan növekvő tendenciákat mutattak a cukortartalomban és csökkenő tendenciákat a titrálható savtartalomban. Mindemellett arról is beszámoltak, hogy az 1980-as években 11-12 térfogatszázalékos etanoltartalmú borok nagy része 13-14 térfogatszázalékos növekedést mutatott az idő előrehaladtával. A csökkenő titrálható savtartalom, és a várható potenciális alkoholtartalom növekedése együttesen a borok minőségének romlásához vezethet.

CAMPS és RAMOS (2012) a Penedès régióban (Spanyolország északkeleti része) öt évtizedes időszak (1960-2009) alatt a vegetációs időszak átlagos hőmérsékletének növekedését mutatta ki. A hőmérséklet emelkedése mellett a virágzás és a zsendülés időszaka alatt mért csapadékmennyiségek jelentős csökkenését is megfigyelték. A leszüretelt borszőlő mennyiségének jelentős csökkenését a megnövekedett vízhiánynak tulajdonították, amely a párolgási intenzitás megnövekedésének (a magasabb hőmérséklet miatt) és ezzel egyidejűleg a virágzástól a zsendülésig tartó időszakban mért (amikor a vízigény nagyobb) alacsonyabb csapadékmennyiségnek köszönhető. A vízhiány minden egyes mm-es növekedése hektáronként 20-30 kg termésnövekedést eredményezett.

LEREBOULLET et al. (2014) arról számoltak be a franciaországi Côtes-du-Roussillon-Villages szőlőtermesztő vidéken, hogy 1925 és 2010 között a vegetációs időszak hőmérséklete és a nyári hőmérsékleti szélsőségek folyamatos növekedő tendenciát mutatnak. Mindemellett azt is leírták tanulmányukban, hogy a csapadék szezonális eloszlása is változásokat mutat, hiszen a nyári és őszi mért csapadék

mennyiség egyre kevesebb, és folyamatosan csökken. Összességében ezek a változások idézték elő, hogy a 2001 és 2010 közötti évtizedben a betakarított termésmennyiség jócskán elmaradt a korábbi átlagoktól, és sok helyen egyáltalán nem volt jövedelmező a szőlőtermesztés ezen a bortermő vidéken.

A klímaváltozás egyik legjelentősebb következménye tehát a vízhiány, ami szárazságstresszt idézhet elő, amely már kismértékű előfordulása esetén is súlyos elváltozásokat okozhat a különböző élettani folyamatokban, valamint változatos tünetek formájában nyilvánulhat meg.

3.4.Szárazságstressz és következményei

Vízhiány okozta stresszről a szőlő esetében akkor beszélhetünk, ha a gyökerek vízellátása kisebb, mint a párologtatási szükséglet. A stressz oka lehet alacsony rendelkezésre álló talajnedvesség, magas párologási igény, erős fagy, gyengén fejlett gyökérzet, magas sótartalom vagy ezek kombinációja is (EVANS et al. 1993, WAMPLE 1997, LÁNG et al. 2007b), de a hosszan tartó, csapadékmentes időszak is, vagy akár a tartós, magas hőmérséklet (DE ORDUNA 2010). A szárazságstressz egyik sajátos jellemzője, hogy nem hirtelen lép fel, hanem fokozatosan, ugyanígy a stressztünetek is csak fokozatosan jelennek meg és erősödnek a stresszhatás hosszúságától függően. Már akár enyhébb szárazságstressz hatására gátlódhat a megnyúlásos növekedés, valamint a sejtfalképződés, abszcizinsav (ABA) képződhet, amely ilyenkor stresszhormonként viselkedik. A súlyosabb szárazságstressz zavart okozhat a fotoszintézis, a légzés, valamint a prolin- és cukorakkumuláció folyamatában. A szárazságstressz hatással lehet számos életfolyamatra: a növekedésre, a sejtek ultrastruktúrájára, a szénhidrát-anyagcserére, valamint a nitrogén-anyagcseréjére is (LÁNG et al. 2007b).

A növények vízstresszes állapotának fő oka a transzpiráció felgyorsulása és a nem megfelelő vízabszorpció, vagy e két tényező együttes kombinációja (ASLANPOUR et al. 2012). A globális felmelegedéssel foglalkozó kutatók szerint, a közeljövőben a szárazság mértékének fokozódása várható, így tehát szőlő életciklusában a vízhiány válhat a fő korlátozó tényezővé a (DAI 2013). Ebben az összefüggésben az alanyok fontos szerepet játszhatnak a termésveszteség csökkentésében azáltal, hogy javítják a vízfelhasználás hatékonyságát, a növekedési képességet és a hajtás alkalmazkodását a stressz okozta viszonyokhoz (SERRA et al. 2014, CORSO és BONGHI 2014). CORSO és BONGHI (2014) szerint akár Európa szerte is a vízhiány okozta stressz kivédésre, hosszútávú megoldást ellenálló alanyok létrehozása jelentené a megoldást.

Abban az esetben, ha a szőlőt a rügyfakadás időszakában éri tartós vízhiány, akkor a rügyek egy része alvamarad (HORÁNSZKY et al. 1980), akár rendellenes hajtásnövekedéshez (ízközök rövidebbek lesznek) vagy a virágok abortálódásához is vezethet (BÁLO et al. 2007). Virágzás után fellépő szárazságstressz hatására hiányos lesz a kötődés (HORÁNSZKY et al. 1980). Közvetlenül a terméskötődés után fellépő vízstressz befolyásolja a sejtosztódást és a korai sejtnövekedés csökkenti a későbbi bogyóméretet, ezáltal csökkenti a termés mennyiséget. A termésérés és szüret közötti időszakban fellépő vízstressz pedig nagymértékű lombullást eredményez, így a bogyók könnyen napperzselést szenvedhetnek (HAMMAN és DAMI 2000), ami akár a kórokozók megtelepedését is elősegítheti a sérült fűrészeken (BÁLO et al. 2007). Ha a szüret utáni időszakban lép fel vízhiány, akkor kevésbé télállóbbak lehetnek a rügyek (HORÁNSZKY et al. 1980). További megfigyelések szerint a bogyóhéj megvastagszik, a bogyók mérete kisebb lesz, beltartalmi értékeiket tekintve pedig szegényebbek lesznek, a bogyókban csökken a cukor és a savtartalom (HORÁNSZKY et al. 1980; BÉNYEI et al. 1999), a fenolos vegyületek és az antocianinok mennyisége csökken (BERDEJA et al. 2014), végül a levelek idő előtt elöregednek majd száradnak (NADAL és AROLA 1995). Ezeken túlmenően csökken a fotoszintetikus aktivitás (ASLANPOUR et al. 2012, WANG et al. 2012), hiszen súlyos aszály esetén a vízhiányos állapot hatására gátlődik a Calvin-ciklushoz és a fotokémiához kapcsolódó enzimek aktivitása is (CHAVES et al. 2002). Továbbá, a szárazságstressz következtében romlik a levelek turgor-állapota és vízpotenciál-értékük, ami a levelek lankadásához vezet (BÁLO et al. 2007).

A vízhiány okozta stresszhez való alkalmazkodás olyan mechanizmusokat foglal magában, melyek lehetővé teszik a növények, így például a szőlő számára is, hogy módosítsák a lombozat vízellátását. Ezek közül a folyamatok közül az egyik leghatásosabb a további vízvesztés elkerülésére a sztómák szabályozása (HUGALDE és VILA 2014). A sztómák eltérő válaszreakciójának megfelelően megkülönböztethetünk izohidrikus, vagy anizohidrikus fajokat egyaránt (TARDIEU és SIMONNEAU 1998, SCHULTZ 2003, LOVISOLO et al. 2010, HOCHBERG et al. 2013, HUGALDE és VILA 2014). Fontos azonban megjegyezni, hogy általában a növények teljesítménye az „igazi” izohidrikus viselkedés és az „igazi” anizohidrikus viselkedés között helyezkedik el, ezért közel izo- vagy anizohidrikusnak nevezik őket (HOCHBERG et al. 2013). Izohidrikus növényekről abban az esetben beszélhetünk, amikor a növény érzékeli a talaj vízpotenciáljának csökkenését, erre pedig válaszul bezárja sztómáit (HUGALDE és VILA 2014, DAL SANTO et al. 2016). Ez lehetővé

teszi a növény számára, hogy a levél vízpotenciálját állandó tartományban tartsa (HOCHBERG et al. 2013). Ezzel szemben, az anizohidrikus növények akkor is nyitva tartják sztómáikat, ha a talaj víztartalma lecsökken, azaz a nappali levél vízpotenciál jelentősen csökken a párolgási igény mellett (PONI et al. 2014). Általánosságban elmondható, hogy az izohidrikus fajták szárazságtűrőbbnek tekinthetők, mint az anizohidrikus növények.

A szőlő alapvetően egy szárazság kerülő növény, azonban az egyes fajták sztómái korábban végzett vizsgálatok alapján eltérő válaszreakciókat mutattak, (SCHULTZ 2003, ROGIERS et al. 2009) így ennek alapján a szőlő esetében az aszálytűrés szempontjából beszélhetünk „szárazság kerülő”, azaz optimista, vagy pesszimista, azaz „szárazságtűrő” fajokról és fajtákról (SCHULTZ 2003, LOVISOLO et al. 2010, HUGALDE és VILA 2014). Ez az ökológiai osztályozás megfelel az izohidrikus és anizohidrikus növények fiziológiai osztályozásának, így tehát az optimista növényeket közel-anizohidrikus, míg a pesszimista növényeket közel-izohidrikus stratégia jellemez. A fő különbség a kettő között az, hogy a „pesszimisták” módosítanák növekedésüket és fiziológiájukat a jelenlegi erőforrások megőrzése és a jövőbeli erőforrások iránti igényük kontrollálása érdekében, míg az „optimisták” az összes rendelkezésükre álló erőforrást felhasználják annak érdekében, hogy még több érkezhessen (SCHULTZ 2003, PONI et al. 2014). Pesszimista, vagyis közel-izohidrikus típus lehet a *V. berlandieri*, *V. rupestris*, a *V. vinifera* fajtái közül pedig a 'Cabernet sauvignon', a 'Carignan', a 'Grenache', a 'Kékfrankos', 'Tempranillo' és a 'Viognier'. Míg az optimista, vagyis közel-anizohidrikus csoportba a 'Chardonnay', a 'Concorde', a 'Sémillon', vagy a 'Syrah' tartozik (SCHULTZ 2003, SOAR et al. 2006, ROGIERS et al. 2009, HOCHBERG et al. 2013, HUGALDE és VILA 2014, PONI et al. 2014). A fajták között fennálló különbségekre többféle magyarázat létezik a szakirodalomban. Kezdetben az az álláspont volt az elfogadott, hogy az izohidrikus és az anizohidrikus viselkedés genotípus-specifikus. Ennek ellenére számos vizsgálat hozott olyan eredményt, ahol ugyanaz a faj vagy fajta eltérő körülmények között, vagy akár eltérő évszakban és évjáratokban vizsgálva, izohidrikusként vagy anizohidrikusként is viselkedhet (CHAVES et al. 2010). LOVISOLO et al. (2010) javaslata szerint egy növény izo vagy anizohidrikus viselkedést is felvehet annak függvényében, hogy a növények környezeti viszonyai hogyan változnak.

Magyarországon az elterjedt fajták között is vannak szárazságra érzékenyek és szárazságtűrők. A 'Bianca', az 'Ezerfürtű', a 'Hárslevelű' és 'Rajnai rizling' például érzékenyebben reagálnak az őket érő szárazságra. Azonban például a 'Cabernet

sauvignon', az 'Irsai Olivér', a 'Kadarka' és a 'Kövidinka' ellenállóbbak a szárazság ellen (HAJDU 2003).

3.5. Az öntözés jelentősége a szőlőtermesztésben

Hazánkban alapvetően az öntözést a termésnövekedésre gyakorolt kedvező hatása miatt (elsősorban csemegeszőlő termesztésénél) használták, továbbá fagyvédelmi célt szolgált. Néhány speciális esettől eltekintve, mint például a filoxéra elleni védekezés, a sótartalom csökkentése, valamint az aszúsító öntözés, nem képezte részét a magyarországi szőlőtermesztési technológiának (LŐRINCZ et al. 2015). Az öntözés elterjedésének gátló tényezői sorolhatjuk, hogy a hazai ültetvények nagy része extenzív jellegű, a területek elhelyezkedése öntözés szempontjából kedvezőtlen, nem állt rendelkezésre megfelelő öntözőberendezés, valamint, hogy termesztési hagyományaink nem támogatták ezen kezdeményezést (HORÁNSZKY et al. 1980). Optimális esetben Magyarországon a szőlő megfelelő növekedéséhez éves átlagban 500-700 mm vízre lenne szüksége. Azonban a klímaváltozás hatására ez az átlag nem teljesül. A kieső vízmennyiséget pótolni kell. A szőlő fenológiájához kötött vízigény szempontjából elmondható, hogy a rügyfakadástól a virágzásig az éves csapadékgigénynek mindössze 2-3 százalékára van szüksége, majd rohamosan nő, a legnagyobb vízigénye pedig a terméskötődés és bogyózsendülés közötti időszakban van. Így tehát az öntözés időzítése kulcsfontosságú kérdés, hiszen nem csak az aktuális évre van hatással a kijuttatott víz, hanem az öntözés kihat a következő évre egyaránt (LIGETVÁRI 1984). ZILAI (1994) szerint általában a virágzástól a zsendülésig tartó időszakban célszerű öntözni, az érés időszakában már nem. HORÁNSZKY és munkatársai (1980) szerint a leghatékonyabban a vegetáció első felében tudunk öntözni, és célszerű a szüret előtt legalább 3-4 héttel abbahagyni a vízpótlást. Mindemellett a gyakoriságot tekintve, figyelembe véve a növények vízfelhasználást, a talaj víz-tartó képességét, a gyökérzet mélységét, valamint az időjárást, ajánlott legalább 3-6 alkalommal öntözni. Az öntözés időpontjának és a tervezett mennyiség meghatározásakor figyelembe kell venni a termesztett fajtát, az állománysűrűséget, a szőlő fejlődési szakaszát, valamint az időjárás által meghatározott vízigényt. Mindemellett a szőlő öntözésekor az is lényegi kérdés, hogy milyen célú ültetvényben, és milyen felhasználású szőlőfajta mellett szeretnénk öntözni (HORÁNSZKY et al. 1980).

Az öntözésnek a szőlőültetvényekre gyakorolt hatása sokrétű, és magában foglalja mind a szőlő fiziológiai reakcióit, mind a tágabb környezeti hatásokat. Fiziológiai szinten a vízellátottság közvetlenül befolyásolja a szőlő növekedését, a lombzat

fejlődést és a szőlő érését (CHAVES et al. 2010). A szőlő vízháztartása, akár többlettartományba esik, akár hiányos állapotba kerül, megváltoztathatja a vegetatív és a reproductív növekedés egyensúlyát, befolyásolhatja a tápanyagfelvételt, és módosíthatja a másodlagos metabolitok szintézisét és felhalmozódását a szőlőbogyókban, beleértve a cukrokat, savakat, fenolokat és aromavegyületeket (FÜRI, 1977, VAN LEEUWEN et al. 2009). A cukor, illetve a savtartalom vonatkozásában fontos kiemelni az éghajlat szerepét, illetve azt, hogy az öntözés hatására ezen értékek változása fajtánként igen eltérő lehet, sokszor jelentős különbségek csak igen súlyos aszályos környezetben mutatkozhatnak (FÜRI 1977, LIGETVÁRI, 1984). HORÁNSZKY és munkatársai (1980) az öntözés hatására változó a cukor és savtartalom vonatkozásában a következőket állapították meg. Általánosságban véve, az öntözés hatására a cukortartalom kismértékben, de csökken, a savtartalom viszont nő. A cukortartalomban tapasztalható csökkenés véleményük szerint azzal is magyarázható, hogy az öntözésnek köszönhetően a vegetatív növekedés jóval erőteljesebb, így a fűtők árnyékoltsága nagyobb. Továbbá azt is leírták, hogy biokémiai nézetből megvizsgálva az öntözött szőlő cukortartalmát, a cukorfelhalmozódás nem lassúbb, hanem elhúzódik a nagyobb létartalom és a nagyobb termés hozam hatására. Hozzáteszik, hogy az öntözött területeken ezért indokolt a későbbi szüret, és a kísérleti eredmények is azt támasztják alá, hogy a területegységen megtermelt cukormennyiség jelentős növekedés mutat, ha megfelelő időpontban történt a termés leszüretelése. Következésképpen az öntözési rendszerek nemcsak a szőlőtermést, hanem a kapott borok érzékszervi tulajdonságait és kereskedelmi értékét is befolyásolhatják.

A megfelelően alkalmazott öntözés hatására javíthatjuk a termésbiztonságot, minőséget (KOZMA 1991) és mennyiséget (FÜRI és KOZMA 1975, FÜRI, 1977, HORÁNSZKY et al. 1980, LIGETVÁRI, 1984, ZILAI 1994), növelhetjük a bogyók beltartalmi (különösen az antocianin) értékeit (ESTEBAN et al. 2001) és méretét (ACEVEDO-OPAZO et al. 2010), fokozhatjuk a hajtásnövekedést (HORÁNSZKY et al. 1980) optimalizálhatjuk a szőlő vízháztartását (HAMMAN és DAMI 2000), biztosíthatjuk a rügyek optimális differenciálódását (FÜRI és KOZMA 1975, FÜRI 1977), vagy akár a tápanyagok kijuttatásának az eszköze is lehet (ZILAI 1994). Ha nagyobb a rendelkezésre álló vízmennyiség, akkor az nagyobb mértékű párolgást tesz lehetővé, így könnyebben tud védekezni a szőlő az őt ért stresszhatásokkal szemben (LIGETVÁRI 1984). Az optimális vízellátottság biztosításával továbbá elérhető a kedvezőbb állományklíma, valamint elősegíthetjük a tartalék tápanyagok

felhalmozódását, következésképpen csökkenthető a téli fagykár mértéke is (FÜRI 1977; HORÁNSZKY et al. 1980). Ezek mellett akár a termésérést is késleltetni tudjuk a jobb vízellátás hatására (HORÁNSZKY et al. 1980).

Számos szerző (FÜRI és KOZMA 1975, FÜRI 1977, LIGETVÁRI 1984) mindezek mellett arra is felhívja a figyelmet, hogy az öntözés hatására mutatózó pozitív vagy negatív hatások a legtöbb esetben egyes szőlő fajtánként igencsak változatos lehet.

3.6.Borszőlő ültetvények öntözési módszerei

A szőlő öntözése korábban leginkább a száraz éghajlatú termővidékeken, mint például Kaliforniában, Ausztráliában és Dél-Afrikában volt a legelterjedtebb (MATTHEWS és ANDERSON 1988, SMART és COOMBE 1983, VAN ZYL 1984). Az ültetvények fenntartására, és a nagyobb termésmennyiség elérésének céljából számos öntözési technikát fejlesztettek ki és értékelték, mint például a csepegtető öntözést, az esőztető öntözést, a barázdás öntözést (HORÁNSZKY et al.1980, FÜRI 1964) a deficit öntözést (mely során csak akkor öntöznek, amikor az ültetvényben található szőlőtőkék elérték egy meghatározott fenológiai szakaszt, a többi időszakban nem juttatnak ki vizet) (CASPARI et al. 1994), valamint a részleges gyökérzóna deficit öntözését (SMART 1998), illetve a felszín alatti öntözést (SCHOLASH és RIENTH 2019).

Az esőztető öntözési mód házi kertekben is könnyen kivitelezhető módszer, ahol van vízvezeték. Nagyobb mértékű talajrendezés nélkül is alkalmazható, viszonylag kevesebb kézi munkaerőt igénylő öntözési mód. Hátránya, hogy nagy a vízpazarlás mértéke, illetve nagyobb a peronoszpóra fertőzés veszélye (ZILAI 1994). Továbbá, HORÁNSZKY (1984) az esőztető öntözőrendszer üzemi szőlőültetvényben való alkalmazását nem megvalósíthatónak tartja, elsősorban az objektív vízhiány miatt.

A felszín alatti vízpótlás során a vízelosztó vezetékeket a talajfelszín alatt 30-60 centiméter mélyen helyezzük el, az öntözni kívánt növény gyökérzetétől függően. Ezen öntözési módot javasolt olyan helyen bevezetni, ahol a talajvízszint 2 méternél mélyebben van. Többféle változata ismert a felszín alatti öntözésnek, melyek közül a legrégebbi és legismertebb a perforált, vagy szivárogtató elemmel ellátott cső, melyet a talaj felszíne alá helyeznek. E két változat használata nem javasolt homoktalajon, mivel a csepegtető öntözési módhoz hasonlóan használatuk káros talajkimosáshoz vezethet. A homoktalajon való használatához kidolgoztak egy mikrovíztárolós és kombinált elrendezésű felszín alatti öntözést. Ennek a módszernek a lényege, hogy 60 centiméter szélességben a vízelosztó cső alá V alakban egy fóliát helyeznek el, mely mikrotárolóként a gyökérzet közelében tartja a vizet (HORÁNSZKY 1986). A

módszer előnyei közé tartozik, hogy közvetlenül a gyökérszónába juttatja a vizet, ami alacsony nyomással és kedvező mennyiségben is elérhető. Továbbá, a kijuttatott víz nem igényel tisztítást, felszíni vízzel is üzemeltethető, valamint, nem áll fenn az algásodás veszélye sem. Könnyen automatizálható, nincsen eróziós veszély, kedvező hatékonysággal végezhető el a tápanyagutánpótlás. Hátránya, hogy javítása nehezebb, beruházása, kiépítése nehezebb, valamint a terepviszonyok korlátozhatják alkalmazását (ZSOLDOS és FEKETE 1988).

A szabályozott deficit öntözés (Regulated Deficit Irrigation=RDI) az ET-nél kevesebbre korlátozza az öntözést (CASPARI et al. 1994). A deficit öntözés megfelelő időzítése alapvető fontosságú e technika sikeréhez. A korai időpontban elvégzett deficit öntözések általában csökkentik a vegetatív növekedést és felgyorsítják a termés érését (REYNOLDS és NAYLOR 1994). A deficit öntözés általános koncepciója az, hogy kevesebb vizet juttatunk ki, mint amennyit a párolgás révén elveszít a szőlőtőke. A deficit öntözés és a gyökérszóna részleges száritásával járó öntözés közötti fő különbség az, hogy a deficit öntözés időben, a gyökérszóna részleges száritásával járó öntözés pedig térben alkalmazza a vízhiányt (CHAI et al. 2016).

A deficit öntözés azon az elven alapul, hogy a növények vízstresszel szembeni érzékenysége nem állandó minden fenológiai szakaszban. A jól irányított vízhiány a vegetatív növekedés és a bogyótömeg csökkenése miatt növeli a gyümölcs olyan összetevőit, mint az oldható szénhidrát, a pH, az antocianinok és a fenolok (GINESTAR et al. 1998, MATTHEWS és ANDERSON 1988, REYNOLDS és NAYLOR 1994). Ezeken kívül a „teljes” öntözés alkalmazható az evapotranspirációval (ET) elvesztett víz teljes pótlására (SMART és COOMBE 1983, WILLIAMS és MATTHEWS 1990).

HORÁNSZKY és munkatársai (1980) összehasonlították az esőztető és barázdás (felületi), valamint a csöpögtető öntözés főbb jellemzőit (**4. ábra**). Ezen kívül a csepegtető öntözésről, annak előnyeiről, kiépítésének lehetőségeiről az alábbiakat foglalták össze. A csepegtető öntözés előnyei közé tartozik, hogy a kijuttatás után a vízcseppek csak viszonylag rövid ideig vannak a levegőben, így kisebb az esélye annak, hogy nedvesítsék a környezetet, vagy a szőlő egyes részeit. A gyökérszóna nedvesen tartható hosszabb ideig és a megfelelő vízmennyiséggel, különösen a kritikus fenológiai szakaszokban. A kiépített öntözőberendezés nem akadályozza az ültetvényben tevékenykedő munkagépeket, valamint összehangolhatóak a talajműveléshez és növényvédelemhez szükséges munkafolyamatokat, továbbá a csepegtető öntözés hatására kisebb gyomflóra is várható, mellyel csökkenthető a

talajművelés szükségessége. Erózió veszélye nélkül is alkalmazható, egyenetlen, dombosabb területeken egyaránt. A csepegtető öntözés lehetővé teszi a tápanyagok vízzel együtt való kijuttatását is, továbbá a nap 24 órájában bármikor elvégezhető öntözést. Alkalmazásával növelhető a vízmegtakarítás, és az egész terület vízpótlása megoldható.

Hátrányai közül meg kell említeni azonban, hogy a rendszer kiépítési magas költséggel jár, továbbá a dugulási veszély elkerülésének érdekében a vizet kijuttatás előtt tisztítani, szűrni kell, valamint a csepegtető öntözés alkalmazásával növekedhet a talajban az abszolút sótartalom.

HORÁNSZKY (1974) az alábbiakat állapította meg, miszerint a csepegtető öntözési rendszer kiépítése előtt miket érdemes szem előtt tartani. Az ültetvény domborzati viszonyainak felmérése, víznyerési lehetőségek, melyek alapján megtervezhető a várható vízhozam, ezáltal az öntözendő felület nagyságának a meghatározása is lehetővé tehető. A rendelkezésre álló víz tisztaságának vizsgálata, különösképpen a só, vas, magnézium és kalciumtartalom vonatkozásában. Továbbá, hogy a csepegtető öntözőrendszer megvalósítását csak legalább 3-3,6 méter sortávolságú szőlőültetvényben látja reálisnak.

FÜRI (1977) szerint a leggazdaságosabb és legjobb hatásfokú öntözési mód a szőlőültetvényekben a csepegtető, vagy altalaj öntözési mód lehet, természetesen az adott vízbeszerzési viszonyok mellett. HORÁNSZKY (1984) szerint a felszín alatti öntözést érdemes választani a beruházás és megtérülés figyelembevételére szerint. Ezt különösen homoktalajokon javasolja, ahol rossz a talajvízgazdálkodás, mivel a csepegtető öntözés hatására a talaj kilúgosodását okozza. Mindezek mellett a csepegtető öntözéssel szemben előnye, hogy csaknem 20 %-os vízmegtakarítás érhető el. A felszín alatti öntözés az egyik legkedvezőbb öntözési mód lehet, hiszen előnye, hogy alacsony munkaerőigényű, kisebb a gombás betegségeknek a terjedési lehetősége.

Öntözési mód	Alkalmazási területe		Alkalmazási köre					A nedvességpótlás üteme	Vízhasznosulása %	Üzemeltetés módja
	szőlőföldi	kertészeti	fagyvédelmi	kelesztő	frisító, színező	tápanyagpótlás	növényvédelem			
	kulturában									
Esőztető	igen	ültetvényben, csak közepes hozamú vízforrás esetén	igen	igen	igen	igen	igen	megszakításos	25—40	általában gépi erővel mozgatható rendszerek
Felületi	igen	ültetvényben, sík terepen és kötött talajon	nem	nem	nem	nem	nem	megszakításos	40—60	időszakos talajprofil kialakítása
Csepptető	nem	ültetvényben, fólia és üvegházban	nem	nem	nem	igen	nem	folyamatos	80	stabil

4. ábra: Öntözési eljárások főbb jellemzői.

Forrás: HORÁNSZKY et al. 1980.

A borszőlő öntözésének elemzésére, minőségének javítására és hatékonyságának igazolására számos kutatást publikáltak az elmúlt években. Nemcsak Amerikában, hanem már Európa szerte is egyre több erre irányuló eredmény született, így hazánkban is.

FÜRI (1964) esőztető öntözőrendszerrel ellátott ültetvényben Kecskeméten vizsgálta két csemegeszőlőfajta hajtásainak növekedését, valamint szüreti értékelést is elvégzett. A vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy az öntözött tőkék hajtásnövekedése az első öntözés időpontjában még csak minimális eltérést mutatott az öntözetlen tőkékkel szemben, azonban a második öntözés után már 12-15 cm-es hajtásnövekedési különbséget tapasztalt a kezelések között. Mindemellett arról is beszámolt, hogy az öntözött tőkék hajtásai a harmadik öntözés után is növekedtek tovább, míg a kontroll tőkéké ezen időpont előtt leállt. Leírta továbbá azt is, hogy nagyszámú napperzselésre és levélsárgulása utaló tüneteket talált a kontroll tőkéken, az öntözötteken azonban egyáltalán nem. A termés mennyiségét vizsgálva azt tapasztalta, hogy az öntözés növeli a fürtök, valamint a bogyók átlagsúlyát, ezzel párhuzamosan pedig nő a cukor- és savtartalom is.

LIGETVÁRI (1984) tanulmányában arról számolt be, hogy alföldi (homoki) szőlőültetvényekben végeztek öntözéses vizsgálatokat hat éven keresztül. A vizsgált fajtaik a 'Hárslevelű', a 'Kékfrankos' és a 'Rizlingszilváni' voltak. A szőlőtőkék öntözését csepegtetőtesteken keresztül végezték el, a szükséges vízádagokat pedig TURC (1961) (in LIGETVÁRI 1984) potenciális evapotranszpirációs összefüggése és a lehullott csapadékmennyiség alapján határozták meg, a teljes tenyészterületre vonatkoztatva. Eredményeik alapján a következők állapíthatók meg. A 'Hárslevelű' tőkék terméshozama pozitívan reagált az öntözésre míg a 'Kékfrankos' és a 'Rizlingszilváni' negatívan. A cukortartalom vonatkozásában a 'Hárslevelű' esetében

az öntözetlen adta a legmagasabb cukorfokot, míg a 'Rizlingszilváninál' pozitív hatást tapasztaltak az öntözésnél. A 'Hárslevelű' és a 'Kékfrankos' savtartalma az öntözés hatására többletet mutatott tőkénkénti viszonylatban, azonban összességében a 'Rizlingszilváninál' volt savtöbblet az öntözés hatására. Megállapították továbbá, hogy a fajták eltérően reagálhatnak az öntözésre, különösen a kondíciót és annak fokozását tekintve, így kihangsúlyozták, hogy mindig a konkrét fajtára érdemes vonatkoztatást levonni az öntözés hatásait illetően.

FÜRI és KOZMA (1975) 1963 és 1970 között Kecskeméten esőztető öntözésű ültetvényben elvégzett vizsgálataik eredményeként az alábbiak mondhatók el. Az öntözés növelte a fűrttermés mennyiségét, száraz években egyes fajták esetében akár 30-40%-kal. Szintén növelte az öntözés a fűrtök és bogyók súlyát egyes fajtáknál. Végezetül pedig megállapították, hogy az esőztető öntözés hatására a termés cukor- és savtartalma egyes fajták esetében többlettartalmat okozott. Tanulmányukban arra is kitértek, hogy az öntözővíz gazdaságosabb kihasználása, valamint anyagi előnyök érdekében az esőztető öntözési mód mellett más öntözési módszerek tanulmányozását is elvégzik a jövőben.

FÜRI (1977) Kecskemét körüli területen állított be öntözési kísérletet Irsai Olivér és Glória Hungariae szőlőfajtán. Az alkalmazott öntözési kezelések az alábbiak voltak: altalajöntözés, barázdás öntözés, csepegtető öntözés, esőztető öntözés és öntözetlen kontroll. Kísérletükben kihangsúlyozták, hogy korábbi tapasztalataik alapján a javasolt öntözési időpontok a szőlő fejlődési stádiumát tekintve a következők: a bogyók kötődés utáni állapota, a bogyók intenzív fejlődési állapota, végül pedig a bogyók zsendülési állapota. Az öntözés gyakoriságát az évjárat szerinti csapadékmennyiségtől és a talaj vízellátottságától tették függővé, viszont az öntözővíz mennyisége kezelésenként eltérő volt. Eredményeik bemutatásakor kitértek arra, hogy a tőkék termékenysége a legegyszerűsebb pozitív hatást az esőztető és az altalajöntözés mutatta az öntözetlen tőkékkel szemben. A termés mennyiségét illetően a csepegtető öntözés és az altalajöntözés bizonyult a legpozitív hatással az öntözetlennel szemben. A termés cukortartalmának vonatkozásában azt tapasztalták, hogy minden öntözési mód pozitív hatásának minősült az öntözetlennel szemben, különösen a csepegtető öntözés. Továbbá beszámoltak arról is, hogy az 'Irsai Olivér' vessző termésére, a hajtások növekedésére minden alkalmazott öntözési mód pozitív hatással volt.

BÁLO és munkatársai (2003) 1996 és 2005 között Egerben, egy 'Chardonnay' ültetvényben kiépített csepegtető öntözéssel ellátott szőlőültetvényt vizsgáltak (ahol

az öntözés mellett egyidejűleg tápoldatozás is történt), melyet összehasonlítottak nem öntözött ültetvényrésszel. Eredményeik alapján 15-30%-kal több termést adtak az öntözött kezeléssel ellátott szőlőtőkék, valamint arra is kitértek, hogy a borok aromatartalmára az évjáratok nagyobb hatással vannak, mint az öntözési kezelések.

PISCIOTTA et al. (2018) 2 éves kísérletükben 'Cabernet Sauvignon' fajtán keresztül összehasonlították a felszín alatti és felszín feletti csepegtető öntözési módokat, ahol következtetésképpen arra jutottak, hogy a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkék nagyobb vízfelhasználási hatékonyságot mutattak, mint a csepegtető öntözéssel ellátott tőkék.

REYNOLDS et al. (2007), az öntözés szőlőre gyakorolt hatását vizsgálták, ahol öt különböző öntözési kezelést értékelték egy ontarioi 'Chardonnay' szőlőültetvényben egy négyéves időszak alatt. Az öt különböző kezelés az alábbi volt: I) kontroll, II) öntözés szüneteltetése a virágzás utáni időszakban, III) az érés kezdete előtt, IV) a zsendüléskor, valamint V) egy olyan parcella, ahol a vegetációs időszak teljes egésze alatt zajlott öntözés. A transzspirációs (párologtatási) ráta, a déli levélvíz-potenciál és a talajnedvesség adatai alapján arról számoltak be, hogy az öntözés elhagyása (kontroll) és az öntözés korai időpontban való szüneteltetése gyakran alacsony vízellátottsághoz vezettek, annak ellenére, hogy a négy évszaktól kettőben elegendő csapadék hullott. Azokon a területeken, ahol a vegetációs időszak egészében öntöztek, 18%-kal (2001) és 19%-kal (2002) növekedett a termés a kontrollhoz képest. Az vegetációs időszak teljes időszaka alatt történt öntözésű területekről szedett minták esetében négy évből két évben hasonló vagy magasabb cukortartalmat mutatott, mint az összes többi kezelés.

CHAVES et al. (2007) két szőlőfajtán ('Moscatel' és 'Castelao') 3 éves kísérletükben azt vizsgálták, hogy hogyan alakul a szőlőtőkék evapotranspirációja, illetve a bogyók beltartalmi értékei a vegetációs időszak teljes egésze alatt öntözött, deficit öntözésű, valamint a gyökérszóna részleges deficit öntözésével (PRD) ellátott területeken. Eredményeik alapján elmondható, hogy a nem öntözött és több esetben a deficit öntözött szőlő magasabb antocianin és összes fenolkoncentrációt mutatott, mint a gyökérszóna részleges deficit öntözésével ellátott ültetvény és a vegetációs időszak alatt végig öntözött szőlők. Továbbá arról is beszámoltak, hogy ezeket a minőségre gyakorolt hatásokat a növekedési erély csökkenése okozza, ami a fűrtzóna fénybefogásának növekedéséhez vezet.

Közép-Olaszországban (a Marche régióban) végzett öntözési kísérlet arra alapult, hogy széles körben telepített 'Sangiovese' szőlőfajta esetében, a kimaradó vízmennyiséget, melyet a nyári aszályos időszakok okoznak, hogyan lehetne

optimálisan pótolni az öntözés időzítésével és a víz mennyiségével. LANARI et al. (2014) kutatásukban azt elemezték, hogy az egyes öntözési módszerek esetében a talaj víztartalma hogyan alakul a szőlő lombkorona alatti talajrészén, amit kapacitív szondával követtek nyomon, továbbá a fenológiai állapotok alakulását is vizsgálták. Az öntözés nélküli kontrollszőlőket az előző heti párolgás 33%-ának vagy 70%-ának pótlásán alapuló deficit öntözéssel hasonlították össze. A deficit öntözés a borsó nagyságú bogyóállapot és a zsendülés közötti fenológiai fázisokkor történt. A legszárazabb évben (2007) az öntözetlen kezelés esetében alacsony terméshozamot (8 t/ha) és túlzottan magas összes oldható szárazanyag-tartalmat tapasztaltak a szüreti időpontban. A deficit öntözéssel kezelt ültetvények esetében javult a terméshozam (12 t/ha) és csökkent a cukortartalom is (kb. 22 °Brix) anélkül, hogy az antocianin tartalom és fenolok koncentrációja csökkent volna.

A közvetlen gyökérzóna öntözése egy újszerű, felszín alatti csepegtető öntözési stratégia a víztakarékosság érdekében. Ennek öntözési módszer a hatékonyságának igazolására MA et al. (2020) kétéves kísérletet állítottak be 'Cabernet Sauvignon' fajtán, közvetlen gyökérzónás (felszín alatti) öntözés és felszíni csepegtető öntözés mellett. Tanulmányukban ezeknek a módszereknek a teljesítményét és hatékonyságát hasonlították össze Washington állam dél-középső részén az Egyesült Államokban. A felszíni csepegtető öntözéshez képest a közvetlen gyökérzónás öntözés 9-12%-kal javította a szőlő terméshozamát és 9-11%-kal a termés vízfelhasználásának hatékonyságát. A közvetlen gyökérzónás öntözéssel öntözött szőlőtőkék gyökérszáma 48-67%-kal, illetve 50-54%-kal csökkent a felső talajrétegekben (0-60 cm). Továbbá arról is beszámoltak, hogy az öntözés mértéke, illetve annak gyakorisága volt a bogyók morfológiáját leginkább befolyásoló tényező. A kisebb mértékű öntözés a bogyók tömegének, méretének és számának csökkenését eredményezte.

3.7. A szőlőültetvények lombszerkezete

A szőlő lombozata a növény levél- és hajtásrendszerének összességét jelenti (SHAULIS és SMART 1974). Ez a térbeli határok méreteivel (azaz szélesség, magasság, hosszúság stb.), valamint az ezen a térfogaton belüli hajtásrendszer mennyiségével (jellemzően levélfelület) írható le. A szőlő lombozata a téli rügyekből fakadó hajtásokból, az alapi és rejtett rügyekből fakadó fattyúhajtásokból és a hajtások levélhóncsában található nyári rügyek fakadásából eredő hóncshajtásokból áll. A hóncshajtások egy része jellemzően néhány levelet hoznak csupán, ezek a hajtások nem fásodnak el, ősszel lehullanak. Azonban vannak olyan hóncshajtások is, melyeket erőteljes fejlődés jellemez, és másodtermés fejlesztésére is képes. A hajtástípusok közé

tartoznak még a fattyúhajtások is, melyek a fás részek rejtett rügyeiből fejlődnek ki (BÉNYEI et al. 1999, LEPEJ et al. 2024)

A kialakuló hajtások (fő- és oldalhajtások) számát befolyásolhatja a választott tökeművelésmód, az alkalmazott szőlőtermesztési technológia (metszési gyakorlat, rügyterhelés, zöldmunka), a szőlőfajta genetikai jellemzője, a növény általános fiziológiája, mint például a tápanyagellátottság, továbbá a környezeti tényezők. A lombozat szerkezetét továbbá a hajtáson lévő levelek száma határozza meg, amelyet az internódiumok hossza befolyásol, mivel a levelek azokon keletkeznek. A levélrétegek száma, továbbá az egyedi levélfelület (LA) szintén hatással van a lombozat felépítésére és annak szerkezetére. A lombozat szerkezete közvetlen hatással van a lombozatban kialakuló mikroklímára, különösen a napfénynek való kitettség, a kialakuló páratartalom és hőmérséklet vonatkozásában, amely a betegségek kialakulásában játszik kulcsfontosságú szerepet. Ezen kívül a lombozat szerkezete hatással van a növény élettani folyamataira, a rügyek termőképességére, a télállóságra, a must és a bor hozamára és minőségére (REYNOLDS et al. 1994a,b, LEPEJ et al. 2024).

Mivel a lombozat méretének és alakjának értékelése fontos szempont (KRIEDEMANN és SMART 1971), a leírás módszertana hosszú múltra tekint vissza, és többféle eljárásra épül. Az egyik lehetséges módszer az OIV (2009) által kiadott leírás, mely referenciát ad a szőlő hajtásállásra (OIV006). Másik módszer lehet a PointQuadrat, melyet sokáig elsősorban a gyepkutatásban alkalmaztak (LEVY és MADDEN (1933), cit. in WILSON 1959), de a szőlőültetvényekben is hasznos és könnyen kivitelezhető vizsgálati eljárás lehet a lombozat szerkezetének feltérképezésre. Például SMART et al. (1990), majd később PONI et al. (1996) kimutatták, hogy a szőlő lombkoronájának vízszintes PointQuadrat-os megfigyelése értékes információkat szolgáltat a lombozat levélrétegszámáról, sűrűségéről, fűrtszámáról, ezért az elmúlt évtizedekben számos vizsgálatot végeztek (PONI et al. 1996, DIAGO et al. 2019, PALLEJA et al. 2017, LEPEJ et al. 2024). A PointQuadrat-ot a lombozat megfigyelésére informatív módszernek tekintik, amelyet általában a lombozat fűrtzónájában végeznek, ahogyan azt WHEELER et al. (2005) is tették kutatásukban.

A közelmúltban a távérzékelési módszerek is hatékonynak bizonyultak a lombozat szerkezetének leírására. ORLANDO et al. (2016) okostelefonos alkalmazást használtak a LAI és a lombozat sűrűségének értékelésére. DIAGO et al. (2019) RGB-alapú módszereket alkalmaztak a lombozat porozitásának, a fűrtök és a levelek

expozíciójának analizálására, továbbá LÓPEZ-GRANADOS et al. (2020) leírták, hogy az RGB-alapú fotogrammetria lehetővé teszi a lombzat szerkezetét érintő egyes zöldmunkák, vagy fitotechnikai műveletek hatásának leírását.

A vízhiányos állapot a szőlő lombzatát is befolyásolhatja, ezt támasztja alá CASTELLARIN és munkatársai (2007) által végzett kutatás, ahol kimutatták, hogy a lombzat szerkezete a vegetációs időszak során fokozatosan romlott, ahogy a vízhiánynak való kitettség nőtt. A lombzat rétegződése mindkét évben csökkent aszályos körülmények között. A levélrétegszám 2004-ben a szüretkor és 2005-ben az érés utolsó két hetében szignifikánsan alacsonyabb volt a vízhiányos növények esetén. A különbség 2005-ben nagyobb volt, amikor a szőlő a vegetációs periódus utolsó részében intenzívebb vízhiánynak volt kitéve. A vízstresszben szenvedő tőkéken tehát mindkét évben nőtt a napfénynek kitett fürtök aránya, de a különbségek csak a 2005-ös szüretkor voltak szignifikánsak.

A vízstresszre adott válaszok és a vízhiányos állapot lombzatra gyakorolt hatását egyre szélesebb körben vizsgálják. A különböző növények lombzatának LiDAR-alapú (Light Detection and Ranging) mérései és a vízstresszre adott reakciók is egyre gyakoribbak a mezőgazdasági kutatásokban. SU et al. (2019) szárazföldi lézerszkennelvel gyűjtöttek LiDAR adatokat 20 kukoricafajtáról hat növekedési szakaszban, szárazságstressz alatt. A LiDAR pontfelhőkből három, a szárazsággal kapcsolatos morfológiai sajátosságot (növénymagasság, növényterületi index és vetített levélfelület) számoltak ki az egyes növények esetén. MULUGETA ANELEY et al. (2023) 64, korábban a szárazságtűrés szempontjából jellemzett burgonya genotípust vizsgáltak tíz, szárazságstressz-forgatókönyvet reprezentáló kísérletben. Két kísérletben egy automata LiDAR-rendszer folyamatosan nyomon követte a hajtások fejlődését optimális és csökkentett vízellátás mellett. Naponta hat 3D képet kaptak, amelyek a növények magasságának, a levélfelületnek, a vetített levélfelületnek és a levélszögnek az időbeli alakulását szolgáltatták.

A LiDAR rendszert sikeresen alkalmazták szőlőültetvényekben is. FASIOLO et al. (2023) például 2D LiDAR érzékelőket használtak a lombkorona szerkezetének és sűrűségének érzékelésére a különböző sorokban. Később LEPEJ et al. (2024) is sikeresen alkalmazták a LiDAR alapú szenzorokat a szőlőtőkék lombzatszerkezetének felmérésre, ahol az öntözetlen és öntözött ültetvények összehasonlítása volt a kutatás célja.

A LiDAR széles körben elterjedt eszköz az erdőszetben és a mezőgazdaságban egyaránt. MATHEWS és JENSEN (2013) szerint a mozgásból származó struktúrán

(SfM) alapuló számítógépes látás és a létrehozott pontfelhő értékes információkat szolgáltat a lombzat felépítéséről. PAGLIAI et al. (2022) is igazolta a pontfelhő-módszerek pontosságát a szőlészetben.

3.8. Színelemzés és vegetációs indexek a szőlőtermesztésben

A növények színét a bennük található színanyagok adják. A klorofill a zöld színtestekben található, ettől válnak a növények zöld színűvé. Azonban számos eltérő színanyagokat tartalmazó színtestek is megtalálhatóak a növényekben. A narancssárga szín kialakulásáért a karotin, a citromsárga színért pedig a xantofill a felelős, melyeknek köszönhetően fejlődik ki például a virágszirmok élénk, de akár a termések, gumók fajra jellemző színe egyaránt (FEHÉR 2019).

A növényekben lezajló színeképződést számos tényező befolyásolhatja. Ez jelentős hatással lehet a növények életfolyamataira, vagy akár a termésminőségre is. Ilyen tényező lehet például a fény beesési szöge és intenzitása, a tengerszint feletti magasság, a növényi tápanyagok, az öntözés (vízellátottság) és a stressz tényezők. Ezeket a változásokat napjainkban már számos eljárás segítségével nyomon tudjuk követni, mennyiségi és minőségi mérések elvégzésével. Ilyen minőségi mutató lehet a levelek zöld színe, mely a növények egészségi állapotának legáltalánosabb indexe (RICCARDI et al. 2014). Mindezek mellett a színmérést, különösen a növények tápanyag ellátottságára és stressz állapotainak felmérésére, valamint a fajták és fajok azonosítására használják (DOGAN és UYAK 2019).

A képrögzítés és az adatfeldolgozás technológiai fejlődése révén a képalkotási technikák különböző gyakorlati problémákra adnak megoldást a biológia, az orvostudomány és a mezőgazdaság területén egyaránt. A szín különféle eszközökkel írható le: összehasonlíthatjuk a mintáinkat például színetalonokkal, de végezhetjük az objektumok elemzését spektrométerekkel vagy szoftveres úton digitális kamerákkal készített képek segítségével. Mivel a digitális fényképezőgépek képminősége az utóbbi években jelentősen javult, megfizethetőségük és készenléti elérhetőségük miatt kívánatos és megfelelő eszközök mind a terepi mind a laboratóriumi vizsgálatokhoz (KENDAL et al. 2013).

Az elmúlt években az RGB-alapú képalkotás alkalmazásában jelentős előrelépés tapasztalható a mezőgazdaság és a kertészettudomány különböző területein. A biológiai folyamatok során néhány jelentős élettani változást a színváltozás jellemezhet. Az RGB képalkotás egyszerű technikája nyomon követheti a színváltozásokat, és közvetlenül segíthet a növény fejlődési stádiumának és egészségi állapotának nyomon követésében (GUPTA et al. 2014). Az RGB színmodellben

továbbá lehetőség van az objektum képének bármelyik pixel színének regisztrálására pixelenként három olyan színérzékelővel, amelyek a vörös (red - R), a zöld (green . G) vagy a kék (blue - B) tartományt érzékelik (FORSYTH és PONCE 2003). A nagyfelbontású RGB képek lehetőséget nyújtanak például a tökehiányok elemzésére, valamint a növények egészségi állapotának jellemzésére (DI GENNARO és MATESE 2020). Az RGB színtér elemzése vegetációs indexek számítását is lehetővé teszi, így alternatívát jelenthetnek az NDVI és az ahhoz szükséges NIR kamerák mellett (ZHOU et al. 2017). XU et al. (2011) által végzett kutatás alapján elmondható, hogy mind ezek mellett a tápanyaghiány okozta problémák korai felismerésére is egyre gyakrabban és szélesebb körben alkalmazzák a színmérésen alapuló diagnosztikát, ugyanis, különböző tápanyagok okozta hiányok korai szakaszában a tünetek nem minden esetben nyilvánvalóak, és sokszor még a szakértők sem tudják teljes biztonsággal diagnosztizálni. Ezekkel a képalkotási módszerekkel akár a növényi betegségek is detektálhatóak, még jóval a szemmel látható tünetek előtt, ahogyan azt MEUNKA EWJINDA et al. (2008) is bizonyították tanulmányukban.

A szőlőfajták (*Vitis vinifera* L.) morfológiai jellemzésében (ampelográfia), nagy jelentősége van az egyes szervek színének. A fajták között különbség figyelhető meg a levél, a hajtás, a bogyó és a magok színében (HAJDU 2003). A levél színére jelentős hatást gyakorol a termőterület és a termesztéstechnológia. A tápanyaghiányok, kártevők és kórokozók sajátos tüneteket produkálnak, melyek befolyásolják többek között a levél klorofilltartalmát, és ezen keresztül a levéllemez színét. A bogyók héja és a hús színe fontos tulajdonság, amely nagy befolyással van a későbbi borászati vagy egyéb élelmiszeripari feldolgozására. A gyümölcs színe bor- és csemegeszőlőben egyaránt kritikus pont mind a kék, mind a fehér fajták esetében. A bogyókban található egyes antocianin típusok aránya felhasználható akár a fajok megkülönböztetésére is. Az antocianin tartalom mérésére kémiai úton is megoldható, mint például folyadékkromatográfiás eljárással (HPLC), mely egy viszonylag drága, és időigényes folyamat (UNDERHILL et al. 2020). A színtér alapú módszerrel a kapott eredmények költséghatékony megoldást nyújthatnak a szőlőtermesztők számára, mivel egy spektrométer költséges, továbbá a laboratóriumi elemzés időigényes lehet (VIBHUTE et al. 2014).

A szárazság detektálására vagy kimutatására több kutatás is irányult, mely során színelemzést vagy vegetációs indexeket alkalmaztak. PÔÇAS és munkatársai (2015) egy portugáliai szőlőültetvényben tesztelték különböző vegetációs indexek alkalmazásával a szőlőtőkék vízellátottságát. A vegetációs indexek közül a „VARI”

és az „NDGI” indexek bizonyultak a legalkalmasabb mutatóknak a szárazság és a vízellátottság megállapítására.

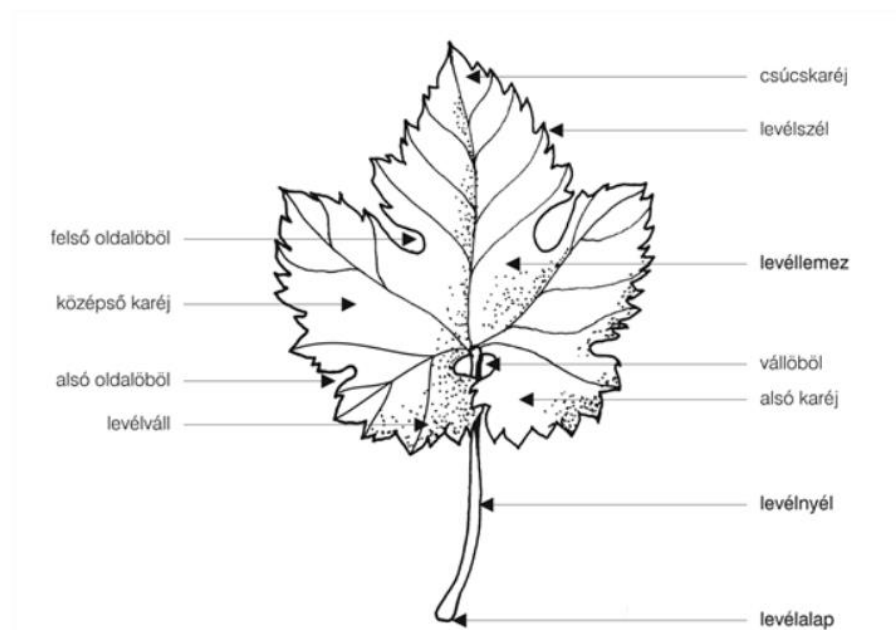
BRIGLIA és munkatársai (2019) eredményei azt mutatták, hogy az RGB alapú „sötétzöld” tartomány erős korrelációt mutatott a szőlő leveleinek víztartalmával, továbbá, hogy a „sötétzöld” tartomány mellett az „NIR” értékei is csökkentek a szárazság mértékének növekedésével, míg a „sárga” színtartományba tartozó értékek növekedtek. Ezek az eredmények hozzájárulhatnak a roncsolásmentes szárazságstressz meghatározásához RGB alapú színindexekkel.

GIOVOS és munkatársai (2021) összefoglaló kutatásukban összegyűjtötték, hogy melyik vegetációs index alkalmas az egyes növényélettani folyamatok monitorozására, egyben közülük a szárazságstressz detektálására. Tanulmányuk eredményei alapján elmondható, hogy az „NDWI”, az „SIWSI”, a „GVMÍ” és az „MSI” vegetációs indexek a legérzékenyebbek a levelek vízállapotára, ezáltal a szárazságstressz meghatározására és nyomon követésére.

3.9. Ampelometria – Ampelográfia

Az ampelográfia tudománya a szőlőfajok, fajták, klónok és általában a szőlő növény jellemzésével és leírásával foglalkozik, mely a szőlő morfológiai bélyegein alapul, és hosszú történelmi múltra tekint vissza. Az „ampelográfia” kifejezést először 1661-ben használta Philip Jacob Sachs, (BODOR-PESTI et al. 2023). A módszer az évszázadok alatt sokat fejlődött és olyan szerzők munkáiban jelent meg, mint CLEMENT, később VIALA és VERMOREL, CONSTATINESCU, JAMAIN és NEGRENAU (cit. in BÉNYEI et al. 1999, BODOR-PESTI et al. 2023). Hazai példaként: NÉMETH MÁRTON (1967), CSEPREGI és ZILAI (1976) és KOZMA (1967) említhető.

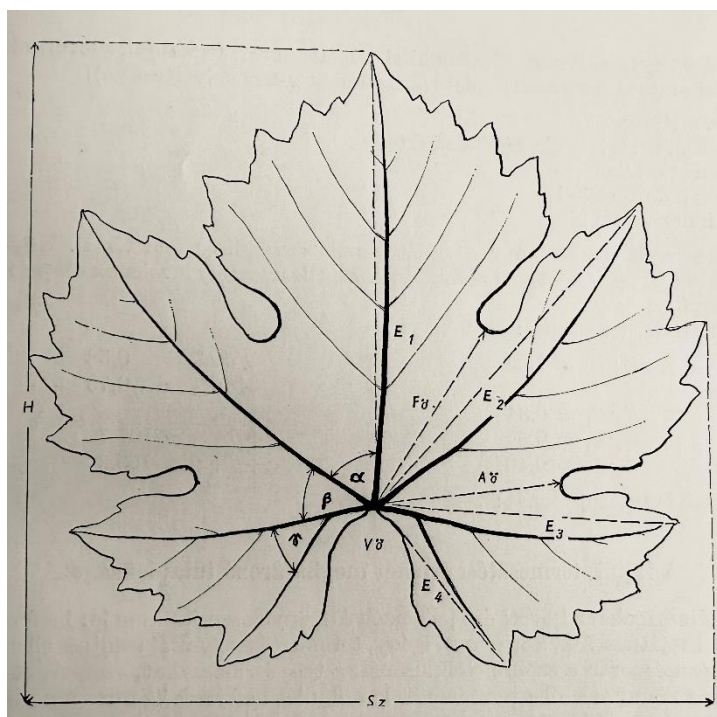
Nemzetközi szinten jelenleg is elfogadott és általánosan használt fajtabélyegek leírására alkalmazott leírásokat az OIV adja ki (OIV, 2015). Az OIV leírórendszerében jelenleg 151 morfológiai, fenológiai és növényegészségügyi bélyeg található (BODOR-PESTI et al. 2023), melyekből a legtöbb levélen található meg (5. ábra). A levelek a szár nóduszain, egyesével, emeletenként feljebb haladva tekintve, váltakozó oldalon találhatóak. A levelek három fő része: levélalapról, levélnyélből és levéllemezből. Rengeteg morfológiai tulajdonsággal rendelkezhetnek a szőlőfajták egyes levelei, mely szerv a fajták leírásában az egyik legrégebb óta használt eszköze az ampelográfiának is (BÉNYEI et al. 1999).



5. ábra: A szőlőlevél részei. Forrás: BÉNYEI et al. 1999.

Az ampelográfia egyik résztudománya az ampelometria. Az ampelometria számszerű vizsgálaton alapuló rendszerezési forma (CSEPREGI és ZILAI 1976). BODOR-PESTI et al. (2023) szerint az ampelometria tudományában számos újítás született arra vonatkozóan, hogy hogyan történhet az egyes levelek ilyen módszerű jellemzése. Például először FREGE, METZGER és TERSÁNCZKI használt számszerű adatokat a bogyóméret és a levélnyél hosszának jellemzésére. Mégis azt mondhatjuk, hogy az ampelometria jelenlegi alapjai GOETHE (1887), RAVAZ (1901) és GALET (1951) nevéhez fűződik. GOETHE a levél vállöböl nyitottságát (szögét) és az erek között bezárt szögeket vizsgálta (**6. ábra**). RAVAZ 10 különböző csoportba rendszerezte az erek között bezárt szögeket, továbbá számszerű jellemzéseket használt a levelek fogazottságára is. Galet az erek közötti arányok és szögek összegének folyamatos adatait kategorikus változókká alakította, amelyekből ampelometriai indexet adott meg.

Hazai kutatók közül NÉMETH MÁRTON (1967) volt az, aki az ampelometriai vizsgálatokat úgy végezte, hogy a levelek színi oldalán felmérte a levélerek hosszát és azoknak egymáshoz viszonyított arányát, a levelek hosszának és szélességének arányát, valamint a levélerek között bezárt szögeket.



6. ábra: A levél ampelometriai adatai. Forrás: NÉMETH (1967)

Az ampelometriai leírások többféleképpen történhetnek. Elvégezhető kézi mérésekkel, azonban az idő és munkaigényes. A digitális technológia fejlődésével azonban ma már számos lehetőség rendelkezésünkre áll a vizsgálatok felgyorsítására. Ezekhez a legtöbb esetben elegendő a begyűjtött levelek digitalizálása, mely akár egy otthoni szkennel segítségével is megoldható. Már több szoftver is elérhető és könnyedén használható. Ilyen szoftver MARTINEZ és MANTILLA (1995) által fejlesztett „Digital Image Processing System MIP 1.4”, vagy a doktori munkám során is használt magyar „GRA.LE.D.” nevű program (BODOR et al. 2012). Mindezek mellett az ImageJ nevű szoftver is megfelelő lehet a mérések elvégzésre (BODOR-PESTI et al. 2023). A mesterséges intelligencia rohamos fejlődésével egyre nagyobb teret kapnak a kertészeti kutatások, így az ampelometria területén is a méréseket segítő eljárások kifejlesztése. Az új, képalkotáson alapuló rendszerek a fejlett és innovatív technológia előnyeit élvezik, és az ampelometriában nem jártas szakemberek is használhatják őket. E célból a „DeepLearning” és a „MachineLearning” is egyre gyakrabban alkalmazott módszer az ampelometria tudományán alapuló osztályozásra is. MAGALHAS et al. (2023) a MobileNet v2, ResNet-34 és VGG-11-BN DL osztályozókat hasonlították össze, hogy felmérjék a digitális ampelográfiára való alkalmasságukat. Vizsgálatukban az összes modell 92%-nál magasabb sikerességgel tudta azonosítani a szőlőfajtákat a digitalizált levélen keresztül. Így a közeljövőben ezeknek a módszereknek a terjedése biztosan várható.

4. VIZSGÁLATOK ANYAGA, HELYE ÉS MÓDSZERE

4.1. Termőhely

4.1.1. Neszmélyi borvidék

A Neszmélyi borvidék Komárom megyében, a Duna mentén helyezkedik el (7. ábra). A borvidéken található szőlőterületek nagyrésze a Gerecse hegység nyugati részén található. A borvidéken elterülő szőlőterületek felülete 2023-ban elérte a 834,6 hektárt, mely az összes hazai borvidék területének 1,6%-a (HNT 2024). A borvidéket nyugatról a Kisalföld határolja, mely nagyban befolyásolja a szőlőterületek klímáját. Északról a Duna határolja, mely folyó jellegzetes mikroklímát kölcsönöz a borvidéknek különösen az északi irányú, enyhe lejtőkön. A Duna közelében elhelyezkedő szőlőültetvények számára a folyóról visszaverődő napsugarak kiváltképpen szerencsésen módosítják a kialakuló mikroklímát. Mérsékelt hűvös és csapadékos tél, valamint hasonlóképpen mérsékelt meleg nyár jellemzi, kevésbé napsütéses időjárással. Az átlagos, éves csapadékmennyiség közepes, azonban évről évre gyakrabban alakulnak ki aszályos időszakok. A vidék klímáját tekintve kiegyenlített kontinentális, a tavaszi és őszi fagyok mérsékelt gyakoriak (LŐRINCZ et al. 2015).



7. ábra: A Neszmélyi borvidék elhelyezkedése
Forrás: BORÁSZPORTÁL.HU

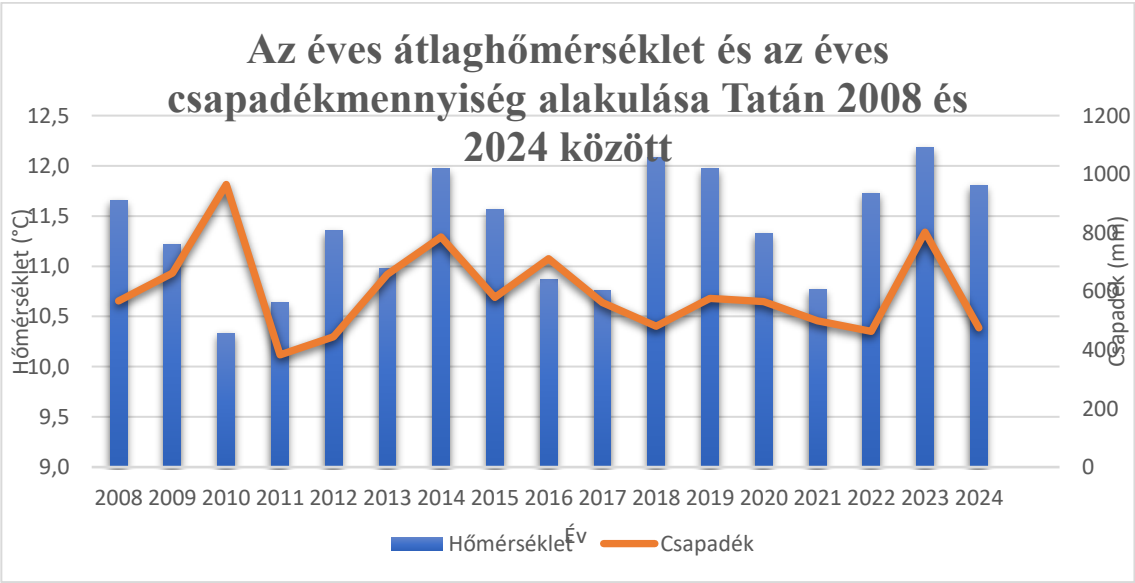
A borvidék évi középhőmérséklete 10,0-10,2 °C, az évi napfénytartam 1950-2000 óra. Az évi csapadékmennyiség 550-650 mm között alakul (8. ábra). Talajtani adottságai szerint a vidéken túlnyomórészt löszön, homokkővön és mészkővön kialakult barna erdőtalajok a jellemzőek. A borvidéken főként magasművelés (egyesfüggöny, Moser, ernyő) az elterjedt, nagyobb részben fehérborszőlő termesztése zajlik, de ajánlott fajtaként szerepel a 'Cabernet Sauvignon' is. A legelterjedtebb fajták közé tartozik a

’Chardonnay’, ’Szürkebarát’, ’Rizlingszilváni’, ’Királyleányka’, ’Ezerjó’, ’Olasz rizling’, ’Cserszegi fűszeres’, ’Irsai Olivér’, ’Tramini’ (1. táblázat).

1. táblázat: A Neszmélyi borvidék legelterjedtebb szőlőfajtái és termesztett területeiknek nagysága. Forrás: HNT (2024)

Fajta	Terület (ha)
’Chardonnay’	150,1
’Cserszegi fűszeres’	43,7
’Ezerjó’	30,5
’Irsai Olivér’	79,2
’Királyleányka’	67,7
’Olasz rizling’	45,6
’Rizlingszilváni’	43,6
’Szürkebarát’	139,7
’Tramini’	27,9

A Neszmélyi borvidék úgynevezett „fehérboros” borvidék, zászlós boraik fehérbor-szőlőfajtákból készülnek. Jellemzőek a könnyed, üde, ám savas fehérborok, melyet elsősorban a borvidék talaj-és éghajlati viszonyai tesznek lehetővé (LŐRINCZ et al. 2015). A jelenleg is hatályos Neszmély oltalom alatt álló eredetmegjelölés termékleírása alapján a borvidéken három bortípus elkészítése engedélyezett.



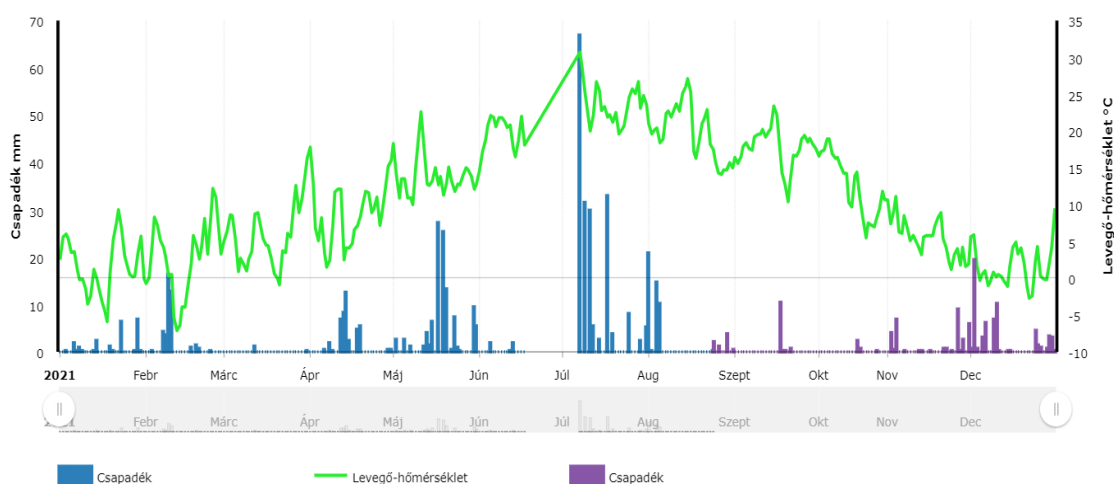
8. ábra: Az éves átlaghőmérséklet és az éves csapadékmennyiség alakulása Tatán 2008 és 2024 között.
Forrás: OMSZ adatbázis

4.2. A vizsgálati évek klimatikus jellemzése

Vizsgálatainkat 2021 és 2024 között végeztük. A vizsgált területek időjárási viszonyainak bemutatását, illetve az egyes évjáratok jellemzését, a tatai Látóhegyen, a Hárslevelű ültetvényben, a KITE Zrt. által kihelyezett PGR rendszer révén biztosított adatai alapján végeztük. Minden év adatait január 1. és december 31. közötti időszakokban, napi bontásban mért adatok alapján értékeltük. A műszer neve: Agrometeorológiai Bázis állomás, modell: CSMEWS.03 (Gyártó: Csiha Innovációs és Technológiai Zrt.).

4.2.1. 2021-es évjárat jellemzése

2021-ben az évi középhőmérséklet 11,12 °C volt. A legmagasabb hőmérséklet 36,5 °C, míg a legalacsonyabb hőmérséklet -12,2 °C volt. A 2021-es évben lehullott évi csapadékmennyiség 574,1 mm volt. A 2021-es évi levegő-hőmérsékleti és csapadékmennyiség adatokat az alábbi, **9. ábra** grafikusán is szemlélteti.



9. ábra: A 2021-es év léghőmérsékleti és csapadékmennyiség adatai
(Forrás: PGR.hu, a Tata Látóhelyen kihelyezett meteorológiai állomás alapján)

A mért levegőhőmérsékleti adatok átlagos értékeit, illetve a lehullott csapadék mennyiségét havi bontásban a **2. táblázat** tartalmazza.

2. táblázat: Léghőmérséklet havi átlaga és a csapadékmennyiség havi összege 2021-ben (Forrás: PGR.hu, a Tata Látóhelyen kihelyezett meteorológiai állomás alapján)

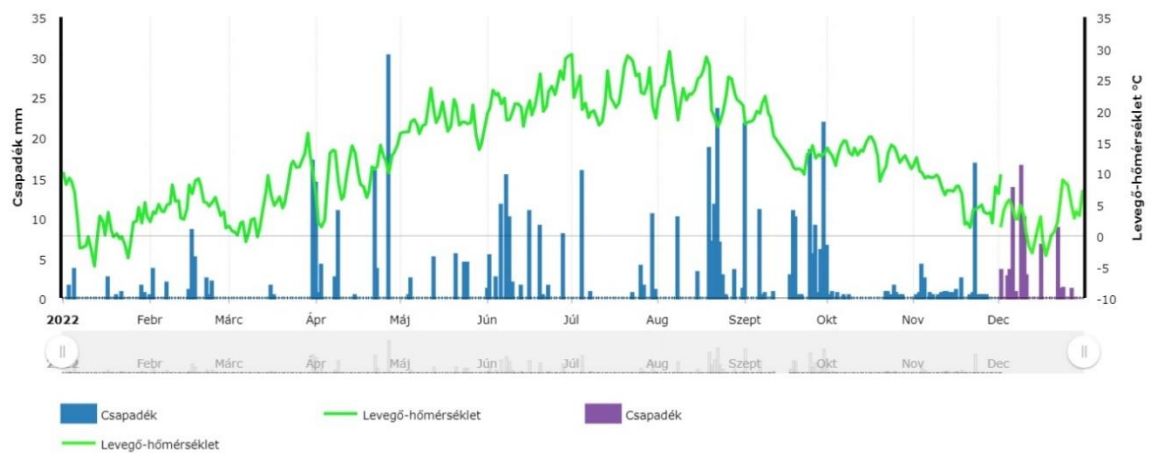
Hónap	Léghőmérséklet (°C)	Csapadék (mm)
január	1,64	22
február	2,73	40,8

március	5,80	1,6
április	8,67	44
május	13,86	109,8
június	19,69	4,1
július	23,66	188,9
augusztus	19,86	53,9
szeptember	17,78	11,5
október	12,66	3,2
november	5,55	31,9
december	1,57	62,1

A 2021-es évben mért adatok alapján elmondható, hogy a levegő átlaghőmérsékletét tekintve a legmelegebb hónapok a júliusi hónap (23,66 °C) volt. Érdekes módon, annak ellenére, hogy a legmelegebb hónap volt 2021-ben, egyben a legcsapadékosabb (188,9 mm) is volt. Az ezt megelőző hónapban, azaz júniusban a területen lehullott csapadékmennyiség mindössze 4,1 mm volt. Előtte a májusi hónap volt még a júliusi hónaphoz hasonlóan csapadékosabb hónap, ahol 109,8 mm csapadék hullott összesen. A tenyészidőszakot tekintve április és október között összesen 415,4 mm csapadékot mért a meteorológiai állomás, a levegő átlaghőmérséklete ebben az időszakban pedig 16,6 °C fok volt. Összességében elmondható, hogy a 2021-es évben a területen mért meteorológiai adatok szőlőtermesztés szempontjából átlagos értékek, azonban a csapadék eloszlása a hónapokat tekintve nagy eltéréseket mutatott.

4.2.2. 2022-es évjárat jellemzése

A területen található meteorológiai állomás adatai alapján a 2022-es évben az átlag levegő-hőmérséklet 13,1 °C volt, az évi csapadékmennyiség pedig 589,7 mm. A legmagasabb hőmérséklet az évben 38.2 °C, a legalacsonyabb pedig -8,9 °C volt. Az egész évben mért adatokat napi lebontásban a **10. ábra** mutatja be grafikusan ábrázolva.



10. ábra: Léghőmérséklet és csapadékmennyiség alakulása 2022-ben. (Forrás: PGR.hu, a Tata Látóhelyen kihelyezett meteorológiai állomás alapján)

Havi lebontásban a lehullott csapadékmennyiséget és a mért átlagos levegő-hőmérséklet adatokat a **3. táblázat** foglalja össze.

3. táblázat: Léghőmérséklet havi átlaga és a csapadékmennyiség havi összege 2022-ben. (Forrás: PGR.hu, a Tata Látóhelyen kihelyezett meteorológiai állomás alapján)

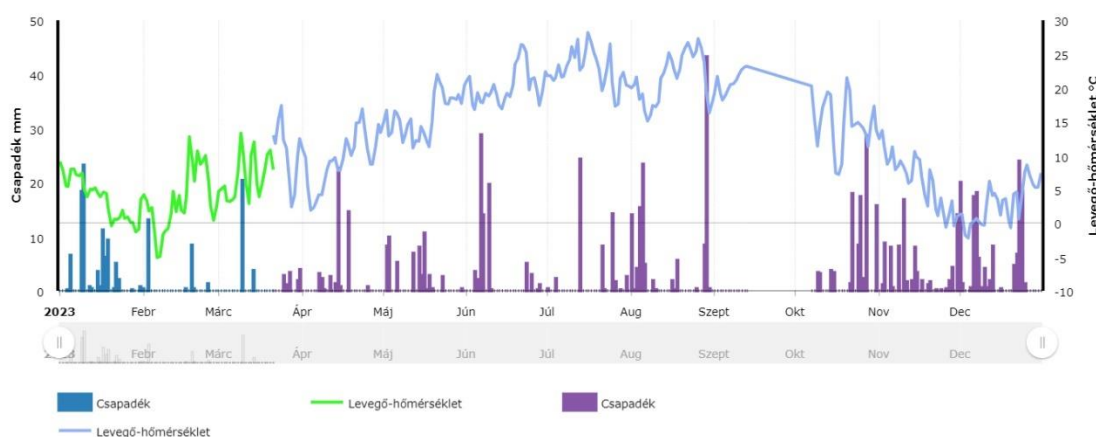
Hónap	Léghőmérséklet (°C)	Csapadék (mm)
január	1,72	10,3
február	5,05	24,4
március	5,91	18,6
április	9,72	81,8
május	18,15	21,5
június	22,09	77,9
július	22,99	33,5
augusztus	23,05	88
szeptember	15,29	118,6
október	13,14	12,1
november	6,74	32,2
december	3,09	71,2

A 2022-es évjáratban a legmelegebb hónap az augusztusi hónap volt (23,05 °C), a leghidegebb pedig a januári hónap (1,72 °C). A 2021-es évtől eltérően, a hőmérsékleti adatok melegebbek voltak, hiszen az éves átlaghőmérséklet is majdnem 3 °C-al

magasabb volt 2022-ben. Az éves csapadékmennyiséget tekintve látható, hogy ugyan átlagban elérte majdnem a 600 mm-t, azonban ennek eloszlása elég szélsőségesen alakult. A tenyészidőszakot tekintve különösen. Ebben az időszakban összesen 433,4 mm csapadék hullott összesen, ám ebből 118,6 mm szeptemberben esett. Ehhez közelítő csapadékosabb hónap mindössze áprilisban (81,8 mm) és augusztusban (88 mm) volt. Az augusztusban lehulló csapadék is inkább a hónap utolsó napjaiban hullott, mindössze néhány nap alatt. A szőlő fenológiai fázisait tekintve is kedvezőtlen volt a csapadékeloszlás, hiszen a legkritikusabb időszakokban volt a legsúlyosabb csapadékhiány. A levegő átlaghőmérsékletét tekintve a tenyészidőszakban 17,7 °C-ot mért a meteorológiai állomás.

4.2.3. 2023-as évjárat jellemzése

A 2023-as évben az éves levegő átlaghőmérséklet 14,5 °C körül alakult a vizsgált területen, az éves csapadékmennyiség pedig 837,2 mm volt. A legmagasabb hőmérséklet 36,2 °C, a legalacsonyabb pedig -9,4 °C volt. A 2023-as év egy viszonylag melegebb, csapadékosabb évjáratnak volt mondható. Az éves mért adatok napi szintű lebontása grafikusan a **11. ábrán** kerül bemutatásra.



11. ábra: Léghőmérséklet és csapadékmennyiség alakulása 2023-ban. (Forrás: PGR.hu, a Tata Látóhelyen kihelyezett meteorológiai állomás alapján)

A 2023-ban kapott adatok havi alakulását (levegő átlaghőmérséklete és a lehullott csapadék mennyisége) az **4. táblázat** mutatja be. A szeptemberi hónapban a meteorológiai állomás műszaki probléma miatt nem mérte a lehulló csapadékmennyiséget néhány héten keresztül, így abban a hónapban mért csapadékot nem tekintem relevánsnak. Az első pár napban még mért az állomás, akkor az összes csapadék 10 mm volt mindösszesen.

4. táblázat: Léghőmérséklet havi átlaga és a csapadékmennyiség havi összege 2023-ban. (Forrás: PGR.hu, a Tata Látóhelyen kihelyezett meteorológiai állomás alapján)

Hónap	Léghőmérséklet (°C)	Csapadék (mm)
január	3,70	89,2
február	3,34	24,2
március	8,11	37,4
április	9,41	48,4
május	15,86	58,2
június	20,23	77,6
július	22,80	54
augusztus	21,53	124
szeptember	20,78	-
október	14,74	105,6
november	6,35	84
december	2,85	134,6

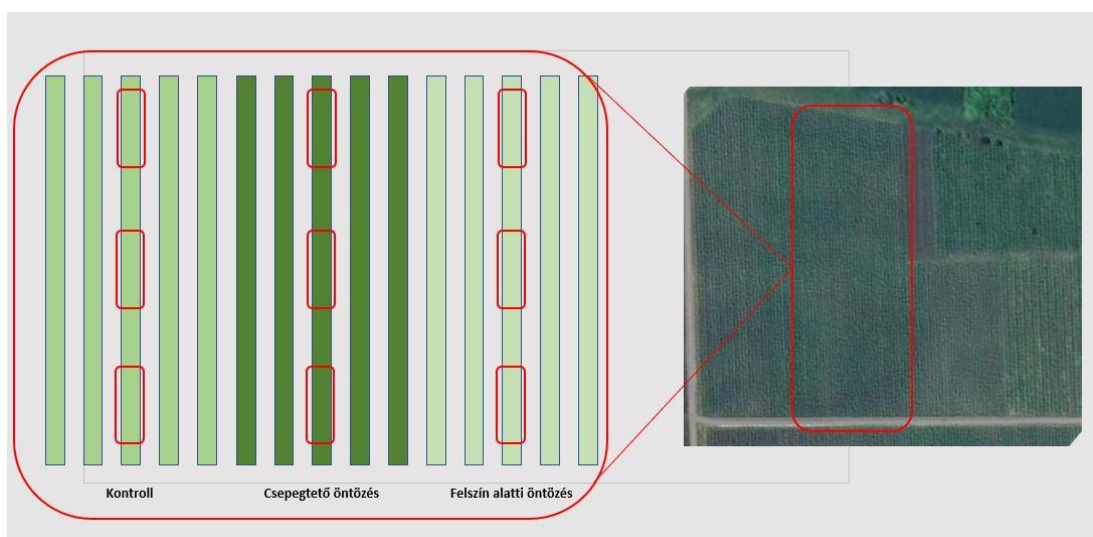
A 2023-as évjáratban a legmelegebb hónap a júliusi (22,8 °C), a leghidegebb pedig a decemberi (2,85 °C) hónap volt. Az éves mért csapadékmennyiség (837,2 mm) jócskán túlhaladta az előző két évjáratban mért mennyiséget, azonban ennek eloszlása ebben az évben is igencsak szélsőségesnek bizonyult. A tenyészidőszakban összesen 467,8 mm csapadék hullott (itt viszont fontos újra megjegyezni, hogy a műszer mérési hiba miatt a szeptemberi hónapban nem mért adatokat). Mindezek ellenére elmondható, hogy mind a tavaszi, mind a nyári hónapok többsége igencsak elmaradt az őszi és téli hónapok csapadékmennyiségét tekintve, hiszen előbbi évszakok sokkal szárazabbnak bizonyultak. A levegő átlaghőmérséklete a tenyészidőszakban 17,91 °C volt, ami a sokéves átlaghoz képest igencsak melegebb. Összességében a 2023-as évjárat egy ugyan csapadékosabb évjáratnak minősült, viszont a lehulló csapadék eloszlása szélsőséges volt, emellett a léghőmérséklet sokkal melegebb volt.

4.3. Ültetvényszerkezet, kísérleti helyszín kijelölése

Kísérleteinket a Mikóczy Családi Szőlőbirtok üzemi ültetvényében végeztük el a tatai Látóhelyen 'Hárslevelű' szőlőfajtán (12-15. ábra).

Az alkalmazott tökeművelésmód alacsony kordon, amelyen 5 termőalapot alakítottak ki, mindegyiken 2-3 rügyet hagyva. A sor- és tőtávolság $3,0 \times 0,9$ m. A tőkét 2017-ben telepítették. Az ültetvény úgy lett kialakítva, hogy öt sort meghagytak öntöző

berendezés nélkül, öt soron csepegtető öntöző rendszert, öt soron pedig felszín alatti öntöző rendszert hoztak létre. A felszín alatti öntözés esetén műanyag öntözőcsöveket helyeztek el kb. 40-60 cm-rel a talajfelszín alatt, hogy a vizet közvetlenül a növények gyökereihez juttassák, míg a felszín felett történő csepegtető öntözés esetén az öntözővizet kijuttató csöveket az ültetvény támrendszeréhez rögzítették a felszín felett, ahonnan a vizet közvetlenül a növényekhez tudják juttatni. Így lehetőségünk volt kialakítani egy (i) kontroll, egy (ii) csepegtető öntözéssel ellátott, és (iii) felszín alatti öntözéssel ellátott kísérleti blokkokat. Mindegyik kezelésben 3-3 blokkot jelöltünk ki a középső sorokban a sor elején, közepén, illetve a végén. Az egyes blokkokban pedig 15-15 darab tőkét vontunk be kísérleteinkbe. Vizsgálatainkat kizárólag ezeken a területeken végeztük el (**12. ábra**).



12. ábra: A terület elrendezése és elhelyezkedése, a vizsgálatokhoz kijelölt blokkok kezelésenként. Forrás: saját szerkesztés



13. ábra Csepegtető öntözőrendszerrel ellátott 'Hárslevelű' ültetvény Tatán
Forrás: Saját fotó

4.4. Hárslevelű szőlőfajta jellemzése

A 'Hárslevelű', másnéven 'Kereklevelű', 'Lipovina' vagy 'Kerekes' (HAJDU 2003), egy ősi, magyar fajta, mely valószínűsíthetően természetes úton jöhetett létre (BÉNYEI et al. 1999). Legnagyobb felületen a Tokaji borvidéken termesztik, mivel a Furminthoz hasonlóan ebből a fajtából is készül Tokaji Aszú, mely mára már hungarikumnak számít, valamint az egész világon nagy népszerűségnek örvend. Azonban nemcsak a Tokaji borvidéken található meg, hanem hazánk majdnem összes borvidékén találkozhatunk Hárslevelűvel.

Ampelográfiai jellemzői alapján:

tőkéje: gyorsan fejlődő, mely mereven és ritkán álló vesszőkkel borított,

vesszői: vastagok, világos-sárgásbarna színűek, valamint középhosszú izkózúak,

levelei: közepes méretűek, kerekded vagy vesealakúak, csipkés levélszél jellemzi, sűrű és sekély bemetszésű, vállöble nyílt, U alakú,

virág, virágzat: virága hímnős, gömb alakú termő, a virágzat pedig kétszeres elágazású,

fürtje: nagy, majdnem 40 centiméter hosszú, fürtátlagtömege 180 gramm, a fürtök alakja henger alakú, laza, néhol villás elágazású a fürt vége

bogyói: kicsik, gömbölyűek, enyhén hamvasak, tömegük körülbelül 2 gramm, zöldessárga színűek (CSEPREGI és ZILAI 1988; BÉNYEI et al. 1999; HAJDU 2003).

A Hárslevelű szőlőfajta termőre fordulása késői, azonban bő termést hoz. Egyenletesen és magas cukorral terem, és akár a 16-17 mustfokot is elérheti egy átlagos évjáratban, továbbá aszúsodásra is hajlamos, ezzel tökéletes alapanyagként szolgálva a Tokaji Aszúhoz. Ellenállóságát tekintve vízigényes fajta, ezért a szárazságot nagyon nehezen tolerálja. Közepesen fagyérzékeny, ezáltal köves és fagyzugos helyekre nem telepíthető. Bora rendkívül fajtajelleges, illatjegyeiben a hársméz és a szegfű dominál. Ízében zamatos, testes bort ad (BÉNYEI et al. 1999; EPERJESI et al. 2010).

4.5. Öntözési adatok

Mind a csepegtető öntözéssel ellátott, mind pedig a felszín alatti öntözéssel ellátott parcellákon ugyanakkora mennyiségű öntözővizet juttatnak ki az ültetvény tulajdonosai 3,5 hektáron. Ezeket a mennyiségeket a Netafim öntözőrendszereket

kialakító cég által javasolt mennyiségek, és időpontok alapján juttatták ki a vizsgált évek alatt.



14. ábra: Az ültetvényben található öntözőrendszerhez épített víztározó
Forrás: Mikóczy Családi birtok

A 4 évjárat alatt kijuttatott öntözővíz mennyiségét és időpontját a **5-7. táblázatok** mutatják be.

5. táblázat: Öntözési adatok, kontroll parcella vízmennyisége és a kezelt parcellák vízmennyisége 2021-ben (Forrás: Mikóczy Családi Gazdaság)

	Öntözés dátuma	Kijuttatott vízmennyiség (m ³)	Kontroll parcella vízmennyisége (mm)	Kezelt parcellák vízmennyisége (mm)
2021	2021.06.30	83,9	222,3	224,70
	2021.07.30	18,5	188,9	189,43
	2021.07.31	330,2	5,3	14,73
	2021.08.19	163,8	46,2	50,88
	2021.09.01	164,7	61,6	66,31
	2021.09.10	250,9	0	7,17
	Összesen	1012 m³	524,3 mm	553,21

2021-ben összesen 6 alkalommal történt öntözés az ültetvényben. A legnagyobb mennyiségben egyszerre kijuttatott öntözővíz mennyisége 330,2 cm³ volt, 2021. július 31-én. Mivel a 2021-es évjárat nem bizonyult extrém aszályos évnek, ezért az első öntözés időpontja 2021. június 30-ra esett. Az utolsó öntözés időpontja 2021. szeptember 10. volt, ahol 250,9 cm³ öntözővizet juttattak ki összesen.

6. táblázat: Öntözési adatok, kontroll parcella vízmennyisége, kezelt parcellák vízmennyisége 2022-ben (Forrás: Mikóczy Családi Gazdaság)

	Öntözés dátuma	Kijuttatott vízmennyiség (m³)	Kontroll parcella vízmennyisége (mm)	Kezelt parcellák vízmennyisége (mm)
2022	2022.03.24	28,8	36,3	37,1
	2022.03.27	330,5	0	9,4
	2022.05.11	66,2	101,3	103,2
	2022.05.13	1,4	5	5,0
	2022.05.13	132,4	5	8,8
	2022.05.14	132	0	3,8
	2022.05.18	131,5	0	3,8
	2022.05.19	65,6	0	1,9
	2022.05.23	132,4	5,4	9,2
	2022.05.27	21,4	8,6	9,2
	2022.05.27	131,9	8,6	12,4
	2022.06.20	0	68,4	68,4
	2022.06.20	145,6	68,4	72,6
	2022.06.30	93,5	18,4	21,1
	2022.06.30	330,6	18,4	27,8
	2022.07.17	496,8	16,4	30,6
	2022.07.19	165	0	4,7
	2022.07.20	55,5	0	1,6
	2022.07.30	71,1	17,1	19,1
	2022.07.31	329,4	11,3	20,7
	2022.08.09	276,4	10	17,9
	2022.08.21	333,7	40,4	49,9
	Összesen	3471,7 m³	338,6 mm	538,2 mm

A 2022-es évjárat jóval aszályosabb évnek bizonyult, ez az öntözési időpontok sűrűbb mivoltából is jól látszik a 2021-es évhez képest. Összesen 21 alkalommal történt öntözés, és a 2021-es évhez hasonlóan, egy júliusi időpontban történt a legnagyobb öntözővíz mennyiség kijuttatása egyszerre (496,8 cm³). A nyári aszályos időszakok alatt 10 naponta történt öntözés. Június 30-án két alkalommal is. A tavaszi évszakban jelentkező szárazabb időjárás miatt, 2022-ben már március 24-én megtörtént az első öntözés. Az utolsó öntözési időpont 2022. augusztus 21-én volt, ahol 333,7 cm³ öntözővizet juttattak ki. Leggyakrabban ebben az évben a májusi hónapban történt öntözés, összesen 9 alkalommal juttattak ki öntözővizet. Ez figyelembe véve a 2022-

es év klimatikus adatait, és az aszályos májusi hónapot, valamint a szőlő fenológiai fázisát tekintve kiváltképp indokoltnak tekinthető.

7. táblázat: Öntözési adatok, kontroll parcella vízmennyisége, kezelt parcellák vízmennyisége 2023-ban (Forrás: Mikóczy Családi Gazdaság)

	Öntözés dátuma	Kijuttatott vízmennyiség (m ³)	Kontroll parcella vízmennyisége (mm)	Kezelt parcellák vízmennyisége (mm)
2023	2023.06.25	8,4	333,6	333,84
	2023.06.25	326,9	333,6	342,94
	2023.07.07	163,2	7	11,66
	2023.07.08	330,4	0	9,44
	2023.07.18	327,9	24,4	33,77
	2023.07.22	329	8,4	17,80
	2023.07.29	330,8	16,2	25,65
	2023.08.02	163,6	16,8	21,47
	2023.08.24	330,6	57,6	67,05
	2023.09.17	330,4	52,4	61,84
	Összesen	2641,2 m³	516,4 mm	925,46

A 2023-as év egy igencsak csapadékos évjáratnak bizonyult, mégis a nyári hónapokban összesen 10 alkalommal történt öntözés a területeken. Ennek fele júliusban volt, hiszen az volt ebben az évben a legszárazabb hónap. Hasonlóan a 2021-es év öntözési tervéhez, az első időpont június 25-én történt, két alkalommal (8,4 és 326,9 cm³), az utolsó pedig szeptember 17-én (330,4 cm³).



15. ábra: Csepegtető öntözési rendszerrel ellátott tőke
Forrás: Saját fotó

4.6. Vizsgálati módszerek

4.6.1. Csepregi-féle tőkefelvételezés

A tőkefelvételezés elvégzésére a Csepregi-féle módszert alkalmaztuk (CSEPREGI 1992). A vizsgálatok során rügyfakadás után értékeltük a világos rügyekből és a rejtett rügyekből fakadt hajtások számát, az alvamaradás mértékét, és a hajtásokon található virágzatkezdemények számát. A vizsgálat célja 'Hárslevelű' szőlőültetvények rügydifferenciálódásának és hajtásképzésének összehasonlítása volt. A rügyek termőképességének értékelését négy éven keresztül végeztük, 2021 és 2024 között. A vizsgálatba 20 darab tőkét vontunk be kezelésenként. A vizsgált mutatók a következők voltak:

- Kifakadt rügyek száma,
- Alvamaradt rügyek száma,
- Ikerhajtások száma,
- Fattyúhajtások száma,
- Termékeny hajtások száma,
- Metszési elemek rügyeiből származó hajtásokon lévő virágzatok száma összesen,
- Metszési elemek rügyeiből származó virágzatok száma hajtásonként.

4.6.2. Point quadrat

Munkánk során felmértük a kordon művelésű tőkék lombozatszerkezetét három, eltérő emeleten kezelésenként 15-15 darab tőkén. A különböző öntözési rendszerrel ellátott sorokban point quadrat felvételezést végeztünk a fürtzónában, a lombozat középső harmadában, valamint a lombozat felső harmadában. Kezelésenként és emeletenként 48 beszúrást végeztünk, 6 ismétlésben. A módszer lényege: egy hosszabb rúd segítségével vízszintes beszúrásokat végzünk a lombozatban. Minimum 50 beszúrás kell elvégezni, véletlenszerűen választott tőkéken. Célszerű a sorok elején, közepén, illetve végén kiválasztani a tőkét. Egy vízszintesen elhelyezett pálca segítségével 10 centiméterenként kell elvégezni a beszúrásokat. A beszúrások során érintett növényi részeket egymás után fel kell jegyezni (levél: L, fürt: F, hézag: H). Abban az esetben, ha a rúd nem érint semmilyen növényi részt, hézagnak kell tekinteni. Esetünkben olyan módosítást végeztünk el a módszer kivitelezésében, hogy eltérően a kizárólag a fürtzónában történő méréseket, kibővítettük még két emelettel (**16. ábra**). A módszer egyik fő kritériuma, hogy lehetőség szerint a vizsgálatokat akkor kell elvégezni, amikor a lombozat teljesen kifejlődött, általában a vegetációs időszak és a szüreti időszak között (PONI et al. 1996). Az ültetvényben a méréseket négy éven keresztül

végeztük el, 2021-ben, 2022-ben, 2023-ban és 2024-ben. A kapott eredményekből kiszámolható a levélrétegszám, a lombhézagok százalékos aránya, és a fürtök száma.

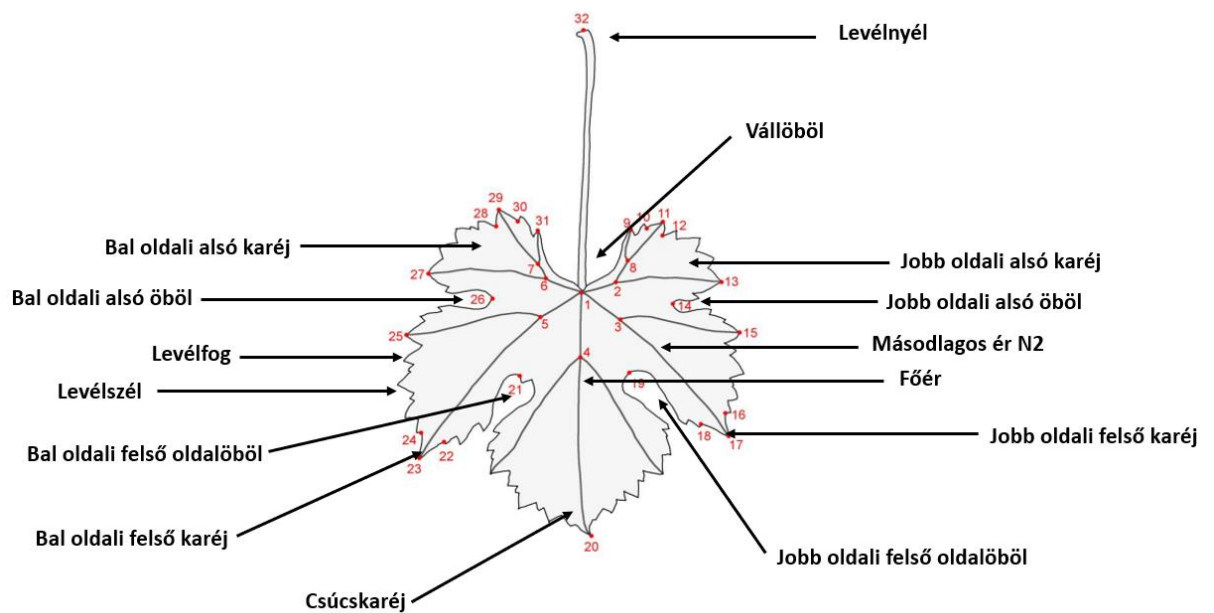


16. ábra: A szőlőtőke lombozatán elvégzett módosított point quadrat felvételezési ábrája. Forrás: Saját szerkesztés

4.6.3. Levélmorfológiai vizsgálatok

4.6.3.1. Ampelometriai mérések

A levélmorfológiai adatok értékeléséhez 15 levélmintát gyűjtöttünk 15 különböző tőkéről kezelésenként (kontroll, csepegtető öntözésű terület, felszín alatti öntözésű terület) a hajtások középső harmadából 4 évjáratban (2021, 2022, 2023, 2024). Minden levelet (a levélnyel nélkül) egy Canon Pixma Mg3650S (30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo 146-8501, Japán) készülékkel szkenneltünk be 300 dpi felbontással. Ezután a beszkenelt leveleket egyesével a GRA.LE.D. (BODOR et al. 2012) szoftverrel elemeztük ki, és határoztuk meg a vizsgált levelek 53 morfológiai jellemzőjét (**17. és 18. ábra**).



17. ábra: A levél részei és a GRA.LE.D. programban felvett vizsgálati pontok.
Forrás: saját szerkesztés BODOR et al. 2012 nyomán

Az elemzéshez használt szoftver a felhasználó által rögzített 32 biometria pont alapján 35 OIV (2009) morfológiai tulajdonságot és további 19 morfometriai jellemzőt számol ki:

Levélfelület, erek hossza és lineáris tulajdonságok

- OIV601: főér (N_1) hosszúsága (mm)
- OIV602L és OIV602R: felső oldalerek hosszúsága (N_2)
- OIV603L és OIV603R: alsó oldalerek hosszúsága (N_3)
- OIV604L és OIV604R: a vállöböl melletti erek (N_4) hosszúsága
- OIV611L és OIV611R: A vállöböl melletti N_5 -ös ér hossza (mm)
- OIV617L és OIV617R: Az N_2 ér csúcsa és az N_2 első mellékerének csúcsa közötti hossz

Karéjzottság és az öblök mérete

- OIV605L és OIV605R: A vállöböl és az alsó oldalöböl alapja közötti távolság
- OIV606L és OIV606R: A vállöböl és a felső oldalöböl alapja közötti távolság
- OIV618L: Az N_5 erek csúcsainak közti távolság
- OIV618aR: Az N_5 ér csúcsa és a levélnyel pontja és az N_5 ér csúcsa közötti szög
- OIV618R: N_4 erek csúcsainak közötti távolság

- OIV618aL: Az N4 ér csúcsa és a levélnyél pontja és az N4 ér csúcsa közötti szög

Az erek között bezárt szögek

- OIV607L és OIV607R: A főér csúcsa és a levélnyél pontja és az N2 első elágazása közötti szög
- OIV608L és OIV608R: Az N2 és az N3 erek első elágazása közötti szög
- OIV609L és OIV609R: Az alsó oldalerek csúcsa és az N3 első elágazása és az N4 ér csúcsa között bezárt szög
- OIV610L és OIV610R: Az alsó oldalerek csúcsa és az N5 ér csúcsa és a levélnyél eredési pontja közötti szög

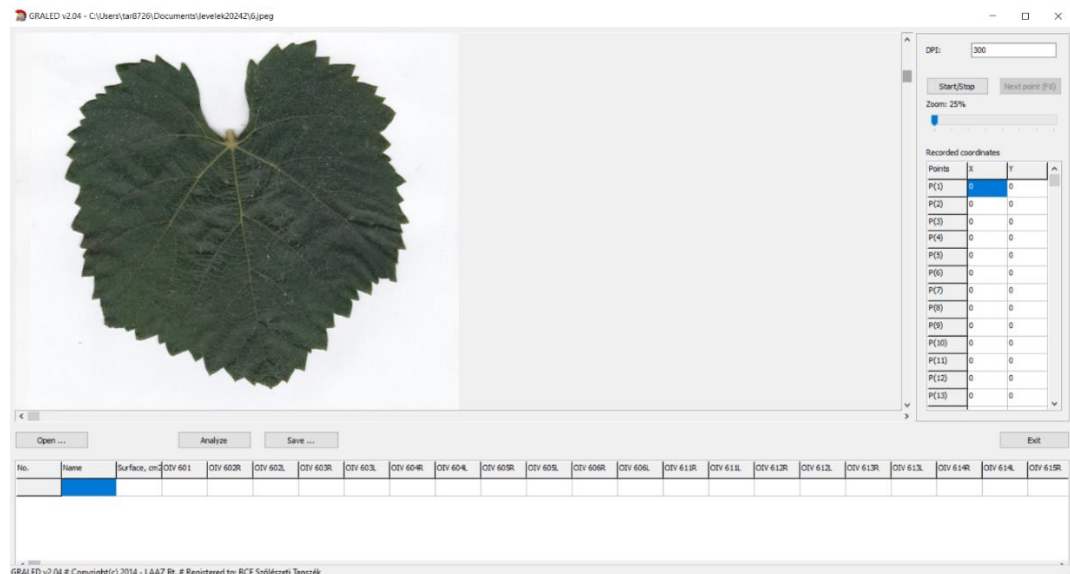
A levélszéli fogak mérete

- OIV612L és OIV612R: Az N₂-es oldalerek csúcsának hossza
- OIV613L és OIV613R: Az N₂-es oldalerek csúcsának szélessége
- OIV614L és OIV614R: Az N₄-es oldalerek csúcsának hossza
- OIV615L és OIV615R: Az N₄-es oldalerek csúcsának szélessége

A szoftver által meghatározott egyéb, nem OIV morfológiai tulajdonságok

- D1-2: az 1-es és 2-es pont közötti távolság (mm)
- D1-3: az 1-es és 3-as pont közötti távolság (mm)
- D1-4: az 1-es és 4-es pont közötti távolság (mm)
- D1-5: az 1-es és 5-ös pont közötti távolság (mm)
- D1-6: az 1-es és 6-os pont közötti távolság (mm)
- D1-31: az 1-es és 31-es pont közötti távolság (mm)
- D1-9: az 1-es és 9-es pont közötti távolság (mm)
- D1-29: az 1-es és 29-es pont közötti távolság (mm)
- D1-11: az 1-es és 11-es pont közötti távolság (mm)
- D1-32: az 1-es és 32-es pont közötti távolság (mm)
- D27-13: a 27-es és 13-as pont közötti távolság (mm)
- D25-15: a 25-ös és 15-ös pont közötti távolság (mm)
- D23-17: a 23-as és 17-es pont közötti távolság (mm)
- D11-13: a 11-es és 13-as pont közötti távolság (mm)
- D13-17: a 13-as és 17-es pont közötti távolság (mm)
- D17-20: a 17-es és 20-as pont közötti távolság (mm)

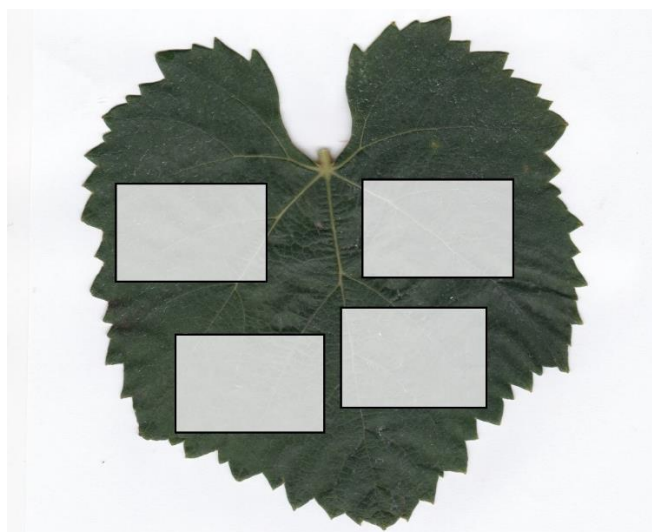
- D20-23: a 20-as és 23-as pont közötti távolság (mm)
- D23-27: a 23-as és 27-es pont közötti távolság (mm)
- D27-29: a 27-es és 29-es pont közötti távolság (mm)



18. ábra: A GRA.LE.D. (BODOR et al. 2012) szoftver kezelőfelülete. Forrás: Saját fotó

4.6.3.2. Kolorimetria

A kolorimetria vizsgálat során 15-15 darab levelet használtunk fel 15 különböző tőkéről kezelésenként 2021-ben, 2022-ben és 2024-ben. A begyűjtött leveleket szkennelés után az ImageJ (ABRÀMOFF et al. 2004) nevű programmal elemeztük ki (19. ábra). Minden egyes levélen 4, egyforma nagyságú területen mértük az sRGB színskála szerint a színüket. A kapott átlag RGB értékekből ezután SANCHEZ-SASTRE et al. (2020) alapján 31 darab színindexet számoltunk ki (8. táblázat).



19. ábra: A vizsgált leveleken kijelölt 4 színmérési terület. Forrás: Saját fotó

8. táblázat: A vizsgálat során kiszámolt és alkalmazott színindexek SANCHEZ-SÁSTRE et al. (2020) alapján

Színindex	Forrás
R	KAWASHIMA et al. 1998
G	KAWASHIMA et al. 1998
B	KAWASHIMA et al. 1998
r	KAWASHIMA et al. 1998
g	KAWASHIMA et al. 1998
b	KAWASHIMA et al. 1998
R-G	KAWASHIMA et al. 1998
R-B	KAWASHIMA et al. 1998
G-B	KAWASHIMA et al. 1998
(R-G)/(R+G)	KAWASHIMA et al. 1998; TUCKER 1979
(R-B)/(R+B)	KAWASHIMA et al. 1998
(G-B)/(G+B)	KAWASHIMA et al. 1998
(R-G)/(R+G+B)	KAWASHIMA et al. 1998; WOEBBECKE et al. 1995
(R-B)/(R+G+B)	KAWASHIMA et al. 1998
(G-B)/(R+G+B)	KAWASHIMA et al. 1998, WOEBBECKE et al. 1995
RGRI	SABERIOON et al. 2014
GLI	LOUHAICHI et al. 2008
VARI	GITELSON et al. 2012
IPCA	SABERIOON et al. 2014
ExR	MAO et al. 2003; MEYER et al. 1998
ExB	MAO et al. 2003
ExG	MAO et al. 2003
ExGR	MAO et al. 2003; WOEBBECKE et al. 1995
Gray	KAZMI et al. 2015
CIVE	KATAOKA et al. 2003
PCA1	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020
PCA2	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020
I1	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020
SLR1	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020
SLR2	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020
SLR3	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020

SLR4	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020
SLR5	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020
I2	SANCHEZ-SÁSTRE et al. 2020

4.6.4. Klorofilltartalom

A szőlőlevelek klorofill-tartalmát 2022-ben, 2023-ban és 2024-ben vizsgáltuk egy Apogee MC-100 (20. ábra) klorofill koncentráció mérővel (Apogee Instruments (United States, Santa Monica, California)). Kezelésenként 15-15 darab levél értékeit elemeztünk 15 különböző tőkéről. A műszer abszolút mértékegységben ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$) adja meg a mintában található klorofill koncentrációját. Ez kiküszöböli a klorofillkoncentráció relatív mutatóival kapcsolatos problémákat. A mérőműszer két hullámhosszúságú sugárzás áteresztőképességének arányát méri: a vöröset (a műszerben két fénykibocsátó dióda található, egy 653 nm-es és egy 931 nm-es) amelyet a klorofill erősen elnyel, és a közeli infravöröset, amelyet a klorofill nem nyel el. Mivel a mérőműszer a hullámhosszokat méri, és nem a levélbe való „bejutásra” támaszkodik, a felhasználók roncsolásmentesen és szinte azonnal végezhetnek méréseket (a mérési idő kevesebb, mint 3 másodperc). Ez megkönnyíti több levél gyors mérését és ugyanazon levelek időbeli követését. Közel 64 nézetmilliméternyi felületen már képes mérni, de ez akár csökkenthető is. Egy levélen 3 ponton mértünk, majd azoknak az átlagát olvastuk le.



20. ábra: Apogee MC-100 klorofillmérő. Forrás: Saját fotó

4.6.5. Vízpotenciál mérés

Az öntözés hatásának ellenőrzésére 2022 augusztus, szeptember és október folyamán (2022. augusztus 5., 19., szeptember 2., 21. és október 5.), valamint 2023 augusztusában és szeptemberében 2-2 alkalommal megmértük a szőlőtőkék vízpotenciál (ψ) értékét, hogy igazoljuk a tőkék vízháztartásában mutatkozó különbségeket. Minden méréshez 10 levelet választottunk ki véletlenszerűen a vizsgált sorok mentén, és WILLIAMS és ARAUJO (2002) tanulmánya alapján 45 percre alumíniumfóliával bélelt műanyag zacskókba zártuk őket. A vízpotenciált minden nap délben 11:00 és 12:00 óra között határoztuk meg egy „pump-up” nyomáskamra (**21. ábra**) (PMS Instrument Company, 1725 Geary Street SE, Albany, OR 97322 USA) segítségével.



21. ábra: PMS vízpotenciálmérő.
Forrás: PMS Instrument Company

4.6.6. Szüreti adatok

A szüreti időpontok az egyes évjáratokban a következők szerint alakultak: 2021. 09. 28., 2022. 09. 13., 2023. 09. 15. A szüreti minták feldolgozását a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Budai Campusán, a Szőlészeti és Borászati Intézet Borászati Tanszékének laboratóriumában végeztük. A kezelt területek három megfigyelt blokkjairól származó mintákat külön tasakba gyűjtve különítettük el, azokat egyesével felcímkéztük még a szedéskor. A laborban ezután 5 szőlőfürtöt kezelésként tetszőlegesen kiválasztva lemértük a tömegüket. Ezt követően háromszor ötven-ötven darab bogyót választottunk ki, a kontroll, az alsó, illetve a felső öntözésű területek

mintaanyagából. Ezután a bogyók tömegét egy digitális mérleggel, kis csészében ötvenesével megmértük. Végül a leszedett bogyókat manuálisan összezúzva és kipréselve megkaptuk azok mustartalmát, amelyet további laboratóriumi vizsgálatoknak vetettünk alá. Itt megmértük a mustok savtartalmát, cukortartalmukat, valamint pH-értéküket három ismételtsben. A mérőműszer neve: WineScan (FOSS wine analyser, FOSS Company, Denmark). A mérési elve a rendszernek FTIR, azaz Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia. A detektor a jelet Fourier-transzformációval dolgozza fel, végül így megkapjuk az áteresztőképességnek az infravörös abszorpció spektrumát, vagy az abszorbancia hullámszámmal vagy hullámhosszal.

4.6.7. Statisztikai értékelés

A statisztikai értékelés során kéttényezős ANOVA módszert alkalmaztunk. Ezeket a számításokat Python programozási nyelv segítségével végeztük el. A szükséges csomagok, melyeket a programozás során felhasználtunk a „Scikit-learn” csomag, és a „statsmodels 0.14.3” modell volt. A programozás során ezeket beépítettük a lefuttatott kódba, melyet a szükséges Excel fájlok beimportálása előzött meg. A kéttényezős ANOVA-ra is vonatkozó szabály szerint ott állapítottuk meg szignifikanciát, ahol a megbízhatósági szint, azaz a p-érték kisebb, mint 0,05. A két független változó esetünkben az évjáratok és a kezelések voltak. Ahol szignifikáns hatást tapasztaltunk, ott „a” betűvel jelöltük az évjáratok, „b” betűvel a kezelések, „c” betűvel a kettő közötti interakció szignifikanciáját. A két változó közötti interakció azt jelzi, hogy az egyik változó hatása hogyan változik a másik változó szintjei függvényében, vagyis a két változó együttesen befolyásolja a vizsgált eredményt. Az öntözés és az évjáratok hatásának páronkénti elemzéséhez Tukey-féle Post-Hoc tesztet is végeztünk.

5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGVITATÁSA

5.1. Az ültetvények rügytermékenysége

5.1.1. Az öntözés hatása a Csepregi-féle tőkefelvételezés paraméterei

A rügytermékenységi adatokat megvizsgáltuk statisztikai módszerrel is, ahol a kezelések, illetve az egyes évjáratok hatásait vizsgáltuk és elemeztük. Az egyes változókra vonatkozó eredmények átlagait, és a kiértékelt szignifikáns eltéréseket a **9. táblázat** szemlélteti. A szignifikáns eltérések bemutatásánál „a” jellel jelöltem a szignifikáns évjáráthatást, „b” jellel a szignifikáns kezelés hatást, „c” jellel pedig az évjárat és kezelés közötti interakció szignifikáns hatását.

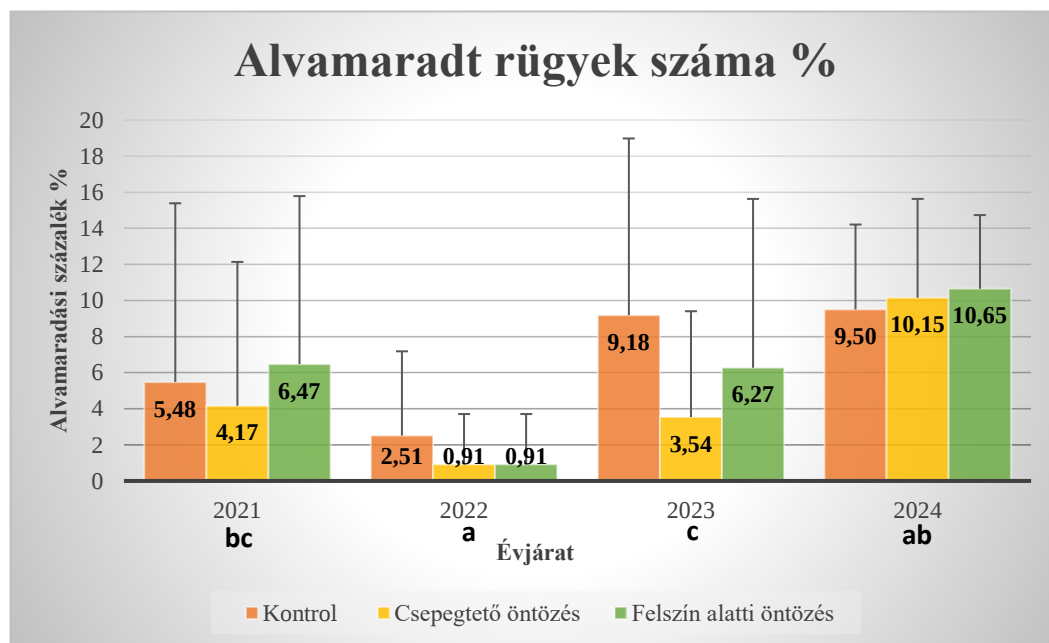
9. táblázat: Az öntözés hatása a Csepregi-féle tőkefelvételezés (20 tőke/kezelés/év) paramétereire

Vizsgált mutató	2021			2022			2023			2024			Szignifikancia (p<0.05)
	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	
Ikerhajtások száma	0,5	0,25	0,5	1,1	1	1,8	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	b
Alvamaradási %	5,5	0,2	6,5	2,5	1	0,9	9,2	3,5	6,3	9,5	10,1	10,6	a;c
Termőhajtások száma	14,8	17,6	16,6	20,2	23,4	24,1	17,4	20,2	19,2	13,3	17,1	17,1	a;b;c
Fattyúhajtások száma	3,7	5,2	6,2	7,15	4,5	8,5	5,3	4,2	3,4	0,9	1,1	1,6	a;b;c
Fürt/világos rügyből fakadt hajtás	1,5	1,9	1,7	1,95	2,14	2,2	1,8	1,9	1,95	1,4	1,9	1,7	a;b
Virágzatok száma/tőke	14,8	17,6	16,6	20,2	23,4	24,1	17,4	20,2	19,2	13,3	17,1	17,1	a;b

5.1.1.1. Alvamaradt rügyek száma

Az alvamaradás jelensége azt jelenti, hogy a metszéskor meghagyott világos rügy valamilyen okból nem fakad ki. Ennek oka többértű lehet: túl magas rügyterhelés, akrotónia, vagy a tőkék legyengült állapota. Az alvamaradt rügyek száma és az alvamaradási százalék a 2024-es évben volt a legmagasabb (**22. ábra**). 2021-ben ezek az értékek a csepegtető öntözéssel ellátott területeken voltak a legalacsonyabbak (0,3 db alvamaradt rügy/tőke, 4,1% alvamaradási %), a legmagasabb pedig a felszín alatti öntözéssel ellátott területeken voltak (0,6 db alvamaradt rügy/tőke, 6,5% alvamaradási %). 2022-ben a mért értékek a következőképpen alakultak: a kontroll területeken volt a legmagasabb az alvamaradt rügyek száma (0,3 db alvamaradt rügy/tőke) és az alvamaradási százalék is (2,5 %). A két, különböző öntözési kezeléssel ellátott

területeken a kapott értékek nagyjából megegyeztek. Ezek az értékek 2023-ban a kontrol tőkék esetében volt a legmagasabb (1 alvamaradt rügy/tőke, 9% alvamaradási %), a legalacsonyabb pedig a csepegtető öntözéssel ellátott területeken volt (0,4 alvamaradt rügy/tőke, 3,5% alvamaradási százalék).



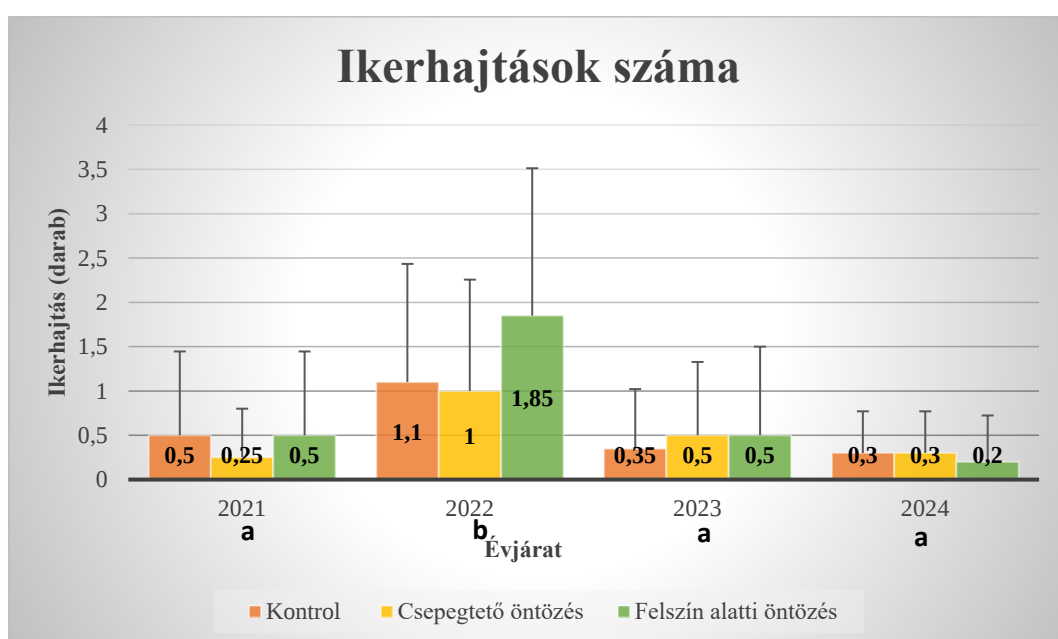
22. ábra: Alvamaradási % alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő betűk az évjáratok közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibásávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

A rügyek alvamaradási százalékaról megállapítható, hogy az évjárat hatása szignifikáns ($p < 0,01$), tehát az alvamaradt rügyek százalékos aránya jelentősen változott az évek során. A kezelések hatása, valamint az évjáratok és kezelések közötti interakció nem mutatott szignifikáns eltéréseket. Évenkénti bontásban egyik évben sem találtam szignifikáns különbségeket a kezelések hatására. Azonban a kezelésenkénti eredmények alapján megállapítható, hogy a felszín alatti öntözésnél az évek között szignifikáns eltérések mutatkoztak ($p < 0,05$).

5.1.1.2. Ikerhajtások száma

Az ikerhajtások fakadása esetén a szőlő összetett rügyének főrügye és valamelyik mellékrügye is kifakad. Erre jellemzően alacsony rügyterhelés esetén lehet számítani, vagy valamilyen okból „megugrik” a szőlő vegetatív növekedése. A vizsgálatok alapján az ikerhajtások száma minden kezelésben a 2022-es évben volt a legmagasabb (**23. ábra**). A 2021-es évet tekintve ez az érték a csepegtető öntözés esetében volt a legalacsonyabb, a kontrol és felszín alatt öntözött területeken az ikerhajtások számát tekintve majdnem megegyezett. 2022-ben a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkék

esetében kiugróan magas ikerhajtást számoltunk, a legalacsonyabb pedig a csepegtető öntözéssel ellátott területeken volt. A 2023-as évben az ikerhajtások száma a kontrol ültetvényben volt a legalacsonyabb, az öntözött területeken pedig nagyjából egységes. Az ikerhajtások számát tekintve elmondható, hogy az évjáratnak szignifikáns hatása volt a vizsgált változóra ($p < 0,01$), tehát az ikerhajtások száma jelentősen változott az évek során. A kezelés hatása, valamint az évjáratok és kezelések közötti interakció nem bizonyult szignifikánsnak. Az évenkénti eredményeket tekintve egyik évben sem találtam szignifikáns különbséget a különböző kezelések hatására. A kezelésenkénti bontásban azonban a felszín alatti öntözésnél az évek között szignifikáns különbségek voltak az ikerhajtások számában ($p < 0,01$).



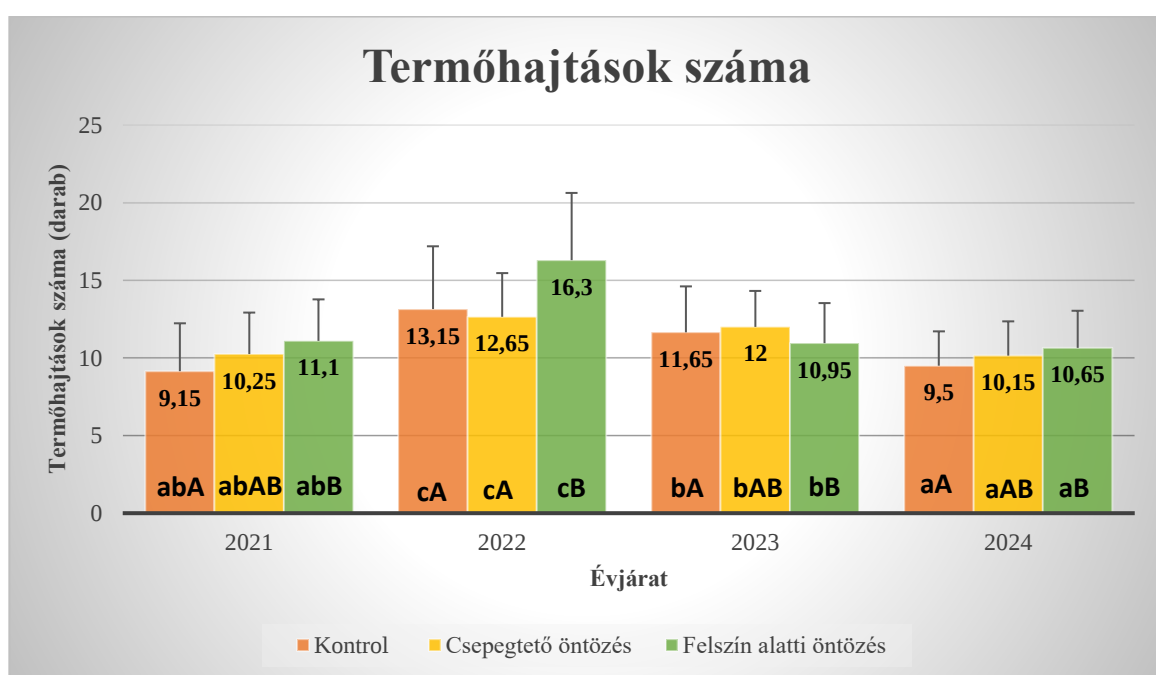
23. ábra: Az ikerhajtások számának alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő betűk az évjáratok közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0,05$). Az ábrán feltüntetett hibasávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

5.1.1.3. Termőhajtások száma

Az elemzésben tökéneként értékeltük azoknak a hajtásoknak a számát, amelyeken virágzatkezdemények voltak. Tekintve, hogy a virágzatkezdemények száma a rügyekben a hajtásfejlődést megelőző év nyarán dől el, így a kapott adatok nem az adott év, hanem az azt megelőző év rügydifferenciálódásáról tájékoztatnak. A termőhajtások száma minden kezelésben a 2022-es évben volt legmagasabb (vagyis a 2021. évi rügydifferenciálódás volt a legintenzívebb) (24. ábra). 2021-ben a termőhajtások száma a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkék esetében volt a legmagasabb, a legalacsonyabb pedig a kontrol tőkék esetében volt. 2022-ben szintén

a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkék esetében volt a termőhajtások száma a legmagasabb, a legalacsonyabb pedig a csepegtető öntözéssel ellátott tőkék esetében volt. 2023- ban ezek az értékek kiegyenlítettebbek voltak, azonban több termőhajtást találtunk azonban a csepegtető öntözéssel ellátott tőkéken.

A termőhajtások számát tekintve elmondható, hogy mind az évjárat ($p<0,01$), mind a kezelés hatása ($p<0,01$), mind az évjáratok és kezelések közötti interakció ($p<0,01$) szignifikanciát mutatott. Évenkénti bontásban elemezve megállapítható, hogy csak a 2022-es évben voltak különbségek a kezelések között a termőhajtások számának vonatkozásában. Az évek és kezelések közötti interakció szintén fontos tényező volt, ami azt jelzi, hogy a kezelések hatása évről évre változott.



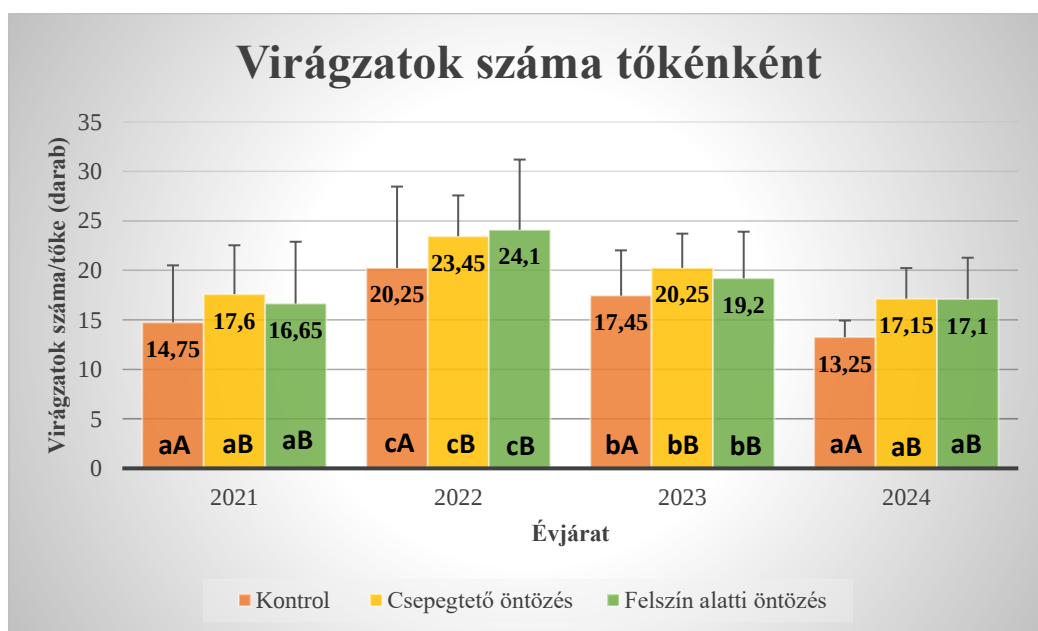
24. ábra: A termőhajtások számának alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő kisbetűk az évjáratok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p<0.05$). Az ábrán feltüntetett hibasávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

5.1.1.4. Virágzatok száma/tőke

A virágzatok számát tőkénként értékeltük, vagyis a rügydifferenciálódást a fenti diagramm tőke-szinten mutatja be. A tőkénkénti virágzatok száma a 2022-es évben volt a legmagasabb, a legalacsonyabb pedig a 2021-es évben. A 2021-es évet figyelembe véve láthatjuk, hogy a virágzatok száma a csepegtető öntözéssel ellátott tőkék esetében volt a legmagasabb (17 db/tőke), a legalacsonyabb pedig a kontroll parcellában (14 db/tőke) (25. ábra). 2022-ben magasabb értékeket kaptunk, a legmagasabb virágzat szám/tőke a felszín alatti öntözéssel ellátott területen volt (23

darab/tőke). A legalacsonyabb értéket a 2021-es évhez hasonlóan a kontroll tőkék esetében tapasztaltuk. 2023-ban a legmagasabb és legalacsonyabb értékek a 2021- es évvel megegyezően alakult.

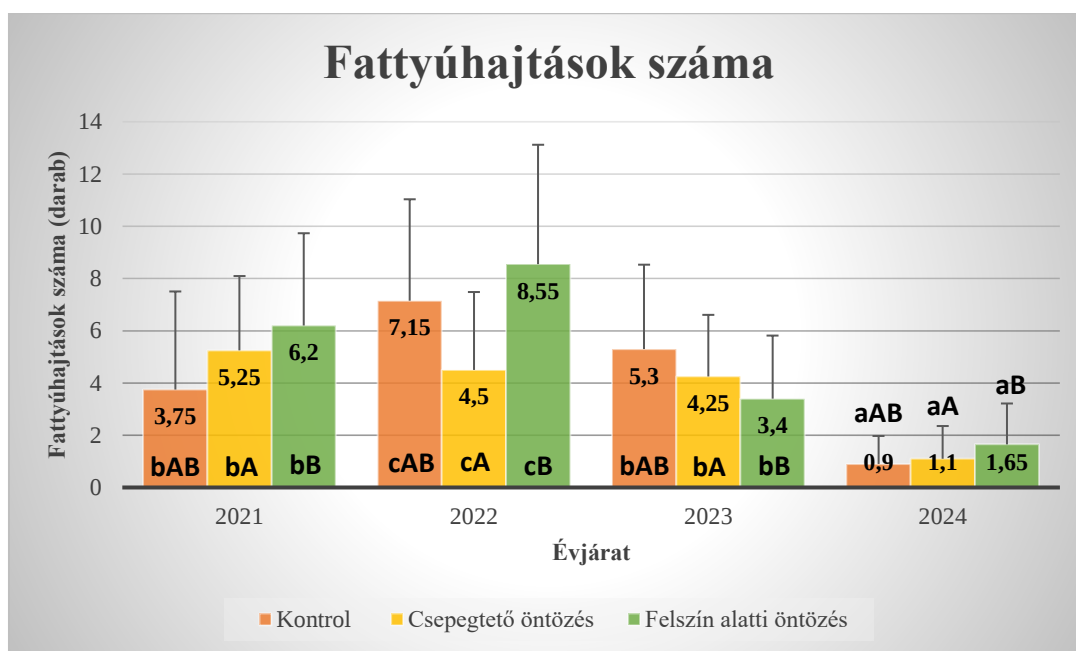
A tőkénkénti virágzatok száma mutató esetében megállapítható, hogy az évjáratok ($p<0,01$) és a kezelések hatása ($p<0,01$) szignifikáns. Az évjárat és kezelések közötti interakció azonban nem mutatott szignifikanciát. A kezelések hatása az évek szerint változó, de például 2024-ben ($p<0,01$) a kezelés hatása erősebb, míg más években (2021-2023) nem szignifikáns. A kezelések szerinti eredmények azt mutatják, hogy az évek közti különbségek minden kezelés esetén szignifikáns, de leginkább a csepegtető öntözésnél.



25. ábra: Virágzatok számának alakulása tőkénként a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő kisbetűk az évjáratok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p<0.05$). Az ábrán feltüntetett hibaszávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

5.1.1.5. Fattyúhajtások száma

A fattyúhajtások (vagyis a rejtett és alapi rügyekből fakadó hajtások) száma 2021-ben a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkék esetében volt a legmagasabb, a legalacsonyabb pedig a kontroll parcellában volt (**26. ábra**). 2022-ben szintén a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkéken találtunk a legnagyobb számban fattyúhajtásokat, azonban a legkisebb értéket a csepegtető öntözéssel ellátott területek esetében találtunk. 2023-ban a legtöbb fattyúhajtást a kontroll területeken lévő tőkéken találtuk, legkisebb számban pedig a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkéken.



26. ábra: Fattyúhajtások számának alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő kisbetűk az évjáratok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibásávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

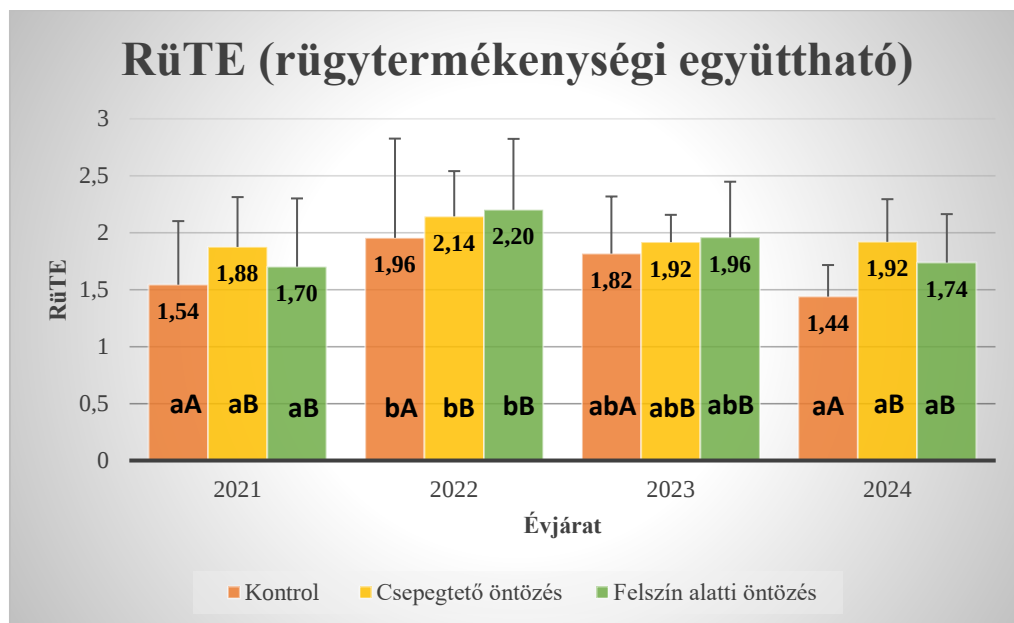
A fattyúhajtások számáról megállapítható, hogy az évjárat hatása ($p < 0,05$), a kezelések hatása ($p < 0,05$) és az évjárat és kezelések közötti interakció ($p < 0,01$) egyaránt szignifikáns hatással volt a mért mutatóra. Az évenkénti eredményekről elmondható, hogy 2022-ben volt szignifikáns eltérés ($p < 0,01$) az öntözési módok között. A kezelésenkénti eredmények szerint pedig a felszín alatti öntözés esetében volt a szignifikancia az évek között.

5.1.1.6. RüTE (Rügytermékenységi együttható)

A fűrszám/világos rügyből fakadó hajtások számát tekintve minden kezelés esetében az értékek a 2022-es évben voltak a legmagasabbak (**27. ábra**). 2021-ben a legalacsonyabb értéket a kontroll parcellákon, a legmagasabbat pedig a csepegtető öntözéssel ellátott területeken tapasztaltuk. 2022-ben a fűrszám/világos rügyből fakadó hajtások hányadosa (rügytermékenységi együttható) a felszín alatti öntözéssel ellátott területeken volt a legmagasabb, a legalacsonyabb pedig a kontroll területeken. 2023-ban a 2022-es évhez hasonló eloszlásokat tapasztaltunk.

A fűrt/világos rügyből fakadt hajtások mutatóról elmondható, hogy az évjárat hatása ($p < 0,05$), és a kezelések hatása ($p < 0,05$) mutatott szignifikáns eltérést az eredményekre nézve. Az évjárat és kezelés közötti interakció nem bizonyult szignifikánsnak. A kezelés hatása általánosan szignifikáns, ami azt mutatja, hogy a különböző kezelések hatással vannak a változóra. Azonban ez az évjáratok között

ingadozik, és néhány évben (pl. 2021-2023) nem szignifikáns, míg más években (pl. 2024; $p < 0,01$) erősen szignifikáns. Az eredmények kezelése szerint azt mutatják, hogy az évjárat hatása szignifikáns a kontroll ($p < 0,02$) és a felszín alatti öntözés ($p < 0,01$) esetén, míg a csepegtető öntözés közel van a szignifikancia szinthez, de nem éri el azt.



27. ábra: A világos rügyből fakadt hajtások fűrtszámának alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő kisbetűk az évjáratok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0,05$). Az ábrán feltüntetett hibaszávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

5.2. Lombozatszerkezet vizsgálat

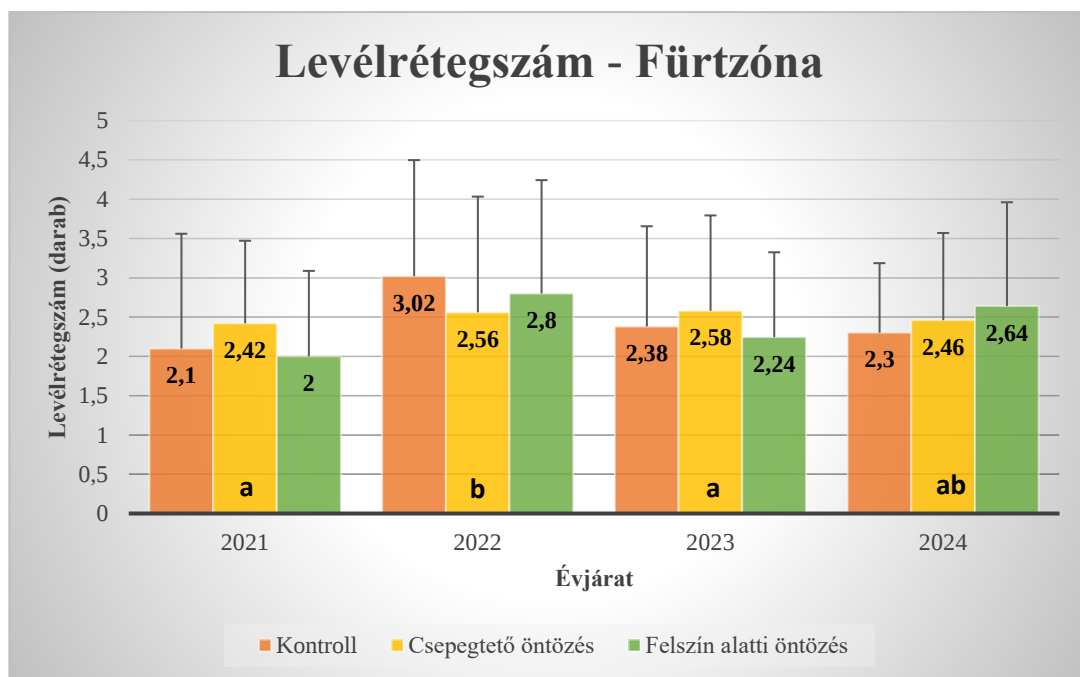
5.2.1. Point quadrat 2021-2024

A lombozatszerkezet vizsgálat során meghatározott levélrétegszámot emeletenként ábrákkal is szemléltetjük. Az egyes emeleteket külön diagrammon mutatjuk be, a statisztikai elemzések során pedig a többi mért értékek (fűrtszám, lombhézagok aránya) eredményeire is kitérünk.

5.2.1.1. Fűrtzóna

A lombzat első emeletén a levélrétegszámot tekintve az átlagos érték összességében 2021-ben volt a legalacsonyabb (**28. ábra**). A legszellősebb levélrétegszámot a felszínalatti öntözésű területek esetében tapasztaltuk (2 db levél /beszúrás), azonban a kontroll kezelés levélrétegszáma csak minimálisan tér el ettől (2,1 darab levél/beszúrás). A legsűrűbb levélrétegszámot a csepegtető öntözéssel ellátott tőkék mutatták (2,42 darab levél/beszúrás). A legmagasabb értékeket 2022-ben tapasztaltuk. Itt a kontroll kezelés tőkái mutatták a legsűrűbb levélrétegszámot az első emeleten

(3,02 darab levél/beszúrás). A további két vizsgált évben az öntözéssel ellátott területek levélrétegszámai magasabbak voltak a kontrollnál. 2023-ban a csepegtető öntözéssel ellátott tőkék mutattak magasabb értékeket, 2024-ben pedig a felszín alatti öntözésű területeken található tőkék bizonyultak a legsűrűbbnek.



28. ábra: A levélrétegszám alakulása a fürtzónában a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő betűk az évjáratok közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibaszávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

A statisztikai elemzés alapján az első emeleten a levélrétegszámra az évjárat hatása szignifikáns, azonban a kezelés, illetve az évjárat és kezelések közötti interakció nem bizonyult szignifikánsnak (**10. táblázat**). Az évjáratok szerinti bontás eredményeit tekintve a kezelések hatása egyik évben sem volt szignifikáns. Azonban, ha kezelésként nézzük elmondható, hogy a kontroll kezelés és a felszín alatti öntözés levélrétegszámai esetében az évek között van szignifikáns különbség az egyes kezelések mellett.

A lombhézagok arányai esetén azt tapasztaltuk, hogy mind az évjáratok, mind a kezelések, mind az évjáratok és kezelések közötti interakció szignifikánsnak bizonyultak. Az évek szerinti elemzés alapján csak a 2021-es évben volt szignifikáns különbség a kezelések között. Tehát ebben az évben a kezelések szignifikánsan eltérő hatással voltak a lombhézagok arányára. A kezelések szerinti elemzés szerint az évjárat szignifikánsan befolyásolja a lombhézagok arányát a kontroll kezelés esetében. A fürtszámokra vonatkozó statisztikai eredmények azt mutatják, hogy sem az évjáratok, sem a kezelések nem voltak szignifikáns hatással a fürtszámok változására.

Azonban az évjáratok és kezelések közötti interakció szignifikáns volt. Ez azt jelenti, hogy az évjárat és a kezelés együttesen befolyásolja a fürtszámok alakulását. Évek szerinti bontásban a 2021-es és 2023-as évben voltak szignifikáns eltérések a kezelések között. A kezelések szerinti elemzés során csak a csepegtető öntözés esetében változott szignifikánsan a fürtök száma az évek során.

10. táblázat: A fürtzónában mért paraméterek alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint. Az „a” jellel jelzett szignifikancia a szignifikáns évjárathatást, a „b” jel a kezelés szignifikáns hatását, a „c” jel pedig az évjárat és kezelés közötti interakció szignifikáns hatását jelöli.

	2021			2022			2023			2024			Szigntifikancia (p<0.05)
	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	
Mutató													
Levélrétegszám	2,1	2,42	2	3	2,6	2,8	2	3	2,24	2	2,46	2,64	a
Lombházagok aránya	0,2	0	0,06	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0,02	a;b;c
Fürtök száma	0,9	1,4	1,04	1,2	0,9	1,04	1	1	1,44	1	1,22	1,22	c

5.2.1.2. Hajtások középső harmada

A levélrétegszámot tekintve a lombzat 2. emeletén (hajtások középső harmada) látható, hogy a felszín alatti öntözésű területeken található tőkék esetében volt az átlagos érték a legmagasabb 2022-ben, 2023-ban és 2024-ben. 2021-ben a csepegtető öntözéssel ellátott területeken található tőkék levélrétegszáma volt a legmagasabb a második emeleten (**29. ábra**). Mind a három vizsgált évben a kontroll parcellák tőkein volt a legalacsonyabb a levélrétegszám az egyes tőkéken átlagosan.



29. ábra: A levélrétegszám alakulása a hajtások középső harmadának magasságában a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibaszávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

A lombzat második emeletén mért mutatók közül csak a levélrétegszám alakulását, illetve a lombhézagok arányát vizsgáltuk statisztikailag (**11. táblázat**). Ugyanis ezen a lombzat szinten már nem találhatóak fűrtök, így annak vizsgálata nem volt szükséges.

A levélrétegszámra mind az évjáratok, mind a kezelések, mind az évjáratok és kezelések közötti interakció szignifikánsnak bizonyult. Évek szerinti bontásban csak a 2022-es évben nem volt kimutatható szignifikáns hatás a kezelések között. A kezelések szerinti elemzés során a kontroll, illetve a felszín alatti öntözés esetében az év hatása szignifikáns, tehát a levélrétegszám szignifikánsan változik az évek során az egyes kezelések alatt.

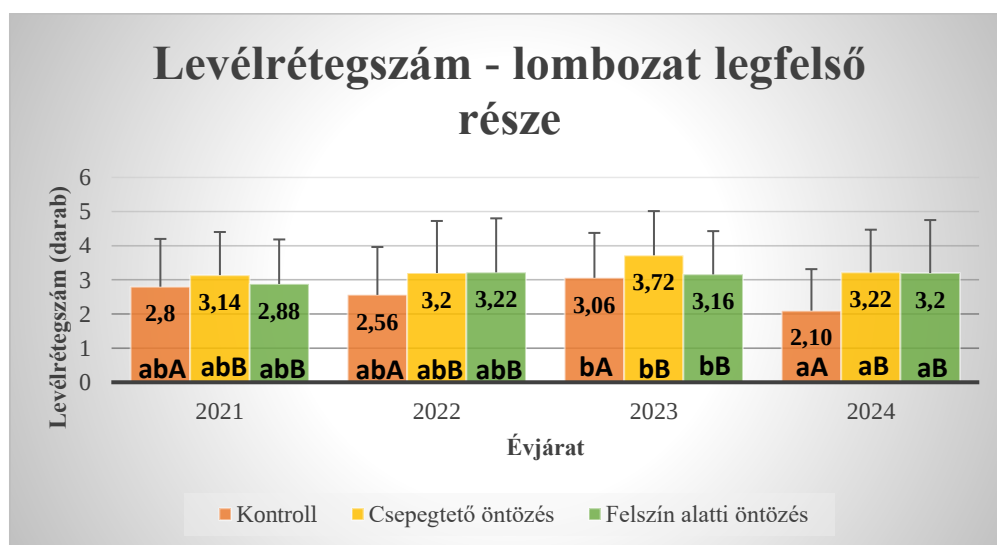
A lombhézagok arányára az évjáratok és a kezelések is szignifikáns hatással voltak. Az évjáratok és kezelések közötti interakció nem mutatott szignifikanciát. Évek szerinti bontásban a 2023-as évben a kezelések között szignifikáns különbségek voltak. A kezelések szerinti elemzés alapján a felszín alatti öntözés esetében volt az év szignifikáns hatással, tehát a levélrétegszám az évek között szignifikánsan változott ezen kezelés alatt.

11. táblázat: A mért mutatók alakulása a hajtások középső harmadának szintjén a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint. Az „a” jellel jelzett szignifikancia a szignifikáns évjáráthatást a „b” jel a kezelés szignifikáns hatását, a „c” jel pedig az évjárat és kezelés közötti interakció szignifikáns hatását jelöli.

	2021			2022			2023			2024			
	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Szignifikancia ($p < 0.05$)
Mutató													
Levélrétegszám	2,76	3,6	3,14	3,2	3,3	3,7	2,58	3,4	3,7	2,6	3,7	3,9	a;b;c
Lombhézagok aránya	0,12	0	0,1	0	0	0	0,08	0	0	0,1	0	0,1	a;b
Fürtök száma	0,02	0	0	0,3	0,3	0,32	0	0	0	0,2	0,2	0,1	

5.2.1.3. Lombozat legfelső harmada

A levélrétegszám a lombozat harmadik emeletén a következőképpen alakult a vizsgált évek során. 2021-ben a legkevesebb levelet beszúrásenként a kontroll parcellában található tőkék esetében kaptuk (2,8 darab átlag levélszám/beszúrás) (30. ábra). A legmagasabb levélrétegszámot pedig a csepegtető öntözéssel ellátott kezelés esetében tapasztaltuk (3,14 darab átlag levélszám/beszúrás). 2022-ben a csepegtető öntözésű és a felszín alatti öntözésű területek tőkái közel azonos levélrétegszámot mutattak, míg a kontroll ültetvény tőkái viszonylag kevesebbet. 2023-ban a csepegtető öntözésű területek tőkái mutatták a legmagasabb levélrétegszámot (3,72 átlagos levélrétegszám/beszúrás).



30. ábra: A levélrétegszám alakulása a lombozat legfelső részén a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő kisbetűk az évjáratok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibaszávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

A legalacsonyabb pedig a kontroll kezelésű tőkéké volt (3,06 átlagos levélrétegszám/beszúrás). 2024-ben az eredmények hasonlóak voltak, a kontroll ültetvények tőkéi (2,1 átlagos levélrétegszám/beszúrás) azonban még inkább elmaradtak a levélrétegszámban az öntözött ültetvények tőkéihez képest. A lombzat harmadik emeletének statisztikai elemzése (**12. táblázat**) után megállapítható, hogy a levélrétegszámra mind az évjáratok, mind pedig a kezelések szignifikáns hatással voltak. Az évjáratok és kezelések közötti interakció azonban nem. Az évek szerinti bontásban látható, hogy csak 2021-ben nem voltak szignifikáns hatással a kezelések a levélrétegszámok alakulására. A kezelések szerinti eredmények alapján elmondható, hogy csak a kontroll kezelés mellett volt az évek között szignifikáns változás a levélrétegszámban.

A lombhézagok arányát tekintve csak a kezelések voltak szignifikáns hatással, az évjáratok, valamint az évjáratok és kezelések közötti interakció nem. Az évek szerinti eredmények azt mutatják, hogy csak 2024-ben volt a kezelés szignifikáns hatással a vizsgált változóra. A kezeléseket tekintve az állapítható meg, hogy az évek közötti eltérések egyik kezelés esetében sem szignifikánsak.

12. táblázat: A mért mutatók alakulása a lombzat legfelső emeletén a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint. Az „a” jellel jelzett szignifikancia a szignifikáns évjáratot, a „b” jel a kezelés szignifikáns hatását, a „c” jel pedig az évjárat és kezelés közötti interakció szignifikáns hatását jelöli.

	2021			2022			2023			2024			
Mutató	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti	Szignifikancia (p<0.05)
Levélrétegszám	2,8	3,14	2,9	2,56	3,2	3,2	3,1	3,7	3,2	2,1	3,22	3,2	a;b;c
Lombhézagok	0,1	0,06	0,1	0,1	0,04	0	0	0	0	0,1	0	0	b
Fürtök száma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

5.3. Ampelometriai vizsgálatok

Az OIV alapján leírt morfológiai tulajdonságokat két tényezős ANOVA vizsgálattal elemeztük. Itt az évjárat, valamint a kezelések voltak a független változók. Az 52 változóra kapott eredményeket az alábbi táblázat mutatja be (**13. táblázat**).

13. táblázat: Az ampelometriai vizsgálat során mért mutatók alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint

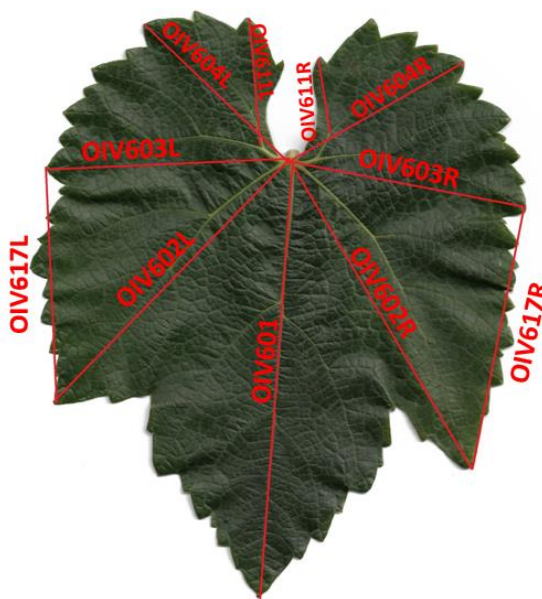
Mutató	2021			2022			2023			2024			Szignifikancia
	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	
Felület (cm2)	211,00	210,94	217,23	186,59	194,33	198,12	229,18	194,59	227,47	314,16	226,67	309,33	a,b;c
OIV 601 (mm)	107,98	106,83	108,69	118,62	120,93	122,47	122,45	115,92	122,20	122,38	121,49	125,63	a
OIV 602R (mm)	93,26	96,38	94,33	100,03	100,63	100,99	113,18	106,04	111,84	112,36	107,56	112,88	a
OIV 602L (mm)	94,87	94,84	95,76	101,15	104,10	103,34	111,85	101,10	111,07	109,45	111,60	110,02	a
OIV 603R (mm)	70,41	73,46	73,77	76,96	77,92	79,40	86,96	83,23	87,78	86,57	86,37	87,34	a
OIV 603L (mm)	74,14	75,98	72,29	77,88	79,58	78,91	89,29	81,46	89,12	82,98	88,13	83,26	a;c
OIV 604R (mm)	46,84	47,01	47,79	50,90	50,71	52,45	56,19	52,18	55,71	57,60	53,82	57,56	a
OIV 604L (mm)	47,21	49,11	48,28	51,00	51,84	53,36	57,26	52,56	57,26	53,98	56,31	54,14	a
OIV 605R (mm)	80,04	84,16	83,18	84,80	87,31	87,39	94,94	91,20	91,35	90,25	95,04	97,34	a
OIV 605L (mm)	81,50	84,01	85,80	83,98	90,63	90,58	94,40	86,71	93,51	94,66	95,60	92,88	a
OIV 606R (mm)	65,37	69,25	67,62	69,33	71,04	72,16	79,49	74,54	78,37	76,75	77,74	77,21	a
OIV 606L (mm)	66,64	69,77	67,23	71,67	72,72	72,11	79,53	73,98	79,11	75,72	79,77	78,27	a
OIV 611R (mm)	25,74	24,69	22,86	18,19	17,93	16,81	23,87	21,58	23,26	25,30	22,82	30,12	a
OIV 611L (mm)	24,52	25,12	22,52	18,67	18,79	19,71	23,07	22,41	25,96	21,59	20,74	28,74	a;b;c
OIV 612R (mm)	6,80	5,88	7,39	16,88	7,37	7,64	7,80	7,00	7,36	8,23	6,80	7,65	
OIV 612L (mm)	6,97	6,04	6,60	7,16	8,08	7,22	7,98	12,94	7,89	7,07	7,34	7,00	
OIV 613R (mm)	13,08	14,22	14,81	14,96	14,79	14,72	15,65	15,40	14,51	16,33	17,09	15,59	a
OIV 613L (mm)	14,22	13,36	13,27	13,86	15,24	14,52	16,31	14,47	16,65	15,22	16,07	16,28	a;c
OIV 614R (mm)	6,66	6,74	7,64	6,83	7,07	6,56	8,15	7,92	7,80	8,12	7,57	8,79	a
OIV 614L (mm)	6,71	7,43	7,84	6,64	7,61	7,00	7,98	7,60	8,65	7,58	8,21	8,23	a
OIV 615R (mm)	11,92	12,00	12,72	11,77	11,58	11,86	14,01	12,45	13,08	13,78	13,84	14,00	a
OIV 615L (mm)	12,11	12,33	14,71	11,33	13,37	12,00	14,44	13,57	13,94	13,68	14,53	14,33	a
OIV 617R (mm)	42,90	41,22	40,67	45,28	45,71	44,49	50,09	45,74	51,13	49,71	45,70	50,33	a
OIV 617L (mm)	42,08	40,70	41,88	43,87	47,35	48,24	47,46	42,57	50,50	48,18	47,40	48,10	a;b
OIV 618R (mm)	86,96	89,19	88,21	89,57	91,93	95,90	104,27	93,65	98,42	99,74	93,95	95,07	a
OIV 618L (mm)	30,42	34,73	34,90	22,93	24,57	23,40	29,33	25,56	28,54	30,54	27,36	34,90	a
OIV 607R (szög°)	53,38	50,79	53,00	59,15	58,89	56,87	59,07	54,66	60,50	57,09	56,30	56,46	a
OIV 607L (szög°)	52,32	55,02	57,19	56,95	59,96	57,65	57,41	54,41	58,68	56,11	61,05	58,80	b
OIV 608R (szög°)	49,18	48,74	53,60	60,41	59,57	62,02	56,38	55,22	53,45	57,04	55,38	55,62	a
OIV 608L (szög°)	49,83	53,35	50,12	57,51	59,38	58,13	54,45	54,76	54,03	53,31	55,24	55,85	a
OIV 609R (szög°)	51,19	48,85	54,24	50,54	49,75	50,90	54,20	55,11	52,27	50,72	54,35	53,27	
OIV 609L (szög°)	50,90	54,15	46,92	50,86	48,71	48,45	51,04	53,40	54,14	53,32	52,19	54,93	a
OIV 610R (szög°)	68,89	63,49	69,25	71,34	68,13	73,99	69,53	73,06	67,07	71,43	68,96	65,51	
OIV 610L (szög°)	69,34	71,03	60,96	70,02	68,18	69,13	67,83	74,60	68,45	68,28	69,36	65,79	b
OIV 618aR (mm)	100,63	99,67	98,30	92,24	94,40	96,40	93,69	94,49	87,85	95,59	87,97	85,83	a
OIV 618aL (szög°)	46,69	49,66	51,00	35,60	38,41	36,37	40,83	37,07	37,38	41,41	37,00	41,21	a
D 01-02 (mm)	11,25	12,04	12,72	11,94	13,06	13,01	16,20	12,86	16,06	13,27	14,18	15,89	a;b
D 01-03 (mm)	24,14	26,27	24,74	23,45	23,64	25,29	28,17	26,14	27,32	28,60	27,24	27,44	a
D 01-04 (mm)	32,55	32,37	30,42	33,37	33,45	35,86	34,21	36,11	33,20	36,22	33,65	35,62	
D 01-05 (mm)	25,69	25,85	25,98	25,70	26,05	25,75	28,39	26,00	27,87	27,84	28,65	27,26	a
D 01-06 (mm)	10,92	11,78	12,24	12,53	12,72	12,21	16,31	12,54	16,38	14,32	14,42	15,64	a
D 01-31 (mm)	37,46	39,41	38,48	34,05	35,35	36,80	40,07	36,83	43,90	39,75	39,61	47,64	a;b
D 01-09 (mm)	37,95	39,18	38,39	33,46	34,23	32,63	40,69	36,34	40,00	41,83	40,11	47,80	a
D 01-29 (mm)	56,59	59,48	59,21	62,73	64,00	64,92	72,28	63,86	71,96	66,64	69,47	68,00	a
D 01-11 (mm)	56,53	57,14	59,08	62,10	63,11	64,71	71,12	63,68	70,10	69,92	66,46	71,52	a;b
D 27-13 (mm)	143,79	148,53	144,30	154,09	156,77	157,68	175,80	164,01	176,10	168,94	173,96	169,90	a
D 25-15 (mm)	147,39	151,04	150,50	160,57	160,97	159,94	181,79	163,14	180,74	174,15	179,25	179,45	a
D 23-17 (mm)	126,01	126,27	133,47	138,18	145,19	142,87	158,38	139,15	161,48	153,08	158,76	163,98	a;b
D 11-13 (mm)	47,36	47,34	51,84	52,03	51,35	54,04	60,14	59,38	58,60	59,10	60,61	59,77	a
D 13-17 (mm)	66,78	70,49	64,77	75,17	74,30	71,92	82,23	75,73	82,95	81,18	78,17	84,22	a
D 17-20 (mm)	73,82	72,57	77,67	86,82	89,12	89,14	92,57	81,16	95,45	89,71	88,48	94,29	a;b
D 20-23 (mm)	74,30	73,31	80,06	79,29	88,64	85,98	88,75	79,80	90,49	86,61	96,12	98,87	a;b
D 23-27 (mm)	67,23	69,42	69,41	75,12	76,17	75,21	81,51	72,47	82,29	78,60	81,20	78,15	a
D 27-29 (mm)	49,97	53,58	45,76	53,05	51,63	51,77	59,12	57,36	61,65	57,32	60,39	57,86	a

A táblázatban „a” betűvel jelöltük azokat a változókat, ahol a statisztikai eredmények értelmében az évek között jelentős szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk az egyes változókra vonatkozóan. „b” betűvel láttuk el azokat a változókat, mely esetben a különböző kezelések jelentősen eltérően befolyásolták az egyes mutatókat. A „c” betű pedig arra utal, hogy az év és a kezelés interakciója szignifikáns, tehát a kezelések hatása az évek között változik.

A kapott eredményeket az Anyag és Módszer fejezetben ismertetett csoportosítás alapján ismertetjük:

5.3.1. Levélfelület, erek hossza és lineáris tulajdonságok

Az eredményeink alapján elmondható, hogy a legtöbb morfológiai bélyeg az évek között mutatott szignifikanciát, azonban 11 mutató esetében a kezelések is szignifikáns hatással voltak (**31. ábra**). Az egyedi levélfelület („Felület”) esetében azt tapasztaltuk, hogy az évek között jelentős eltérések vannak ($p < 0,01$), továbbá a különböző kezelések szignifikánsan eltérően ($p < 0,01$) befolyásolják ezt a mutatót. Ebben az esetben az évek és a kezelés is interakciót mutatott egymással ($p < 0,01$), tehát a kezelések hatása az egyedi levelek felületére az évek között változik. Évek szerinti bontásban a 2024-es évben volt szignifikáns a kezelések hatása ($p < 0,01$), továbbá a 2023-as évben is tapasztaltuk még a kezelések szignifikáns hatását ($p < 0,01$). A kezelések szerinti bontásban pedig a kontroll kezelés ($p < 0,0001$), és a felszín alatti öntözéssel ellátott kezelés ($p < 0,01$) mutatott szignifikanciát a „Felület” mutatóval az évek között. A csepegtető öntözéssel ellátott kezelések esetében is tapasztaltunk szignifikanciát ($p < 0,05$).



31. ábra: Levélfelülethez, erek hosszához és lineáris tulajdonságokhoz tartozó OIV tulajdonságok

A statisztikai eredmények alapján az alábbi következtetéseket vonhatom le a főér (N_1) hosszára vonatkozóan („OIV_601”). Ebben az esetben csak az évek között tapasztaltunk szignifikáns különbségeket ($p < 0,01$). A kezelésnek, illetve az év és kezelés interakciójának nem volt szignifikáns hatása erre a mutatóra. Az évek szerinti

eredmények alapján egyik évben sem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a kezelések között. Azonban a kezelések szerint mind a felszín alatti kezelés ($p < 0,01$), mind pedig a csepegtető öntözés ($p < 0,03$) esetében szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk az évek között.

A jobb oldali felső másodlagos ér (N_{2R} - „OIV_602R”) hosszúsága esetében az év hatása jelentősnek bizonyult a változóra nézve, a szignifikancia szint $p < 0,05$. Azonban a különböző kezelések esetében nem tapasztaltunk szignifikanciát, és az év, illetve a kezelés közötti interakció sem volt szignifikáns hatással a változóra. Az évek szerinti bontásban nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a kezelések hatásában. A kezelések vonatkozásában mind a három kezelés esetében elmondható, hogy a különböző évek között jelentős eltérés mutatkozott az egyes kezelési módszerekben (kontroll: $p < 0,01$, felszín alatti öntözés: $p < 0,01$, csepegtető öntözés: $p < 0,01$).

A bal oldali felső másodlagos ér (N_{2L} - „OIV_602L”) hosszúságára az évjárat hatása szignifikáns ($p < 0,05$), tehát a különböző évjáratok között szignifikáns különbségek mutatkoztak. A kezelés hatása nem volt szignifikáns, illetve az évjárat és a kezelés interakciója sem volt szignifikáns. Évjáratonkénti bontásban egyedül a 2023-as évben tapasztaltunk szignifikáns eltérést ($p < 0,01$) a különböző kezelések között. Továbbá a felszín alatti kezelés ($p < 0,01$), és a kontroll kezelés ($p < 0,01$) esetében voltak jelentős különbségek az évek között.

A jobboldali alsó másodlagos ér (N_3 - „OIV_603R”) hosszát megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az évjárat hatása rendkívül szignifikáns, ami azt jelenti, hogy az évjáratok között jelentős különbségek vannak erre a mutatóra vonatkozóan. A kezelések hatása nem volt szignifikáns. Ahogyan az évjárat és a kezelések interakciója sem volt szignifikáns. Az évjáratonkénti eredményeket tekintve egyik évben sem volt tapasztalható szignifikáns különbség a kezelések között. Kezelésenként nézve pedig azt tapasztaltuk, hogy mind a három kezelés esetében jelentős különbségek voltak az évjáratok között.

A baloldali alsó másodlagos ér (N_3 - „OIV_603L”) hosszúságáról megállapítható, hogy az évjáratok hatása rendkívül szignifikáns ($p < 0,01$), tehát az évjáratok között jelentős különbségek vannak. A kezelések hatása azonban nem volt szignifikáns, viszont az évjáratok és kezelések közötti interakció igen ($p < 0,01$). Évjáratonként nézve, egyedül a 2023-as évben tapasztaltuk ($p < 0,01$), hogy a különböző kezelések jelentős különbségeket mutattak. Valamint megállapítható, hogy mind a három kezelési módban erősen szignifikáns különbségek vannak az évjáratok között.

Az alábbi következtetéseket vonhatjuk le a jobboldali vállból melletti ér hosszúságáról (N_4 - „OIV_604R”). Az év hatása szignifikáns ($p < 0,01$), tehát az évek között jelentős különbségek vannak. A kezelés hatása, valamint az évek és kezelések közötti interakció nem volt szignifikáns. Évenkénti bontásban egyik évben sem találtam szignifikáns különbséget a kezelések között. Kezelésenkénti bontásban azonban mind a három kezeléstről elmondható, hogy az évjáratok között szignifikáns eltérések mutatkoztak.

A baloldali vállból melletti ér (N_4 - „OIV_604L”) hosszúságánál azt tapasztaltuk, hogy az év hatása szignifikáns ($p < 0,01$), tehát az évek közötti eltérések jelentősek. Azonban a kezelés hatása, és az év és kezelés közötti interakció nem volt szignifikánsan eltérő. Évenkénti bontásban egyik évben sem tapasztaltunk szignifikáns eltéréseket a kezelések között. Kezelésenként nézve viszont, felszín alatti öntözés ($p < 0,00092$), és a kontroll kezelés esetén voltak szignifikáns eltérések az évek között.

A vállból melletti jobb oldali N_5 -ös ér hosszúságának (N_5 - „OIV_611R”) esetében az évjárat hatása ($p < 0,05$) és az évjárat a kezeléssel interakcióban ($p < 0,01$) mutatott szignifikáns eltérést. A kezelések között nem volt szignifikáns eltérés a vizsgált változóban. Az egyes években a kezelés hatása nem szignifikáns, kivéve a 2024 évet, ahol a p -érték (0,01) szignifikáns eltérést mutat. Minden kezelés esetében az év hatása szignifikáns, ami azt jelenti, hogy a különböző kezelések esetében is figyelembe kell venni az év változásait.

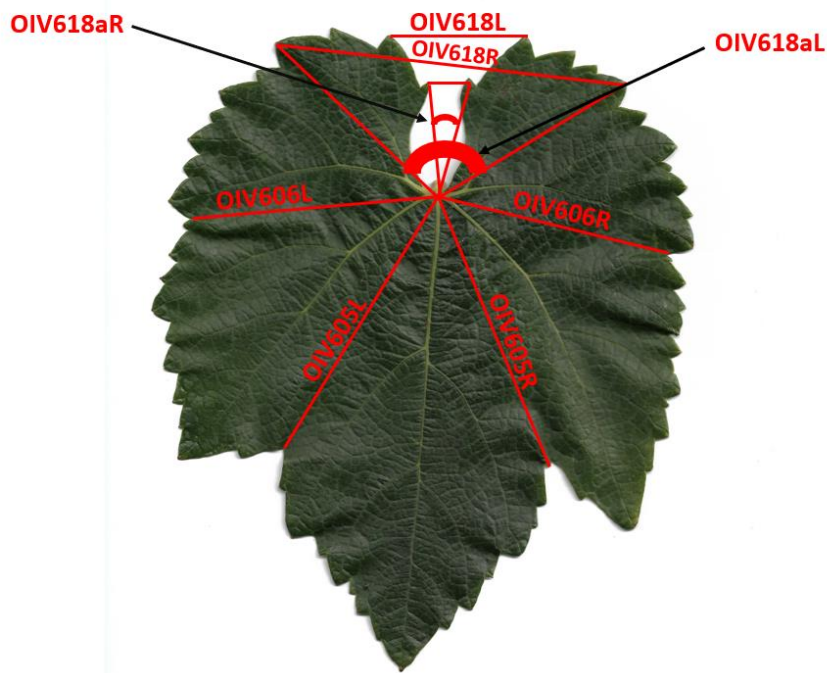
A vállból melletti baloldali N_5 -ös ér hosszúságára (N_5 - „OIV_611L”) mind az évjárat ($p < 0,01$), mind pedig a kezelés hatása ($p < 0,02$) szignifikáns volt, tehát az évjárat változása jelentős hatással van a vizsgált változóra, valamint a különböző kezelések között jelentős eltérések mutatkoztak. Ezeken kívül az évjárat és a kezelés interakciója is szignifikáns ($p < 0,02$). Az egyes években a kezelés hatása nem szignifikáns, kivéve a 2024 évet, ahol a p -érték (0,01) szignifikáns eltérést mutat. Az eredmények alapján minden kezelés esetében az évjárat hatása szignifikáns, ami azt jelenti, hogy jelentős hatással van a különböző kezelésekre.

A jobboldali N_2 -es ér csúcsa és a jobb oldali N_2 első mellékerének csúcsa közötti hossz („OIV_617R”) esetében az évjárat hatása bizonyult szignifikánsnak ($p < 0,01$), míg a kezelés hatása és az évjárat és kezelés közötti interakció nem. Az egyes éveket tekintve a kezelések között egyik évben sem volt szignifikáns különbség. Az egyes kezelések esetében pedig csak a felszín alatti kezelések mutattak szignifikáns különbséget az évek során ($p < 0,01$).

A baloldali N₂-es ér csúcsa és a baloldali N₂ első mellékerének csúcsa közötti hosszról („OIV_617L”) elmondható, hogy az évjárat hatása szignifikánsnak bizonyult ($p < 0,01$), azonban a kezelés hatása és az évjárat és a kezelési közötti interakció nem. Az egyes éveket tekintve, csak 2023-ban volt a kezeléseknek szignifikáns hatása ($p < 0,01$). A felszín alatti öntözés esetében az évek szignifikáns különbséget mutattak ($p < 0,02$), míg a csepegtető öntözés és a kontroll esetében nem volt szignifikáns különbség az évek között.

5.3.2. Karéjozottság és az öblök mérete

A jobboldali vállöböl és a jobboldali alsó oldalöböl alapja közötti távolságra („OIV_605R”) szignifikáns hatással volt az évjárat ($p < 0,01$), tehát az évjáratok között jelentős eltérések mutatkoztak (32. ábra). A kezelés hatása, valamint az évjárat és a kezelés interakciója nem mutatott szignifikanciát. Az egyes éveket tekintve egyik évben sem jelentkezett szignifikáns eltérés a kezelések között. Kezelésként az évek közötti eltérések szignifikánsak a felszín alatti öntözés ($p < 0,01$) és kontroll ($p < 0,01$) esetében, míg a csepegtető öntözés esetében az eltérés közel van a szignifikancia küszöbhez ($p < 0,06$). A baloldali vállöböl és a baloldali alsó oldalöböl alapja közötti távolság („OIV_605L”) esetében a következőket állapítottuk meg. Az év hatása szignifikáns volt, tehát az évek közötti eltérések statisztikailag jelentősek ($p < 0,01$). A kezelések közötti különbségek nem szignifikánsak. Az év és a kezelés interakciója nem szignifikáns. Évenként nézve, egyik évben sem volt szignifikáns eltérés a kezelések között. Kezelésként, az évek közötti eltérések szignifikánsak a csepegtető öntözés esetében, míg a felszín alatti öntözés és kontroll csoport esetében az évek közötti eltérések nem szignifikánsak. A jobboldali vállöböl és a jobboldali felső oldalöböl alapja közötti távolságra („OIV_606R”) az év hatása szignifikáns ($p < 0,01$), tehát az évjáratok közötti eltérések jelentősek. A kezelések közötti eltérések nem szignifikánsak, ahogy az évjárat és kezelések közötti interakció sem szignifikáns. Évenkénti bontásban nézve egyik évben sem volt szignifikáns eltérés a kezelések között. Kezelésként az évek közötti eltérések szignifikánsak a felszín alatti öntözés ($p < 0,01$), csepegtető öntözés ($p < 0,02$) és kontroll ($p < 0,01$) esetében.



32. ábra: A karéjzottság és az öblök mérete szerinti OIV tulajdonságok

A baloldali vállöböl és a baloldali felső oldalöböl alapja közötti távolságot („OIV_606L”) tekintve, az évjárat változása jelentős hatással van ($p < 0,01$) a vizsgált változóra. A kezelés hatása, valamint az évjárat és kezelés interakciójának hatása nem bizonyult szignifikánsnak. Az egyes években a kezelés hatása nem mutat szignifikáns eltérést. Az eredmények alapján a felszín alatti ($p < 0,01$) és a csepegtető öntözés ($p < 0,01$) esetén az év hatása szignifikáns, míg a kontroll kezelés esetén nem.

Az N₅ erek csúcsainak közti távolságról („OIV_618L”) elmondható, hogy csak az évjárat volt szignifikáns hatással ($p < 0,01$) az eredményekre. A kezelés hatása, valamint az évjárat és a kezelés közötti interakció nem. Az egyes kezelésekre való bontásnál csak a felszín alatti öntözés esetében mutatkozik szignifikáns különbség az évek között ($p < 0,01$).

Az N₅ ér csúcsa és a levélnyel pontja és az N₅ ér csúcsa közötti szög („OIV_618aR”) esetében megállapítható, hogy az évjárat hatása szignifikáns ($p < 0,01$). A kezelések hatása, valamint az évjárat és kezelés közötti interakció nem. Az egyes eltérő évjáratok között nem volt tapasztalható különbség a kezelések között. A felszín alatti öntözés esetében az évjáratok közötti eltérések szignifikánsak voltak ($p < 0,02$), tehát az évek közötti eltérés jelentős hatással volt erre a kezelésre. A másik két kezelés esetében nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést.

Az N₄ erek csúcsainak közötti távolság („OIV_618R”) esetében megállapítható, hogy az évjárat hatása szignifikáns volt ($p < 0,01$), azonban a kezelés és az évjárat és kezelés

közötti interakció nem. Évek szerint a kezelések hatása egyetlen évben sem bizonyult szignifikánsnak. Kezelések szerint pedig az év hatása csak a kontroll kezelés esetében volt szignifikáns, míg a felszín alatti és a csepegtető öntözés kezelésekben nem.

Az N₄ ér csúcsa és a levélnyel pontja és az N₄ ér csúcsa közötti szögről „OIV_618aL” az eredmények alapján az évjárat hatása szignifikáns volt ($p < 0,01$), a kezelések, illetve az évjárat és kezelés közötti interakció hatása nem. Az eltérő évjáratok között nem volt tapasztalható szignifikáns különbség a kezelések hatásában. A kezelések közül csak a felszín alatti öntözésnél volt kimutatható szignifikáns különbség az évek között.

5.3.3. Az erek között bezárt szögek

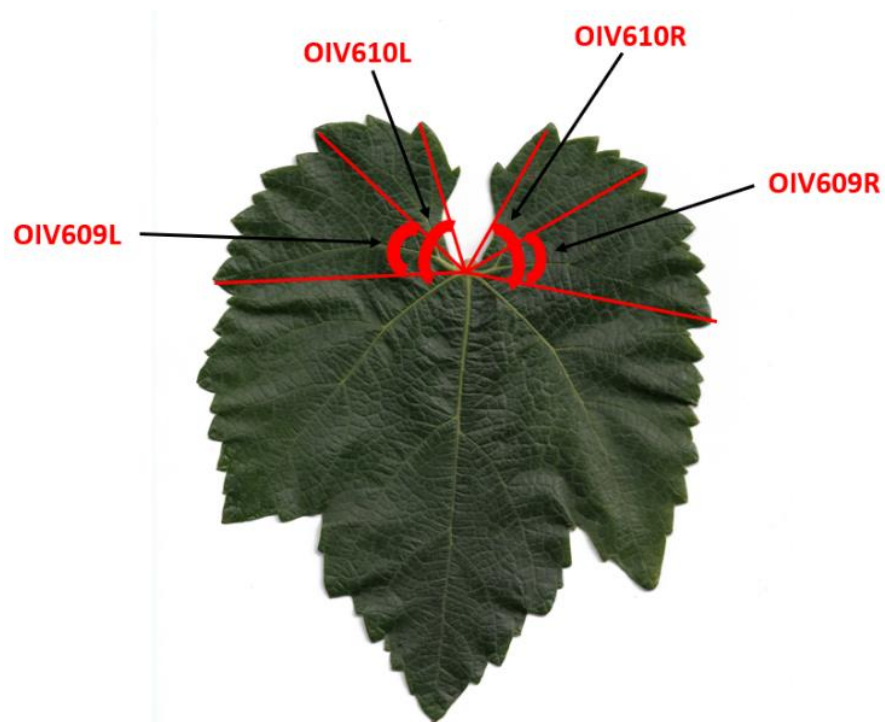
A főér csúcsa és a levélnyel pontja és az N₂ jobboldali első elágazása közötti szög („OIV_607R”) esetében csak az évjáratok esetében volt kimutatható szignifikancia ($p < 0,01$), a kezelés, illetve az évjárat és kezelés közötti interakció esetén nem (33-34. ábra). Az egyes éveket nézve egyik évben sem volt kimutatható szignifikáns különbség a kezelések között. Azonban a felszín alatti öntözés ($p < 0,02$) és a csepegtető öntözés ($p < 0,01$) szignifikáns évhatást mutatnak, ami azt jelzi, hogy ezeknél a kezeléseknel az évek között jelentős különbségek vannak.

A főér csúcsa és a levélnyel pontja és az N₂ baloldali első elágazása közötti szögről („OIV_607L”) megállapítható, hogy az évjárat nem volt szignifikáns hatással az eredményekre. Azonban a kezelések hatása szignifikánsnak bizonyult ($p < 0,05$). Az évjárat és a kezelések közötti interakció szintén nem volt szignifikáns. Bár az évek szerinti bontásban nincs szignifikáns különbség a kezelések között, azonban kezelésekre bontva viszont van, különösen a csepegtető öntözés esetében ($p < 0,01$), ahol az évek során változó hatások jelentkeztek. A felszín alatti öntözés és a kontroll kezelés stabilabb hatást mutatott.

Az N₂ és az N₃ erek első jobboldali elágazása közötti szög („OIV_608R”) esetében az évjáratok szignifikáns hatást mutattak, azonban a kezelés, illetve az évjárat és kezelés közötti interakció nem. Évenként nézve egyedül a 2021-es évben volt szignifikancia kimutatható a kezelések között. A kezelésenkénti eredményeket tekintve a felszín alatti öntözés, csepegtető öntözés és a kontroll kezelés mind szignifikáns évjáratot mutatnak, ami arra utal, hogy ezek a kezelések mind jelentősen különböztek az évek során.



33. ábra: Az erek között bezárt szögek: OIV607L;R és OIV608L;R mutatók



34. ábra: Az erek között bezárt szögek: OIV609L;R és OIV610L;R mutatók

Az N_2 és az N_3 erek első baloldali elágazása közötti szögre („OIV_608L”) vonatkozóan elmondható, hogy az évjárat hatása szignifikáns, azonban a kezelés, valamint az évjárat és a kezelés interakciója nem. A felszín alatti öntözés, a csepegtető öntözés és a kontroll kezelés esetén az évek közötti különbségek szignifikánsak voltak. Ez azt jelenti, hogy a kezelések mind jelentős eltéréseket mutattak az évek során.

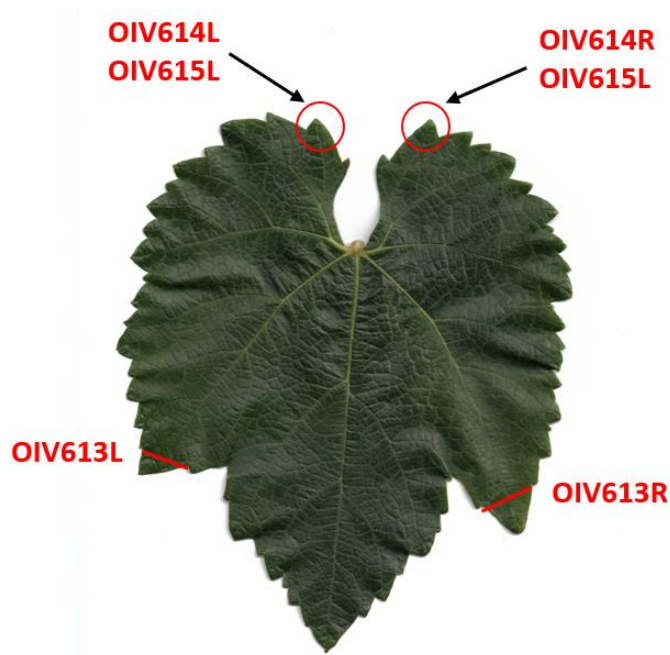
A baloldali alsó oldalerek csúcsa és az N₃ első elágazása és az N₄ és csúcsa között bezárt szögre („OIV_609L”) vonatkozóan megállapítottam, hogy az évjárat szignifikáns hatással van az eredményekre ($p < 0,01$). A kezelések, illetve az évjárat és kezelés közötti interakció nem. A felszín alatti öntözés ($p < 0,03$) és a csepegtető öntözés ($p < 0,03$) esetén az évek közötti különbségek szignifikánsak, a kontroll kezelés esetében nem.

A baloldali alsó oldalerek csúcsa és az N₅ ér csúcsa és a levélnyél eredési pontja közötti szögről („OIV_610L”) elmondható, hogy az évjárat nem volt szignifikáns hatásra, azonban a kezelések hatása szignifikanciát mutatott ($p < 0,04$). Az évjáratok és kezelések interakciója nem volt szignifikáns.

Az évenkénti bontást nézve megállapítható, hogy a 2021-es és a 2023-as években a kezelések hatása szignifikáns, ami arra utal, hogy ezekben az években az eltérő kezelések statisztikailag jelentős hatással voltak a változóra. A kezelések esetében az évek közötti eltérések nem voltak szignifikánsak.

5.3.4. A levélszéli fogak mérete

A jobboldali N₂-es oldalerek csúcsának szélességére („OIV_613R”) vonatkozóan az eredmények azt mutatják, hogy az évjárat hatása szignifikáns ($p < 0,01$) (35. ábra). A kezelés hatása, illetve az évjárat és kezelés közötti interakció nem volt szignifikáns. Az egyes években a kezelés hatása egyik évben sem szignifikáns, tehát a kezelések hatása nem mutatott jelentős eltérést az egyes években. Az eredmények alapján az év hatása a kezelések esetében nem mutat szignifikáns eltérést.



35. ábra: A levélszéli fogak méretét meghatározó OIV mutatók

A baloldali N₂-es oldalerek csúcsának szélessége („OIV_613L”) esetében azt tapasztaltuk, hogy az évek közti különbségek ($p < 0,01$) szignifikáns hatással voltak erre a változóra. A kezelések nem mutattak szignifikáns eltéréseket, azonban az évjárat és a kezelés interakciója szignifikáns ($p < 0,02$) eltérést mutatott. Az évenkénti bontásban kapott eredmények alapján csak a 2023-as évben mutattak szignifikáns eltérést a kezelések ($p < 0,01$). A felszín alatti öntözés ($p < 0,01$) esetében az évek hatása szignifikáns volt, míg a csepegtető öntözés és a kontroll esetében ez nem mutatkozott szignifikánsnak.

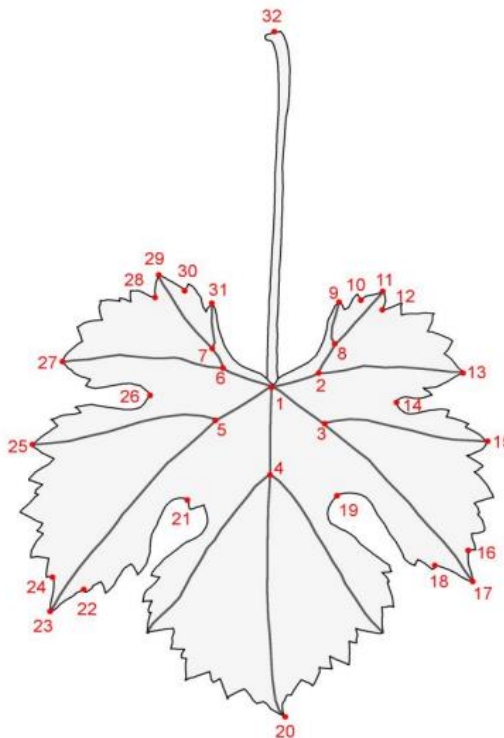
A jobboldali N₄-es oldalerek csúcsának hosszáról („OIV_614R”) az évjáratok szignifikáns hatást mutattak ($p < 0,01$) a változóval, azonban a kezelés hatása, és az évjárat és kezelés interakciója nem volt szignifikáns. Ha évenként nézzük az eredményeket, a kezelések közötti hatások egyik évben sem voltak szignifikánsak. A kezelésenkénti bontásban a kontroll kezelésben az évek hatása szignifikáns volt, ami azt jelenti, hogy a különböző években a kontroll kezelés eredményei jelentős változást mutattak.

A baloldali N₄-es oldalerek csúcsának hosszára („OIV_614L”) vonatkozóan megállapítható, hogy az évjáratok szignifikáns hatással ($p < 0,01$) voltak az eredményekre. A kezelések és az évjáratok és kezelések interakciója azonban nem mutattak szignifikanciát. Évenkénti bontásban az egyes években nem mutatkoztak szignifikáns eltérések a kezelési módok között, kezelésenként tekintve csak a kontroll kezelés esetében voltak szignifikáns eltérések az évek között.

A jobboldali N₄-es oldalerek csúcsának szélessége („OIV_615R”) esetében szignifikáns eltérést tapasztaltunk az évjáratok között, azonban a kezelés hatása és az évjáratok és a kezelése interakciója nem bizonyult szignifikánsnak. Az egyes éveket nézve a kezelések hatása nem volt szignifikáns. A csepegtető öntözés és a kontroll kezelés esetében az évek hatása viszont szignifikáns volt, ami azt jelenti, hogy ezekben a csoportokban az évek közötti különbségek jelentős hatással voltak az eredményekre. A baloldali N₄-es oldalerek csúcsának szélességéről („OIV_615L”) megállapítható, hogy az évjárat hatása szignifikáns ($p < 0,02$), míg a kezelés hatása, illetve az évjárat és kezelés közötti interakció nem volt szignifikáns. Az egyes években a kezelések hatása vegyes volt, egyedül a 2022-es évben mutattak szignifikáns különbséget ($p < 0,02$), míg a többi évben nem. Kezelésenként nézve a felszín alatti és csepegtető öntözés nem mutatott szignifikáns különbségeket az évek során, míg a kontroll kezelésben az évek hatása szignifikáns volt ($p < 0,01$).

5.3.5. Nem OIV által meghatározott morfológiai tulajdonságok

Az 1-es és 2-es pont közötti távolság („D_01-02”) esetében elmondható, hogy az évjárat és a kezelés ($p<0,02$) szignifikáns hatással volt a mutatóra. Az évjárat és a kezelés közötti interakció nem volt szignifikáns. Az évenkénti bontásban nézve csak 2023-ban ($p<0,01$) volt kimutatható szignifikancia a kezelések között. A kezelésenkénti eredmények szerint a felszín alatti öntözésnél és a kontrollnál tapasztaltunk szignifikáns eltérést az évek között (36. ábra).



36. ábra: Az egyes mért pontok közötti távolságok. Forrás: BODOR et al. 2012.

Az 1-es és 3-as pont közötti távolságra („D_01-03”) az évjárat hatása szignifikáns volt, a kezelés, illetve az évjárat és kezelés közötti interakció nem. A csepegtető öntözés ($p<0,04$) és a kontroll ($p<0,01$) kezelés esetében az év közötti eltérések szignifikánsak. Az 1-es és 15-ös pont közötti távolságra („D_01-15”) az évjárat hatása szignifikáns ($p<0,02$), azonban a kezelés, valamint az évjárat és kezelés közötti interakció nem. A kezelések hatása egyik évben sem mutatott szignifikanciát, továbbá kezelések szintjén sem volt tapasztalható egyik kezelésnél sem eltérés az évek között.

Az 1-es és 6-os pont közötti távolság („D_01-06”) esetében az eredmények alapján leírható, hogy az évjáratok hatása szignifikáns volt, azonban a kezelések, továbbá az évjáratok és kezelések közötti interakció nem. Évenkénti eredmények tekintetében egyedül 2023-ban volt a kezelések hatása között szignifikancia ($p<0,01$). Az évjáratok

közötti eltérések szignifikánsak voltak a felszín alatti ($p < 0,01$) és a kontroll kezelésekénél ($p < 0,01$).

Az 1-es és 31-es pont közötti távolságra („D_01-31”) mind az évjáratok ($p < 0,01$), mind a kezelések hatása ($p < 0,01$) szignifikáns volt. Az évjáratok és kezelések közötti interakció nem. Az egyes évjáratokat tekintve, csak a 2024-es évben volt tapasztalható szignifikancia a kezelések között. Az évjáratok között szignifikánsan eltérőek voltak a felszín alatti és kontroll kezelésekénél kapott eredmények.

Az 1-es és 9-es pont közötti távolságra („D_01-09”) az évjárat hatása szignifikáns, a kezelések, valamint az évjárat és kezelés közötti interakció nem. A kezelések hatása csak 2024-ben volt szignifikáns, továbbá a kezeléseket tekintve a felszín alatti öntözésnél és a kontrollnál volt kimutatható szignifikancia az évjáratok között.

Az 1-es és 29-es pont közötti távolságra („D_01-29”) csak az évjáratok mutattak szignifikáns hatást. A kezelések, és az évjáratok és kezelések közötti interakció nem. Évenkénti bontásban nézve azt tapasztaltuk, hogy csak 2023-ban volt szignifikáns eltérés a kezelések között ($p < 0,01$). A kezelések hatása évenként változik, és az évjáratok hatása mindhárom kezelés esetében szignifikáns.

Az 1-es és 11-es pont közötti távolságról („D_01-11”) leírható, hogy mind az évjárat ($p < 0,01$), mind a kezelés hatása ($p < 0,01$) szignifikáns eltéréseket mutatott. Az évjárat és a kezelés közötti interakció azonban nem. Az évjáratonkénti eredmények tekintetében csak a 2023-as évben volt szignifikáns eltérés a kezelések között. Az évjáratok hatása minden kezelés esetében szignifikáns volt, eltérő mértékben.

A 27-es és 13-as pont közötti távolságra („D_27-13”) az évjárat szignifikáns hatással volt, a kezelés, valamint az évjáratok és kezelések közötti interakció nem. Évenkénti bontásban nézve csak a 2023-as évben volt szignifikáns eltérés a kezelések között. A kezelésenkénti eredményeket tekintve mind a három kezelés esetében szignifikáns eltérések voltak az egyes évjáratok között.

A 25-ös és 15-ös pont közötti távolság („D_25-15”) esetében az évjárat hatása szignifikáns, azonban a kezelések, valamint az évjárat és kezelések közötti interakció nem. Az évenkénti elemzésben látszik, hogy csak a 2023-as évben volt szignifikáns eltérés ($p < 0,01$) a kezelések között. Mind a három kezelés esetében tapasztaltunk szignifikáns eltérést az egyes évjáratok között.

A 23-as és 17-es pont közötti távolságról („D_23-17”) megállapítható, hogy mind az évjárat, mind a kezelés hatása szignifikáns. Azonban az évjárat és kezelés közötti interakció nem. A kezelések közötti eltérések 2023-ban voltak szignifikánsak, míg az évjáratok közötti eltérések mind a három kezelés esetében szignifikáns volt.

A 11-es és 13-as pont közötti távolság („D₁₁₋₁₃”) esetében az eredmények alapján azt tapasztaltuk, hogy az évjárat hatása szignifikáns, azonban a kezelések, valamint az évjáratok és kezelések közötti interakció nem. Évenkénti bontásban nézve, egyik évben sem volt szignifikáns eltérés a kezelések között. A kezelésenkénti eredményeket nézve mind a három kezelés esetében szignifikáns eltérés volt tapasztalható az évek között.

A 13-as és 17-es pont közötti távolságra („D₁₃₋₁₇”) egyedül az évjárat hatása volt szignifikáns. A kezelések, továbbá az évjáratok és kezelések közötti interakció nem. Évenkénti bontásban nem tapasztaltunk eltérést a kezelések között, azonban az évjáratok között mind a három kezelésnél tapasztalható volt szignifikáns eltérés.

A 17-es és 20-as pont közötti távolságra („D₁₇₋₂₀”) az évjárat és a kezelés is szignifikáns hatással volt erre a változóra. Az évek közötti eltérések szignifikánsak mindhárom kezelés esetében.

A 20-as és 23-as pont közötti távolságról („D₂₀₋₂₃”) elmondható, hogy az évjárat és a kezelés hatása szignifikáns. Azonban a kettő közötti interakció nem. A kezelések közötti eltérés szignifikáns volt 2023-ban és 2024-ben. Az évjáratok közötti különbségek mind a három kezelés esetében szignifikáns.

A 23-as és 27-es pont közötti távolság („D₂₃₋₂₇”) esetében azt tapasztaltuk, hogy csak az évjárat hatása volt szignifikáns, a kezelés, illetve az évjárat és kezelés közötti interakció nem. Az évjáratok közti eltérések mind a három kezelést illetően szignifikáns.

A 27-es és 29-es pont közötti távolságra („D₂₇₋₂₉”) csak az évjárat bírt szignifikáns hatással. A kezelés, valamint az évjárat és kezelés közötti interakció nem. Az egyes évjáratokat tekintve, egyik évjáratban sem volt szignifikáns eltérés a kezelések között. Az év hatása szignifikáns volt a felszín alatti és a csepegtető öntözés esetében.

5.4. Kolorimetria

A három különböző évre kiszámolt színindexek átlagolt értékeit kezelésenként az alábbi táblázat tartalmazza (**14. táblázat**). A szignifikancia oszlopban az egyes jelölések a következőket jelentik:

- a: az évjárat szignifikáns hatással volt a változóra
- b: a kezelés szignifikáns hatással volt a változóra
- c: az évjáratok és a kezelés interakciója szignifikáns hatással volt a változóra

14. táblázat: A vizsgált színindexek alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint

Színindex	2021			2022			2024			Szignifikancia
	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	Kontroll	Csepegtető öntözés	Felszín alatti öntözés	
Red	69,64	69,27	70,67	64,47	62,39	60,12	63,71	62,09	61,31	a,b;c
Green	84,73	86,29	83,09	74,92	74,39	70,08	78,93	74,51	79,86	a;c
Blue	66,17	65,63	67,28	52,70	59,56	51,47	61,22	60,88	54,72	a,b;c
r	0,32	0,31	0,32	0,34	0,32	0,33	0,31	0,31	0,31	a,b;c
g	0,38	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39	0,39	0,38	0,41	a,b;c
b	0,30	0,30	0,30	0,27	0,30	0,28	0,30	0,31	0,28	a,b;c
R-G	-15,09	-17,01	-12,42	-10,45	-12,01	-9,96	-15,22	-12,42	-18,55	a;c
R-B	18,56	20,66	15,81	22,22	14,84	18,61	17,70	13,63	25,14	b;c
G-B	18,56	20,66	15,81	22,22	14,84	18,61	17,70	13,63	25,14	b;c
(R-G)/(R+G)	-0,10	-0,11	-0,08	-0,08	-0,09	-0,08	-0,11	-0,09	-0,13	a;c
(R-B)/(R+B)	0,03	0,03	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02	0,01	0,06	a,b;c
(G-B)/(G+B)	0,12	0,14	0,11	0,17	0,11	0,15	0,13	0,10	0,19	a,b;c
(R-G)/(R+G+B)	-0,07	-0,08	-0,06	-0,05	-0,06	-0,05	-0,07	-0,06	-0,09	a;c
(R-B)/(R+G+B)	0,02	0,02	0,02	0,06	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03	a,b;c
(G-B)/(R+G+B)	0,08	0,09	0,07	0,12	0,08	0,10	0,09	0,07	0,13	a,b;c
RGRI	0,82	0,80	0,85	0,86	0,84	0,86	0,81	0,83	0,77	a;c
GLI	0,11	0,12	0,09	0,12	0,10	0,11	0,12	0,10	0,16	a,b;c
VARI	0,17	0,19	0,14	0,12	0,16	0,13	0,19	0,16	0,21	a,b;c
IPCA	35,08	39,03	29,92	42,61	28,04	35,58	33,40	25,65	47,67	b;c
ExR	-0,10	-0,11	-0,08	-0,08	-0,09	-0,08	-0,10	-0,09	-0,13	a;c
ExB	-0,12	-0,13	-0,10	-0,16	-0,11	-0,14	-0,12	-0,10	-0,18	a,b;c
ExG	-0,74	-0,75	-0,72	-0,66	-0,73	-0,68	-0,75	-0,74	-0,75	a,b;c
ExGR	-0,64	-0,64	-0,64	-0,58	-0,64	-0,60	-0,65	-0,65	-0,62	a,b;c
Gray	0,35	0,35	0,35	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	a,b;c
CIVE	18,72	18,72	18,73	18,72	18,73	18,72	18,72	18,73	18,69	a,b;c
PCA1	-0,23	-0,22	-0,24	-0,07	-0,24	-0,12	-0,24	-0,27	-0,15	a,b;c
PCA2	22,25	24,58	19,33	33,39	17,83	26,88	20,49	15,15	31,82	a,b;c
I1	22,04	24,31	19,20	34,00	17,66	27,25	20,19	14,84	31,74	a,b;c
SLR1	-60091,74	-66977,03	-49785,76	-46185,44	-53893,03	-46813,24	-65652,68	-55947,12	-80951,17	a;c
SLR2	-17,52	-33,72	20,64	54,63	14,11	58,44	-32,93	-1,29	-40,77	a,b;c
SLR3	26,10	19,97	42,61	45,94	35,46	47,93	17,18	29,93	13,44	a,b;c
SLR4	-18,21	-29,69	12,21	31,13	-1,30	30,98	-35,66	-13,74	-37,91	a,b;c
SLR5	-23,68	-33,83	3,95	26,67	-8,55	25,21	-39,96	-21,18	-38,04	a,b;c
I2	0,75	0,77	0,71	0,61	0,73	0,64	0,78	0,76	0,79	a,b;c

Az öntözés („b” változó) az alábbi színindexekre volt szignifikáns hatással: „Red”, „Blue”, „r”, „g”, „b”, „R-B”, „G-B”, „(R-B)/(R+B)”, „(G-B)/(G+B)”, „(R-B)/(R+G+B)”, „(G-B)/(R+G+B)”, „GLI”, „VARI”, „IPCA”, „ExB”, „ExG”, „ExGR”, „Gray”, „CIVE”, „PCA1”, „PCA2”, „I1”, „SLR2”, „SLR3”, „SLR4”, „SLR5”, „I2”.

Az évjáratok („a” változó) esetében a következő színindexek esetében találtunk szignifikanciát: „Red”, „Green”, „Blue”, „r”, „g”, „b”, „R-G”, „(R-G)/(R+G)”, „(R-B)/(R+B)”, „(G-B)/(G+B)”, „(R-G)/(R+G+B)”, „(R-B)/(R+G+B)”, „(G-B)/(R+G+B)”, „RGRI”, „GLI”, „VARI”, „ExR”, „ExB”, „ExG”, „ExGR”, „Gray”, „CIVE”, „PCA1”, „PCA2”, „I1”, „SLR1”, „SLR2”, „SLR3”, „SLR4”, „SLR5”, „I2”.

Az évjáratok és a kezelések közötti interakció az összes általunk mért színindexre szignifikáns hatást mutatott.

A „Red”, azaz a vörös szín mérése során az egyes kezelések eltérően reagálnak az év változásaira, mind a három szignifikáns, de a felszín alatti öntözésnél a legkiemelkedőbb az évek közötti eltérés.

A „Green”, azaz a zöld szín esetében a felszín alatti öntözés és a csepegtető öntözés során különösen erős volt az év hatása.

A „Blue” színindexnél mindhárom kezelés esetében az év hatása szignifikáns volt, különösen a felszín alatti öntözésnél és a kontroll csoportnál.

Az „r” esetében a felszín alatti öntözésnél és a kontroll csoportnál az év változásai különösen erős hatással voltak az eredményekre.

A „g”-ről elmondható, hogy a felszín alatti öntözés és a csepegtető öntözés esetében az év hatása szignifikáns, ami azt jelenti, hogy az év változása jelentős hatást gyakorol az egyes kezelések eredményeire.

A „b” színindexnél a kezelések szerinti eredmények alapján mind a három kezelés esetén szignifikáns az évek hatása.

Az „R–G” index esetében a felszín alatti öntözés és a kontroll kezelések hatása különösen jelentős, míg a csepegtető öntözés hatása is szignifikáns, de kisebb, mint a felszín alatti öntözés és kontroll kezelések esetében.

Az „R–B” indexre a kezelés hatása minden évben szignifikáns, és a hatás mértéke az évek között változik. Az év hatása minden kezelés esetében szignifikáns.

A „G–B” index esetében azt tapasztaltuk, hogy a kezelések közötti eltérések minden évben rendkívül szignifikánsak, továbbá az év hatása mind a három kezelés esetén szignifikáns, tehát az évek közötti eltérések jelentősek.

Az „ $(R-G)/(R+G)$ ” indexről megállapítható, hogy az évek hatása mind a három kezelés esetén szignifikáns volt, tehát az évek közötti eltérés jelentős.

Az „ $(R-B)/(R+G)$ ” indexre, az egyes kezeléseket külön tekintve az évek közötti eltérés szignifikáns volt a felszín alatti öntözés és a kontroll esetében. A csepegtető öntözésnél azonban nem.

A „ $(G-B)/(G+B)$ ” indexnél a kezelések szerinti eredmények azt mutatják, hogy mind a három kezelés esetében az évek közötti eltérés szignifikáns volt.

Az „ $(R - G)/(R+G+B)$ ” indexnél a kezelések szerinti eredmények alapján megállapítható, hogy az évek közötti eltérések mind a három kezelés esetében szignifikáns volt.

Az „ $(R - B)/(R+G+B)$ ” index esetében elmondható, hogy az egyes kezeléseket külön megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a felszín alatti öntözés és a kontroll esetében szignifikáns eltérések vannak az évek között.

A „ $(G - B)(R+G+B)$ ” színindexről megállapítható, hogy kezelésekre bontva hasonlókat tapasztaltunk, tehát mind a három kezelés esetén szignifikáns eltérések voltak az évek között. Szignifikáns eltérés a felszín alatti öntözésnél volt tapasztalható. Az „RGRI”-nél a felszín alatti öntözés és a csepegtető öntözés, valamint a kontroll esetében is megfigyelhető az évek közötti jelentős eltérés.

A „GLI” indexnél összeségében a felszín alatti öntözés és a csepegtető öntözés esetében az évek közötti különbségek jelentős hatással voltak, míg a kontroll esetében az év hatása nem volt szignifikáns.

A „VARI” indexre a különböző kezelésenként nézve pedig hasonlókat tapasztaltunk, vagyis mind a három kezelés esetében jelentős évjáratí különbségeket mutat, különösen a felszín alatti öntözésnél.

Az „IPCA” esetében a felszín alatti öntözés, a csepegtető öntözés és a kontroll mind mutatnak szignifikáns évjáratí különbségeket. Ez azt jelzi, hogy mind a három kezelés hatékonysága függ az adott évtől, bár a felszín alatti öntözés tűnik a legérzékenyebbnek az évjáratí változásokra.

Az „ExR”-ről megállapítható, hogy mind a három kezelés esetében az évjáratí különbségek szignifikáns hatást mutatnak, leginkább a felszín alatti öntözésnél.

Az „ExB” esetében a felszín alatti öntözés és a kontroll kezelés erőteljesebb évjáratí különbségeket mutat, míg a csepegtető öntözésnél a változások kevésbé hangsúlyosak.

Az „ExG”-ről az összesített eredmények alapján a kezeléseket külön nézve mind a három kezelés esetében az évjáratí különbségek nagyon erősek, szignifikánsan eltérnek. Különösen a felszín alatti öntözésnél és a kontrollnál volt a legjelentősebb.

Az „ExGR” indexnél a felszín alatti öntözés és a kontroll kezelés évről évre jelentősen változó hatást mutat, míg a csepegtető öntözés hatása szintén szignifikáns, de mérsékeltebb mértékben.

A „Gray” indexre minden kezelésnél észrevehető az évenkénti eltérések, de a felszín alatti öntözés mutatja a legnagyobb szignifikanciát, amit a kontroll kezelés követ.

A „CIVE” indexnél a felszín alatti öntözésnél és a csepegtető öntözésnél évenként jelentős különbségek mutatkoznak, míg a kontroll csoportban nincs jelentős változás az évek között.

A „PCA1” esetében a kezelésenkénti eredményeknél pedig azt tapasztaltuk, hogy mind a három kezelésnél az évjáratok szignifikáns hatással voltak.

Az „I1” esetében a felszín alatti öntözés és a kontroll esetében az évek közötti különbségek jelentősek voltak, míg a csepegtető öntözés esetében a különbségek mérsékeltebbek.

Az „SLR1” indexnél az évek közötti különbségek minden kezelés esetében szignifikánsak voltak, különösen a felszín alatti öntözés esetében.

Az „SLR2” esetében az évjáratok közötti különbségek minden kezelési típusnál szignifikánsak, a felszín alatti öntözés és a kontrollcsoport ezek közül a legkiemelkedőbb.

Az „SLR3” indexnél az évek közötti különbségek minden kezelési típusnál szignifikánsak, de a felszín alatti öntözés és a kontrollcsoport esetében figyelhetők meg a legnagyobb eltérések.

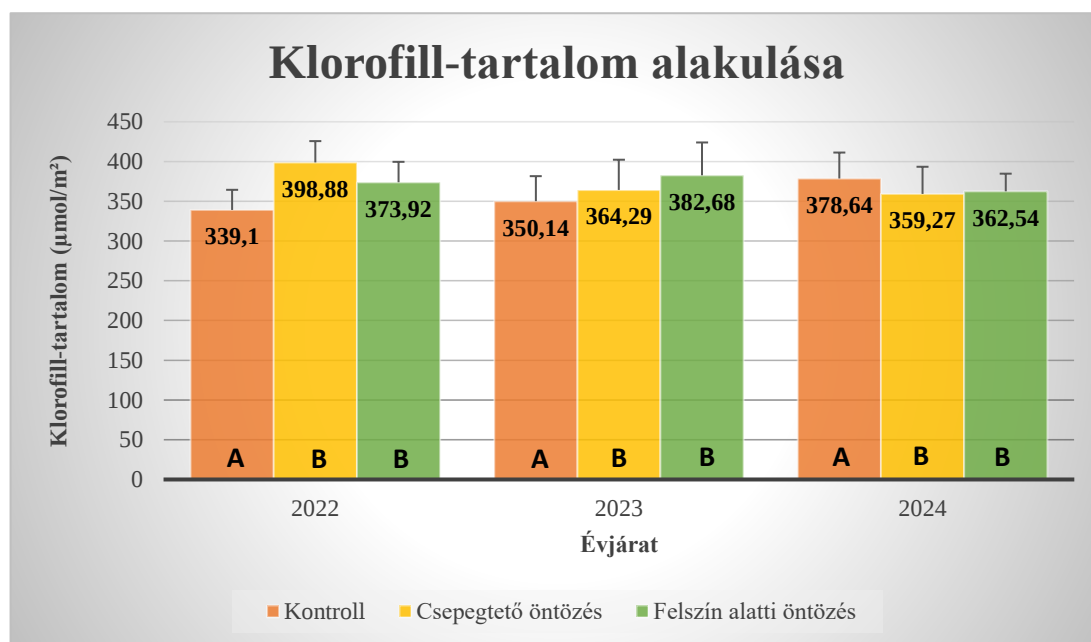
Az „SLR4” esetében kapott összefoglaló eredmények alapján az évek során (2021, 2022, 2024) a kezelések hatása minden évben szignifikáns, de a legnagyobb eltérések 2022-ben voltak. Az évjáratok közötti különbségek minden kezelési típusnál szignifikánsak, a kontrollcsoport esetében a legnagyobb eltérések mutatkoznak.

Az „SLR5”-nál azt tapasztaltuk, hogy összességében az évek során (2021, 2022, 2024) a kezelések hatása minden évben szignifikáns, a legnagyobb eltérések 2022-ben figyelhetők meg. Az évek közötti különbségek minden kezelési típusnál szignifikánsak, különösen a kontrollcsoport esetében, ahol a legnagyobb eltérések figyelhetők meg.

Az „I2”-re az évek során (2021, 2022, 2024) a kezelések hatása minden évben szignifikáns, a legnagyobb eltérések 2022-ben figyelhetők meg, míg 2021-ben is jelentős különbségek voltak. 2024-ben a kezelések hatása is szignifikáns, de kisebb mértékű eltéréseket mutat, mint a korábbi években. Az évek közötti eltérések minden kezelési típusnál szignifikánsak, különösen a kontrollcsoport esetében, ahol a legnagyobb eltérések figyelhetők meg.

5.5.Klorofill-tartalom

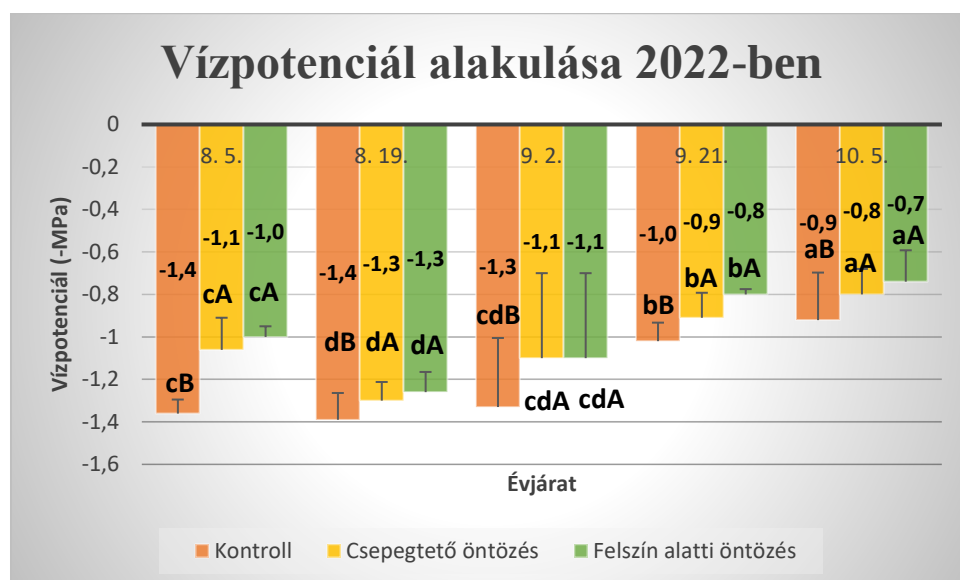
A Klorofill-tartalom alakulásának esetében 2022-ben a legmagasabb értéket a csepegtető öntözésnél tapasztaltuk, míg a legalacsonyabbat a kontroll kezelésnél kaptam (**37. ábra**). 2023-ban a felszín alatti öntözésű tőkék klorofill-tartalma volt a legmagasabb, a legalacsonyabb szintén a kontroll kezelés tőkéké volt. 2024-ben a legmagasabb a kontroll tőkék klorofill tartalma volt, a legalacsonyabb pedig a csepegtető öntözésű tőkéké volt.



37. ábra: Klorofill-tartalom alakulása a vizsgált három évjáratban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibasávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

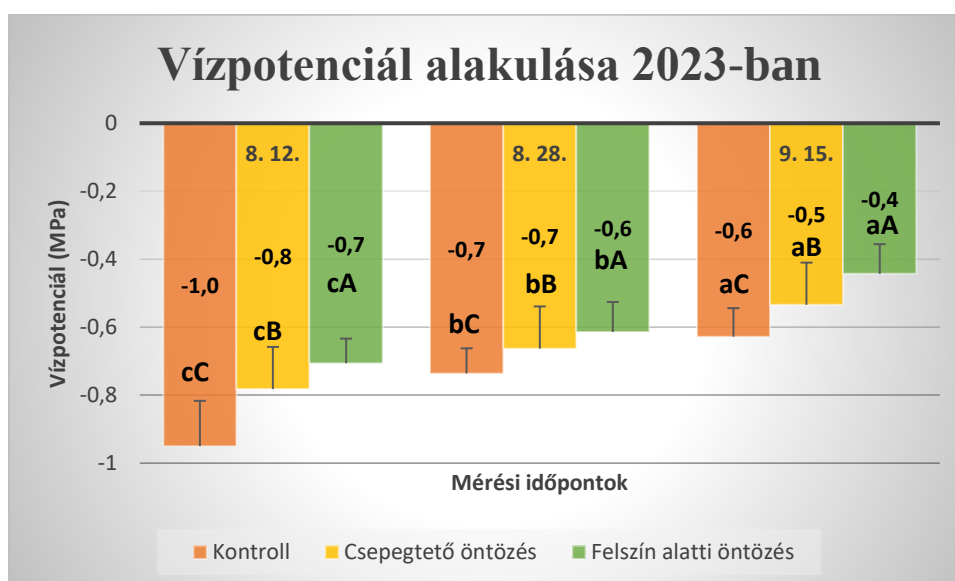
5.6. Az öntözés hatása a szőlőtőkék vízpotenciál változására

A vízpotenciál mérés eredményeit a **38. ábra** szemlélteti. Jól látszik, hogy az idő előrehaladtával a MPa-ban kapott értékek növekvő tendenciát mutatnak, a legmagasabb értékeket október 5-én mértük. Ebben a mérési időpontban a felszín alatti öntözésű területeken kaptam a lemagasabb értékeket, ami azt jelenti, hogy a vízellátottság itt volt a legkiegyenlítettebb (-0,67MPa). A legalacsonyabb értéket a kontroll kezelésben mértük (-0,9MPa). A hónapok közötti eltérések alapján mindegyik mérés alkalmával a kontroll esetében volt a legalacsonyabb a MPa értékben kifejezett vízpotenciál, ami azt jelenti, hogy az öntözetlen területeken volt a legsúlyosabb a vízhiány. A legnagyobb vízhiány az augusztus 19-i mérés alkalmával volt tapasztalható az öntözetlen területen (-1,44MPa). A két öntözött kezelés esetében azt lehet mondani, hogy a mérések alkalmával kiegyenlítettek voltak a vízpotenciál értékek.



38. ábra: Vízpotenciál mérés eredményei 2022-ben, ahol az eltérő kisbetűk a hónapok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibasávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

2023-ban három időpontban mértünk vízpotenciált az egyes parcellákon (**39. ábra**). Jól látható itt is, hogy az idő előrehaladtával nő a MPa-ban kifejezett vízpotenciál, tehát csökken a szárazság mértéke. Összeségében a kontroll parcellák esetében volt a legnagyobb a víz hiánya, különösen az augusztus 12-i mérési időpontban (-1MPa). Az öntözött területek közül a felszín alatti öntözéssel ellátott területek vízellátottsága volt a legkiegyenlítettebb.

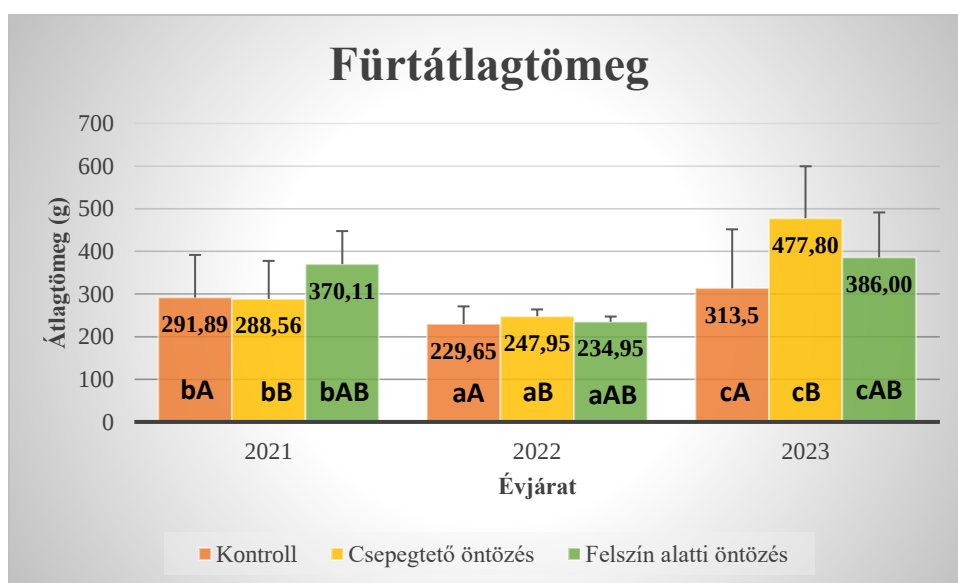


39. ábra: Vízpotenciál mérésének eredményei 2023-ban, ahol az eltérő kisbetűk a hónapok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibasávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

5.7. Az öntözés hatása a szüreti paraméterek értékeire

5.7.1. Fürtátlagtömeg

2021-ben a felszín alatti öntözéssel ellátott területekről szedett minták fürtátlagtömegei voltak a legnagyobbak (370,11 g). 2022-ben ugyan nem tapasztaltunk olyan kiugró eltéréseket, mégis a csepegtető öntözéssel ellátott területekről származó minták átlagtömege volt a legnagyobb (247,95 g) (40. ábra). A fürtök átlagtömegét tekintve a 2023-as évben voltak a kapott értékek a legmagasabbak, míg a legalacsonyabbak a 2022-es évben.



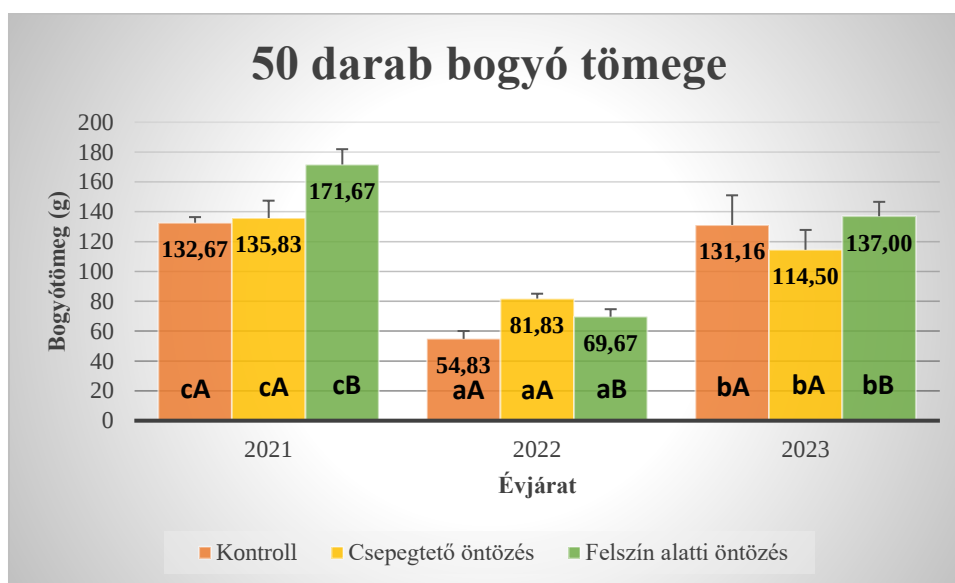
40. ábra: Fürtök átlagtömegének alakulása a vizsgált évjáratokban, ahol az eltérő kisbetűk a hónapok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibasávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

2023-ban hasonló értékeket kaptunk, jól látszik, hogy a csepegtető öntözéssel ellátott területről szedett fürtök átlagtömege kiugróan magasabb volt (477,8 g), összevetve a másik két kezeléssel.

5.7.2. 50 darab bogyó tömege

Az egyes évjáratokat nézve, 2021-ben a felszín alatti öntözésű területről származó 50 darab bogyó tömege volt a legmagasabb (171,6 g). 2022-ben a csepegtető öntözéssel ellátott területekről származó bogyók tömege volt a legnagyobb (81,83 g), a legkisebb pedig a kontroll parcellákról származóké (54,83 g). 2023-ban a felszín alatti öntözéssel ellátott területről szedett bogyók tömege volt a legmagasabb (137 g), a legkisebb pedig a csepegtető öntözésű területről származó bogyóké (114,5 g). A 2022-es évben tapasztalt súlyos aszályos időszakok magyarázattal lehetnek a kiugróan alacsonyabb értékekre, melyeket abban az évben tapasztaltunk. Az 50 darab bogyó tömegét tekintve

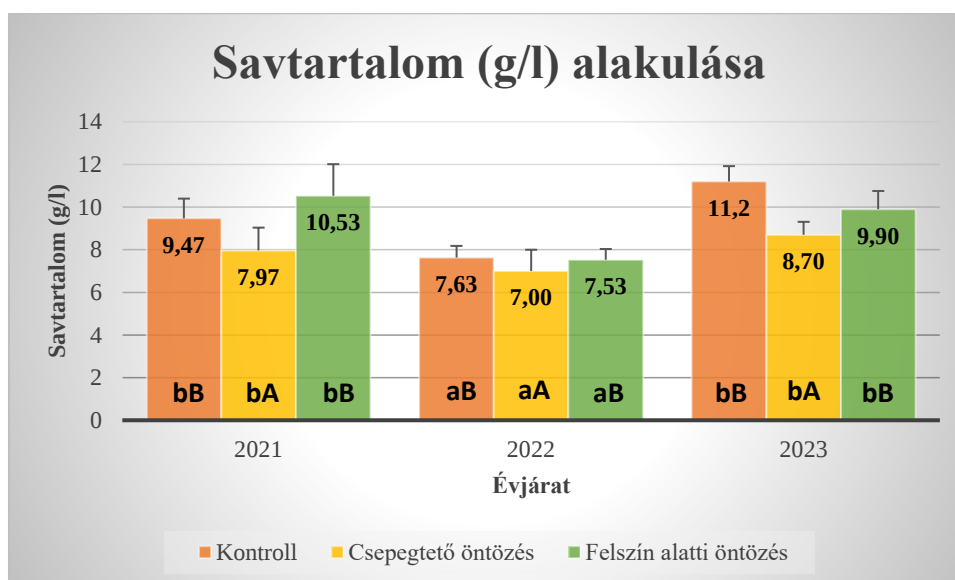
a legmagasabb értékeket a 2021-es évjáratban tapasztaltuk (41. ábra). A legalacsonyabbakat pedig 2022-ben.



41. ábra: 50 darab bogyó tömegének alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő kisbetűk a hónapok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibásávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

5.7.3. Az öntözés hatása a savtartalom alakulására

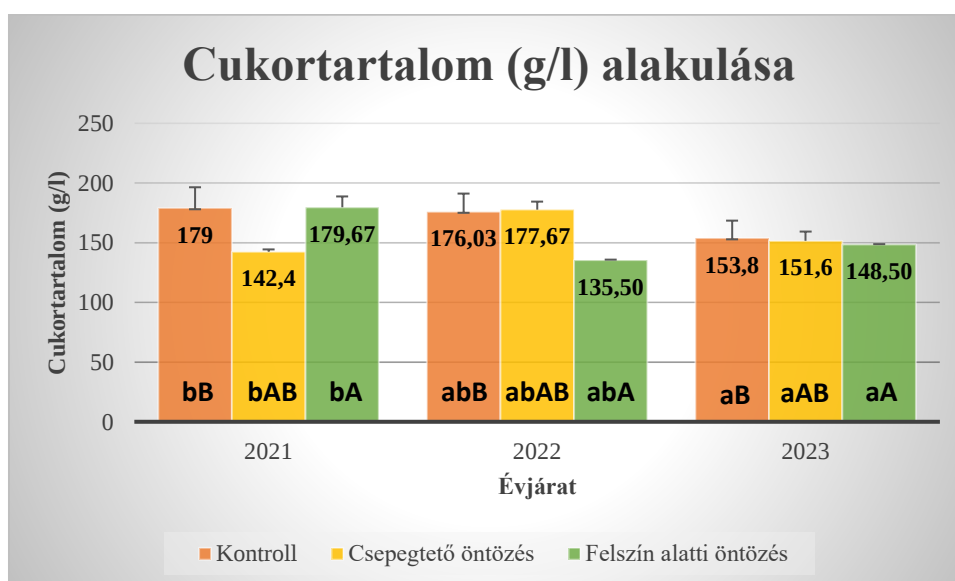
Kiugró értékeket két esetben kaptam, 2021-ben a felszín alatti öntözésű területről származó must esetében (10,53 g/l), illetve 2023-ban a kontroll parcellákról szüretelt minták vonatkozásában (11,2 g/l). A 2021-es évjáratot tekintve a legalacsonyabb savtartalmat a csepegtető öntözésnél (7,97 g/l) tapasztaltuk, a legmagasabbat pedig a felszín alatti öntözésnél (10,53 g/l). 2022-ben nem találtam nagyobb eltérést, mindössze a csepegtető öntözésű területről szedett minták mustjának savtartalma (7 g/l) esetében volt eltérés a másik két kezeléstől. 2023-ban a legnagyobb eltérést a kontroll parcellákról szüretelt minták mustjának savtartalma mutatta (11,2 g/l), szemben a két másik kezeléstől. Az elkészített mustok savtartalmát tekintve összeségében a 2022-es évben tapasztaltuk a legalacsonyabb savtartalmat (42. ábra).



42. ábra: A titrálható savtartalom alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő kisbetűk a hónapok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibaszávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

5.7.4. Az öntözés hatása a mustok cukortartalmára

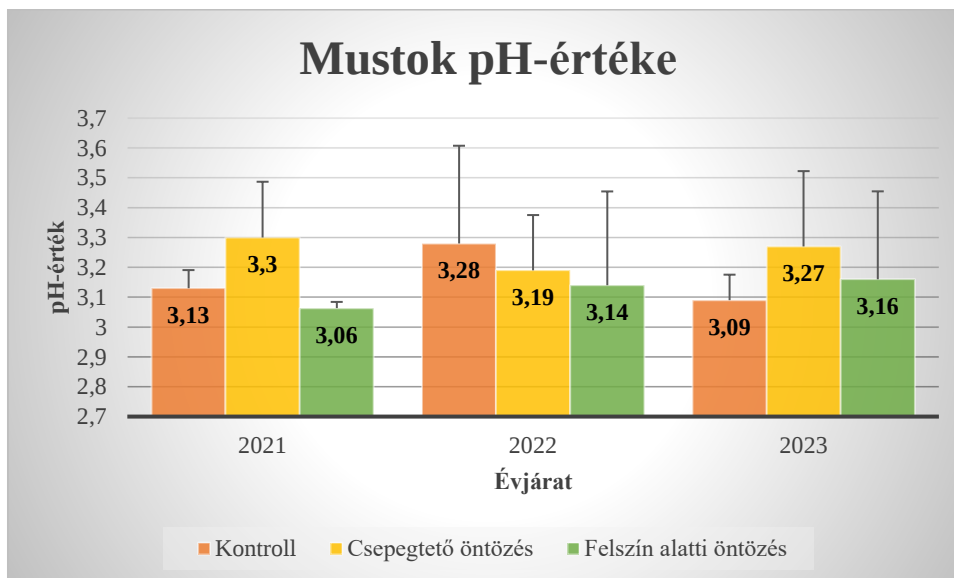
A mustok cukortartalmának összehasonlításakor nagyobb eltéréseket nem tapasztaltunk (**43. ábra**). A 2021-es évben a csepegtető öntözésű minták cukortartalma (142,4 g/l) volt a legkisebb, és tért el nagyobb mértékben a másik két kezeléstől. 2022-ben a felszín alatti öntözéssel ellátott területekről származó minták mustjának cukortartalma volt a legalacsonyabb (135,5 g/l), míg a másik két kezelés esetében mért cukortartalmak nagyjából megegyeztek.



43. ábra: Mustok cukortartalmának alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint, ahol az eltérő kisbetűk a hónapok közötti, a nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ($p < 0.05$). Az ábrán feltüntetett hibaszávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

5.7.5. Az öntözés hatása a mustok pH-értékére

A mustok pH-értéke mind a három évben eltérő módon alakult. 2021-ben a csepegtető öntözésű területek, 2022-ben a kontroll parcellák, 2023-ban szintén a csepegtető öntözésű területek mintáinak voltak a legmagasabbak a pH-értékeik. A legalacsonyabb 2021-ben, 2022-ben a felszín alatti öntözésű, 2023-ban pedig a kontroll volt.



44. ábra: Mustok pH-értékének alakulása a vizsgált évjáratokban az egyes kezelések szerint. Az ábrán feltüntetett hibasávok a mérési eredmények szórását szemléltetik, és pozitív irányban kerültek ábrázolásra.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A Neszmélyi borvidéken beállított kísérletben 2021 és 2024 között vizsgáltuk a 'Hárslevelű' szőlőfajta vegetatív és generatív teljesítményét öntözetlen, valamint csepegtető öntözésű és felszín alatti öntözésű parcellákon. Jellemeztük a tőkék rügydifferenciálódását továbbá a lombozatszerkezetét, azon belül is a lombzat három eltérő emeletén a levélrétegszámot, a lombhézagok arányát, valamint a fürtök számát az egyes kezelések függvényében. Vizsgáltuk az egyes levelek egyedi morfológiai tulajdonságait, felmértük, hogy okoz-e levél alakbeli eltérést az évjárat hatása, vagy a kezelés módszere. Meghatároztuk a levelek sRGB alapú színjellemzőit, továbbá különböző színindexek alakulását mértük fel az egyes kezelések és évjáratok hatására. Vizsgáltuk az egyes parcellákon található tőkék klorofill-tartalmát, illetve, a szőlőtőkék vízpotenciálját. Megmértük a termés minőségének és a fürtök átlagtömegének alakulását. A kísérleti eredményeink alapján az alábbi következtetéseket és javaslatokat foglalhatjuk össze:

A tőkefelvételezés során vizsgált mutatók esetében elmondható, hogy a kezelések szignifikáns hatást mutattak, kivéve a rügyek alvamaradásának százalékos aránya esetében. Az alvamaradt rügyek száma, az ikerhajtások száma, a fattyúhajtások száma, valamint a világos rügyből fakadt hajtások fürtszámának esetében a felszín alatti öntözés mutatott kiemelendően magas szignifikáns eltéréseket az évek között. A csepegtető öntözés a virágzatok tőkénkénti számának alakulásakor volt szignifikáns az egyes évek között. Az ikerhajtásokon kívül az évjáratok minden vizsgált mutató esetében (rügyek alvamaradási százaléka, termőhajtások száma, fattyúhajtások száma, fürt/világos rügyből fakadt hajtás, virágzatok száma/tőke) szignifikáns hatással voltak az eredményekre. Korábbi kutatások alátámasztják, hogy olyan klimatikus tényezők, mint a csapadék, a páratartalom és a napsugárzás nagymértékben befolyásolhatják a szőlő rügyeinek differenciálódását. MARTÍNEZ-LÜSCHER et al. (2013) szerint például, a rügydifferenciálódás időszakában rendelkezésre álló víz befolyásolhatja a szőlő növekedési eréjét és a rügyek termőképességét. A túlzott csapadék vagy a magas páratartalom növelheti a gombabetegségek fertőzésének kockázatát, ami hatással lehet a rügyek egészségi állapotára és a későbbi termőre fordulásra is (GADOURY et al. 2012). A napsugárzás, különösen a rügyfakadást követő időszakban, kritikus szerepet játszik a fotoszintézisben és a szénhidrátfelhalmozódásban, amelyek elengedhetetlenek a rügyek fejlődéshez és a gyümölcskötődéshez. Az éghajlati tényezők jelentősen megváltoztathatják a szőlő rügydifferenciálódását, ami végső

soron kihat a szőlőtermés potenciális hozamára és minőségére (SZURÓCZKI 1958, ÁNGYÁN et al. 1976, TARANYI et al. 2023).

Az öntözés hatását a rügyek termékenysége hazai körülmények között FÜRI (1977) is vizsgálta. Megegyezően a saját eredményeinkkel ő is azt tapasztalta, hogy az öntözés pozitív hatással van - esetében a relatív - a termékenységi együttthatókra. Az eredményeinkkel megegyezően vizsgálataiban szintén a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkék rügytermékenysége volt a legpozitívabb hatással az öntözés. LIGETVÁRI (1984) a 'Hárslevelút' emeli ki a vizsgált fajták közül, melynek kondíciója az öntözés hatására a leginkább fokozódott, hangsúlyozva a fajta vízellátottsággal szembeni érzékenységét. Mind a két hazai tanulmány felhívja a figyelmet arra, hogy a kapott mutatókat érdemes fajtánként egyesével értékelni, mivel az öntözésre adott reakciók fajtasajátosságok is lehetnek. Mindezek mellett a saját adataink hangsúlyozzák az évjárat kiemelt hatását, hiszen az évjárat is hozzájárulhat, vagy éppen ronthat az egyes értékeken. A kezelések vonatkozásában a Hárslevelűnél az ikerhajtások száma volt az egyetlen olyan mutató, melyre az évjáratok változása nem jelentett szignifikáns hatást, csak a kezelési módok közötti eltérés. Tehát az ikerhajtások száma változhat leginkább ezen szőlőfajta esetében az öntözés hatására.

A lombozat szerkezetének vizsgálatakor a lombozatot három különböző emeleten vizsgáltuk. A fürtzónában, a hajtások középső harmadában, valamint a lombozat legfelső harmadában. A fürtzónában található levelek rétegszámára az évjárat volt szignifikáns hatással, a lombhézagok arányára az évjáratok, a kezelések és a kettő közötti interakció egyaránt szignifikáns hatást mutattak. A fürtök számánál viszont azt tapasztaltuk, hogy az évjárat és a kezelés együttesen fejtenek ki szignifikáns hatást. A fürtzóna levélrétegszámának átlagos értéke 2021-ben volt a legalacsonyabb, a legmagasabb pedig 2022-ben. Összeségében megállapítható, hogy az öntözött területeken található tőkék levélrétegszáma magasabb volt a fürtzónában, mint a kezeletlen tőkéké, így a fürtök árnyékolása valószínűsíthetően nagyobb ezeken a tőkéken. Ezáltal melegebb évjáratokban kisebb ezeken a fürtökön található bogyóknak a napégésnek való kitettsége, valamint a beltartalmi értékeiknek a változása is máshogyan alakulhat, szemben az öntözetlen tőkék fürtjeivel. A lombozat középső harmadán található levélrétegszámra az évjáratok, a kezelések és a kettő közötti interakció is szignifikáns hatást mutatott. A lombhézagok arányára ezen a szinten az évjáratok és a kezelések is szignifikánsnak bizonyultak. 2022-ben, 2023-ban és 2024-ben a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkék esetében volt a levélrétegszám átlagos

értéke a legmagasabb. Egyedül 2021-ben alakult ez másképp, ugyanis ebben az évben a csepegtető öntözéssel ellátott tőkék levélrétegszáma volt a legmagasabb. A kontroll tőkék levélrétegszáma ezen a szinten jelentősen elmaradt a kezeltéktől. A lombzat legfelső harmadában a levélrétegszámra az évjáratok és a kezelések is szignifikáns hatással voltak. A lombhézagok arányának esetében pedig csak a kezelések bizonyultak szignifikánsnak. Mind a négy évjáratra igaz, hogy a levélrétegszám az öntözött tőkék esetében nagyobb volt, mint a kontroll parcellán található tőkéké.

Az öntözés hatását a Hárslevelű lombzatára külön emeletekre bontva korábban nem vizsgálták. Jól látszik, hogy az egyes levélemeletek eltérően reagálhatnak az öntözésre, és az évek között sem egységes az, hogy melyik öntözési módszer a leghatékonyabb, vagy hogy melyik évjárat hatásában mutatkozik szignifikáns különbség. Ennek több oka is lehet. Az egyik, hogy a kijuttatott öntözővíz mennyisége, kijuttatásának ideje és éves szinten nézett gyakorisága között eltérések vannak az egyes évjáratok között. Tehát, feltételezhető az, hogy a szárazságstressz egyes években a szőlő fenológiai fázisait tekintve korábban jelentkezett, mely hatással volt a hajtásnövekedés intenzitására, vagy a hajtásokon található levelek számára, így az öntözés nem tudta javítani a kezelt tőkék lombzatának sűrűségét, vagy a levelek számát a kezeletlen tőkékkel szemben. Vizsgálatainkban is jól látszik, hogy a Hárslevelű lombzatának sűrűségére az öntözés pozitív hatással van, különösen a felszín alatti öntözés, azonban az évjáráthatásnak még mindig nagy szerepe van, ami egyes években akár nagyobb is lehet, mint az öntözés hatása, így az öntözővíz mennyiségének a pontos meghatározására és különösen a kijuttatás pontos időpontjának az előrejelzésére volna szükség. Ez egyfelől elősegíti a víz gazdaságosabb kijuttatását, másrésről a lombzat vonatkozásában pedig biztosítani tudjuk az optimális és zavartalan hajtásnövekedést. Hazai körülmények között FÜRI (1964) leírta, hogy az esőztető öntözés hatására két csemegeszőlőfajta hajtásnövekedése, ezáltal a lombzat mérete pozitívan reagált az öntözésre, szemben a kezeletlen tőkékkel. Olyannyira, hogy az utolsó öntözési időpont után mért hajtásméret-különbségeket 20-30 cm közé tette. Továbbá, az öntözött tőkék hajtásai még tovább növekedtek, miután a kezeletlen tőkék hajtásnövekedése leállt.

MUNITZ és munkatársai (2020) is vizsgálták az öntözés időzítésének hatását a lombzatszerkezetre, és arra a következtetésre jutottak, hogy a vegetációs időszak kezdeti szakaszában végzett első öntözés nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a vegetatív növekedés nagyobb mértékű legyen, ezáltal a lombzat sűrűsége is kiegyenlítettebb volt, szemben a jóval később elvégzett öntözési időpont hatásaival.

HAMMAN ÉS DAMI (2010) a doktori munkámhoz hasonló eredményeket kaptak, miszerint az öntözés hatására nőtt a hajtások hosszúsága és szélessége, valamint a legkiegyenlítettebb lombozatsűrűséggel azok a tőkék rendelkeztek, melyeket a vegetációs időszakok során öntöztek. Kiemelik továbbá, hogy sok esetben a megnövekedett levél- és hajtásszám hatására a termések jóval árnyékoltabbak lettek, aminek hatására romolhat a termés mennyisége.

PÉREZ-ALVAREZ és munkatársai (2021) a 'Bobal' szőlőfajta lombozatának tulajdonságait vizsgálták. Azt állapították meg, hogy az öntözés hatására magasabb volt a tőkék hajtásainak szélessége és hosszúsága, valamint a vesszők tömege, tehát nagyobb lombozattal rendelkeztek a kezelt tőkék. A lombozat szerkezetének meghatározására irányuló vizsgálataikat kiegészítették az egyes levelek felületeinek méretére vonatkozó vizsgálatokkal is, amely szintén azt támasztotta alá, hogy az öntözés hatására az egyedi levélfelület nő, ezáltal a lombozat sűrűsége is. Vizsgálataink során kapott eredményeink is ezt támasztják alá, miszerint a levelek felülete az öntözés hatására nő, valamint, hogy az egyes lombozat emeletéken a kezelés hatására sűrűbb levélrétegszám tapasztalható, amely egyben sűrűbb lombozatra is enged következtetni. Az öntözés, valamint a szárazságstressz hatására tehát változik a levél megjelenése, így a lelevelezés, hajtásválogatás kivitelezése függhet ettől. A nem öntözött területeken sokkal kevesebb levél volt, azaz kisebb a levél- és lombfelület, a hajtásválogatás, lelevelezés elkerülése javasolható lehet ilyen esetekben.

A vízhiánya a szőlő lombozatszerkezetének kialakulására is hatással lehet, ahogy CASTELLARIN et al. (2007) is bizonyították. A lombozat szerkezete a vegetációs időszak során fokozatosan romlott vizsgálatukban, ahogy a vízhiánynak való kitettség nőtt. A levélrétegszám 2004-ben a betakarításkor és 2005-ben az érés utolsó két hetében szignifikánsan alacsonyabb volt azon tőkék esetében, melyek vízhiányos állapottól szenvedtek. A különbség 2005-ben nagyobb volt, amikor a szőlő az adott évjárat végén intenzívebb vízhiánynak volt kitéve.

Összeségében tehát összevetve eredményeinket a szakirodalomban talált kutatásokkal, az öntözés pozitív hatással van a szőlő vegetatív növekedésére, továbbá a lombozat sűrűségére és szerkezetére. Ennek mértéke azonban függ a termesztett szőlőfajtatól, az adott évjáratától (különösen a szárazság mértékétől), az öntözési időponttól. Mindezeket kiegészítve eredményeink rávilágítanak továbbá arra, hogy a lombozat szerkezetét külön emeleten megvizsgálva, még részletesebb különbségeket láthatunk.

Ezáltal a „Hárslevelű” szőlőn végzett fitotechnikai műveleteket a jövőben akár a fajtához és az évjáráthoz igazítva még hatékonyabban és pontosabban tudjuk elvégezni, akár az egyes levélemeleteket külön kezelve.

Ampelometriai vizsgálatok:

○ Levélfelület, erek hossza, lineáris tulajdonságok:

A levélfelülethez tartozó eredmények szerint az látható, hogy a felszín alatti öntözéssel ellátott tőkéről származó levelek felülete volt a legnagyobb. Ezen kezelés alatt a négy évjárat során növekvő tendenciát tapasztaltunk. A legkisebb levélfelülettel a kontroll és a csepegtető öntözésű tőkék közel azonos értékeket mutattak. Az N₁-es főér hosszúságának értéke az évek során növekvő tendenciát mutatott, ami azt feltételezi, hogy a levélfelület is növekszik. A kezelések függvényében változást nem tapasztaltunk. A többi fő és mellékér hosszúságát tekintve a kontroll, illetve a felszín alatti öntözéssel ellátott területről származó levelek esetében növekedés látható, tehát, az évek során a levélfelület ezáltal nagyobb lett. Kiemelkedő a kettő közül a felszín alatti öntözésű tőkék levelei. A N₂ ér csúcsa és az N₂ első mellékerének csúcsa közötti távolság szintén a kontroll és a felszín alatti öntözésű területek tőkeinél volt a leginkább növekedő mértékű, különösen a felszín alatti öntözés esetén.

○ Karéjzottság és az öblök mérete:

A vállöblök távolsága, mérete és szélessége az öntözött területekről származó levelek esetében volt a legnagyobb, tehát, a kezelt levelek karéjosabbak, vállöblük nyitottabb, mint a kontroll parcelláról származó levelek. Kiemelendő, hogy ugyanakkor az N₄ és N₅ levélerek csúcsa és a levélnyél-levéllemez találkozási pontja, és az N₄, N₅ ér csúcsa közötti szögek a kontroll parcelláról származó leveleknél volt a legnagyobb minden évben.

○ Erek között bezárt szögek:

Az erek között bezárt szögek majdnem minden OIV tulajdonság esetén minden évben a felszín alatti öntözés esetén volt a legnagyobb, ezáltal növelve az arról a területről szedett levelek felületének nagyságát, szélességét. Ugyanakkor a csepegtető öntözésről szedett levelek baloldalán található alsó oldalerek csúcsa és az N₃, N₄, N₅ ér csúcsa és a levélnyél eredési pontja közötti szögek minden évben a legnagyobb voltak, így ezen levelek baloldala eltért, a többi kezeléssel szedett levelekétől.

○ Levélszéli fogak mérete:

A levélszélek fogazottsága különösen az öntözött területekről szedett levelek esetében volt a leghangsúlyosabb, főleg a csepegtető öntözésű területekről szedett mintáknál. A

kontroll levelek fogazottsága akkor közelített az öntözött levelekéhez, amikor az évjárat kevésbé volt aszályos.

○ Nem OIV által meghatározott morfológiai tulajdonságok:

A nem OIV által meghatározott morfológiai tulajdonságok a leveleken meghatározott egyes pontok közötti távolságokon alapultak. A mért paraméterek közül egyetlen esetben (D01-04) nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést sem az évjáratok, sem pedig a kezelések között. A többi morfológiai tulajdonság esetében az évjáratok hatása minden mutatónál szignifikáns eltérést mutatott. A kezelések a leveleken mért pontok közül leginkább a jobb oldalon található távolságokban mutattak statisztikailag igazolható eltérést, illetve a levél felső részét érintő szélességben. Az eredmények azt mutatják, hogy ahol szignifikáns hatással voltak az egyes kezelések, a mért pontok közötti távolságok nagyobbak, mint a kezeletlen levelek esetében.

A szőlő leveleinek ampelometriai tulajdonságainak változását az öntözés függvényében a szakirodalmi adatok alapján részben már korábban is vizsgálták, különböző fajtákon. Például GUTIÉRREZ-GAMBOA et al. (2021) leírták, hogy a szőlőnövények vízellátása befolyásolhatja a levelek méretét, felületüknek nagyságát és egyes morfológiai tulajdonságát egyaránt. A vízhiányos állapot kisebb levélfelületet eredményezhet, és akár már enyhe szárazságstressz is kiválthatja a méretbeli eltéréseket. Továbbá, SCHULTZ és MATTHEWS (1993) is kimutatták, hogy az öntözés hatására a szőlőtőkék leveleinek mérete és vastagsága jelentősen megnövekedett, szemben a szárazságstressz alatt álló növények leveleivel. A levelek aszimmetrikus elváltozását, melyet esetünkben is tapasztaltunk, BENÍTEZ et al. (2020) által publikált eredményeik is alátámasztják.

Azonban a levelek egyes OIV mutatóinak változását az öntözés hatására korábban még nem vizsgálták. Mivel ezek a leíró mutatók az egyes szőlőfajtákhoz szorosan kapcsolódó tulajdonságok, így a 'Hárslevelű' esetében 5 darab olyan mutatót találtunk, ahol nem volt szignifikáns eltérés, sem az évjárat sem a kezelés hatására. Feltételezhetően tehát sem a szárazságstressz hatására, sem pedig az öntözésre nem változnak meg ezek a tulajdonságok, vagyis a „Hárslevelűre” ezek markánsan jellemző bélyegek lehetnek. 35 darab mutató a „Hárslevelűnél” csak az évjáratok hatására változhat, 2 darab csak az öntözés hatására, 7 darab pedig az évjárat és a kezelés hatására együttesen. Tehát az öntözés és az évjárat hatására a levélfelület méretének változása mellett jelentős morfometriai változásokon is keresztül mehetnek a „Hárslevelű” egyes levelei.

A kolorimetriai mérések során 2021-ben, 2022-ben és 2024-ben, a kezeletlen és kezelt területekről szedett levélminták sRGB alapú színadatait elemeztük ki, melyekből további szín alapú vegetációs indexeket számoltunk ki SÁNCHEZ-SASTRE et al. (2020) alapján. Az eredmények alapján a 34 vizsgált színindexből 24 esetben tapasztaltuk azt, hogy mind az évjáratok, mind a kezelések, mind pedig a kettő változó közötti interakció szignifikáns hatással voltak az eredményeinkre. Így az eredményeink rávilágítanak arra, hogy az öntözés, illetve az évjáratok okozta környezeti hatások évről évre és kezelésként is befolyásolhatja a szőlő leveleinek színét, ezáltal az egyes vegetációs indexeket egyaránt. Azokban az esetekben, ahol a kezelések szignifikáns hatást mutattak, jól látszik, hogy az öntözött területekről származó levelek vegetációs indexei nagymértékben eltérnek a kezeletlen parcellák tőkéinek leveleitől. Eredményeinket GUTIÉRREZ-GAMBOA et al. (2021) által végzett kutatás is megerősíti, miszerint az eltérő vízállapotok a szőlő levelein színezettség-beli eltéréseket is okozhatnak. Korábbi tanulmányok azt is bebizonyították, hogy a levelek RGB alapú vegetációs indexei a klorofilltartalommal is összefüggésben lehet, tehát a vízhiányos állapotok nyomonkövetésére a jövőben ezek a módszerek hasznosak lehetnek (SANG et al. 2021, SÁNCHEZ-SASTRE et al. 2020, CHENG et al. 2017).

A klorofill-tartalom mérésekor azt tapasztaltuk, hogy 2022-ben és 2023-ban az öntözött tőkék leveleinek klorofill-tartalma magasabb volt, mint a kontroll tőkéké. 2024-ben azonban a kontroll parcelláról szedett levélminták klorofill-tartalma volt a legmagasabb. Az évenkénti eltéréseket figyelembe véve a felszín alatti öntözés leveleinek a klorofill-tartalma volt a legkiegyenlítettebb, nem tapasztaltunk kiugró értékeket az évjáratok között. A klorofill-tartalom meghatározását már korábban is alkalmazták azzal a céllal, hogy felmérjék, hogyan alakul a növény klorofill-tartalma vízhiányos állapot esetén. FLEXAS et al. (2010) bizonyították, hogy az öntözés javította a növények klorofill-tartalmát, szemben az öntözetlen tőkékkel.

A vízpotenciál mérést 2022-ben és 2023-ban végeztük el. A 2022-es évben, ami a klimatikus adatok alapján is egy aszályos évnek minősülő évjárat volt, az augusztusi mérések alkalmával súlyos vízhiányos állapot volt mérhető a kontroll és az öntözött területeken is. A vízpotenciál értékek az öntözés alkalmazásával javultak, de súlyos aszály esetén is ugyanúgy tapasztalható volt vízhiány az ültetvényben. A 2023-as év csapadék szempontjából szerencsésebb évjáratnak volt mondható, mégis, az

augusztusi mérések során a kontroll parcellákon vízhiányos állapotot tapasztaltunk. Hasonlóképpen a 2022-es évhez, az öntözött területeken javultak a mért vízpotenciál értékek az öntözött területeken a kijuttatott vízmennyiség hatására. INTRIGLIOLO és CASTEL (2006) hasonló eredményeket kapott, ugyanis vizsgálatukban bemutatták, hogy a szőlő növények hajtásának vízpotenciálja jóval magasabb és kiegyenlítettebb volt az öntözés hatására, szemben a nem öntözött növények vízpotenciáljával.

LIGETVÁRI és FERENCZY (1984) is tanulmányozták a szőlő leveleinek vízpotenciál alakulását öntözött és nem öntözött ültetvényben. Megállapították, hogy az öntözés hatására pozitív változást tapasztaltak a szőlő vízállapotának vonatkozásában, a mindkét vizsgált talajféleségben.

A szőlőtőkék vízpotenciáljának nyomon követése fontos eszköze lehet a szárazság mértékének meghatározására és előrehaladottságának mérésére. Ezt a módszert kiegészítve szenzoros mérésekkel segítséget nyújthat a szárazság előrejelzéséhez, ezáltal az öntözővíz pontos mennyiségének meghatározásához, és a kijuttatás pontos időzítéséhez.

Az öntözés hatását a leszüretelt termés minőségére és mennyiségére a fürtök átlagtömegének, az 50 darab bogyó átlagtömegének, valamint a mustok sav-, cukortartalmának és pH-értékének az összehasonlításával vizsgáltuk meg. A fürtök átlagtömege 2021-ben a felszín alatti öntözés, 2022-ben a csepegtető öntözés, 2023-ban szintén a csepegtető öntözés esetén volt a legnagyobb. A bogyók átlagtömege az öntözött területekről szedett minták esetében volt a legnagyobb mind a három évben, különösen a csepegtető öntözés vonatkozásában. A mustok beltartalmi értékeit tekintve a savtartalom a kontroll minták esetében volt a legmagasabb, kivéve 2021-ben. A legalacsonyabb pedig a csepegtető öntözés során volt. A cukortartalom mérésekor az öntözött területek mintái és az öntözetlen területek mintái nem tértek el nagymértékben egymástól. Ezt igazolják GINESTAR et al. (1998), GOODWIN és JERIE (1989) és WILLIAMS és GRIMES (1987) munkái is. A mustok pH-értékeit tekintve 2021-ben és 2022-ben a csepegtető öntözés esetében volt a legmagasabb.

Az öntözés a szőlő cukor- és savtartalmára gyakorolt hatását hazai és nemzetközi szinten is széleskörűen vizsgálták számos eltérő szőlőfajtán.

FÜRI (1964) csemegeszőlő ültetvényekben (Kocsis Irma, Szauter Gusztávné) alkalmazott öntözés hatására cukortartalomnövekedést tapasztalt.

FÜRI és KOZMA (1975) szintén cukortartalom növekedést tapasztalt, de ez évenként és fajtánként változó volt.

Magyarországi kísérletek során LIGETVÁRI (1984) arról írt, hogy a Hárslevelű szőlőfajtánál 6 éves időintervallum alatt mindössze egy év kivételével az öntözetlen tőkék adták a nagyobb mustfokot (minimális eltéréssel) parcella szintjén elemezve. Azonban a tőkénkénti cukorhozam (g/tőke) az öntözött Hárslevelű tőkéknél volt nagyobb. Ezzel szemben vizsgálataink során nem tapasztaltunk kiugró eltérést egyik évben sem a kezelések és a kontroll között. A savtartalom mérésekor a Hárslevelű esetében csak a tőkénkénti abszolút mennyiségnél tapasztalt minimális savtöbbletet az öntözés hatására.

FÜRI (1977) tanulmányában hasonlókat állapított meg, miszerint a külföldi szakirodalmi adatokkal ellentétben, ő sem tapasztalt jelentős eltéréseket a cukortartalomra illetően sem korábbi vizsgálataiban (1963-1970), sem 1971 és 1975 között. A savtartalomról ugyanígy számolt be.

ZILAI (1994) szerint magasabb mustfok érhető el az öntözéssel aszályos években, és különösen akkor nem kell tartani jelentős cukortartalom-csökkenéssel, ha a kísérleti beszámolók alapján zöldbogyó növekedés idején öntözünk. Viszont mindezek mellett arra is felhívja a figyelmet, hogy a magasabb cukor megtermeléséhez hosszabb tenyészidő szükséges, melynek fényében az öntözött tőkék esetében 1-2 hetes érés késéssel kell számolni. Ezzel is magyarázható az, hogy nem mutatkozik jelentősebb eltérés a cukortartalomra illetően az öntözés hatására, ha egy időben történt a szüret a kontroll tőkékkel. A savtartalom alakulásáról azt fogalmazta meg, hogy egyes aszályos években az öntözés hatására csökkenés figyelhető meg.

Külföldi beszámolók alapján REYNOLDS és munkatársai (2007) amerikai Cabernet Sauvignon szőlőfajták vizsgálatakor azt tapasztalták, hogy a cukortartalom nem-, vagy nagyon kis eltérést mutatott az öntözött és öntözetlen tőkék között. A savtartalomra pedig azt írták le, hogy a 4 vizsgálati évből 2-ben tapasztaltak magasabb titrálható savtartalmat az öntözött tőkék esetében.

MIRÁS-AVALOS és munkatársai (2019) eredményei alapján az látható, hogy az öntözés hatására a savtartalom növekedést mutatott a kontrollal szemben. De azt is kiemelik munkájukban, hogy az egyes évjáratok között mutatkozó eltérések inkább a klimatikus adottságok hatására jelentkeztek, mintsem az öntözés hatására.

Így a szakirodalom, és kutatásunk eredményei alapján is feltételezhető, hogy az egyes évjáratok közötti eltérések az öntözés ellenére sok esetben az adott évjáratra jellemző hőmérsékleti és csapadékmennyiségi mintázatok befolyásolják jobban a termés cukor- és savtartalmát. Aszályosabb években ez azonban felülíródhat, és az öntözés hatása lesz erőteljesebb. Mindemellett az öntözött szőlőfajta reakciója az öntözésre is egyedi

kérdés lehet, hiszen eltérően reagálhatnak a termések beltartalmi értékeik. Ezen paraméterek értékelésekor elengedhetetlen az évjáráthatás, az öntözés hatása, és a fajták egyedi tulajdonságainak együttes értékelése.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás egyre nagyobb mértékben befolyásolja a mezőgazdaságot, ezáltal a szőlőtermesztést is. A világ számos pontjáról érkeznek eredmények arra vonatkozóan, hogy az éghajlatváltozással járó szélsőségek és nehézségek milyen változásokat okoznak a növényekben, illetve a termesztéstechnológiában egyaránt. A hőmérséklet az egyik éghajlati tényező, melynek egyre dinamikusabb változása befolyásolhatja a vegetációs időszak hosszát, valamint az egyes szakaszok között eltelt időt akár le is rövidítheti. Így akár korábban kezdődhet a szőlő virágzása, lerövidülhet a hajtásnövekedés időszaka, és akár korábbi időpontra is tolódhat a szüret. A magas hőmérsékletek mellé társuló csapadékhiány tovább fokozhatja a szőlőültetvényekben kialakuló stresszes állapotokat. Így a szőlőtőkék életfolyamatai zavart szenvedhetnek, amely negatív hatással lehet a rügyek differenciálódására, a fakadó hajtásokra, a terméskötődésre, valamint a lombozat szerkezetére is. Mindemellett az egyes levelek alakja, illetve mérete is változhat. A hosszantartó aszályos időszakok magukkal vonhatják a termésmennyiség csökkenését, és a készülő borok beltartalmi paraméterek értékeinek változását, mint például a savtartalmat, vagy az alkoholtartalmat.

Az ültetvényekben kialakuló szárazságstressz megelőzésére vagy enyhítésére egyre több szőlőtermesztő országban fordulnak a szőlő öntözés mellett való termesztéséhez. A megfelelő öntözési módszer kiválasztása nehéz kérdés, az egyes módszerek hatékonyságának kutatása egyre népszerűbb kutatási témakör.

Kutatásunkat 2021 és 2024 között végeztük Tatán a Neszmélyi borvidéken. A vizsgált ültetvényben kontroll, azaz öntözetlen, csepegtető öntözéssel, illetve felszín alatti öntözéssel ellátott parcellákat jelöltünk ki. Célunk volt, hogy meghatározzuk az egyes években a szőlőtőkék rügytermékenységi jellemzőit, a lombozatszerkezet tulajdonságait eltérő emeleteken, az egyes levelek ampelometriai jellemzőit, illetve a mérhető RGB-alapú vegetációs színindexeket, a növények vízpotenciálját, a levelek klorofill-tartalmát, továbbá a leszüretelt termés mennyiségi tulajdonságait, illetve a kapott mustok minőségi jellemzőit a különböző kezelésű ültetvényeken.

Eredményeink alapján a Hárslevelű rügytermékenysége és a lombszerkezetre az évjárat és a kezelés is szignifikáns hatást gyakorolt, az egyes mért mutatók függvényében. Továbbá, hogy a lombozat egyes emeleit eltérő módon befolyásolja az öntözés és annak módszere. Az ampelometriai mérések során az öntözés hatására a levél felülete nő, valamint az évjáratok és öntözés hatására változhatnak a levelek morfológiai tulajdonságai. A levelek színére és az sRGB alapú vegetációs indexekre az öntözés és az évjáratok szignifikáns hatást gyakoroltak. A klorofill-tartalom mérés

során továbbá megállapítottuk, hogy az öntözött területről származó levelek klorofill-tartalma magasabb az öntöztelen területről gyűjtött levelekhez képest. A vízpotenciál mérés során azt tapasztaltuk, hogy a szőlőtőkék vízállapota súlyos szárazságstresszt jeleznek az aszályos időszakok alatt. A szüreti paraméterek alapján elmondható, hogy a termés mennyiségi mutatói növekvő tendenciát mutatnak az öntözés hatására, valamint, hogy a mustok beltartalmi értékei változhatnak annak függvényében, hogy kezelt, vagy nem kezelt parcelláról származtak-e.

Eredményeink fontos adatokkal szolgálnak arra vonatkozóan, hogy a 'Hárslevelű' szőlőfajta az öntözés és a szárazságstressz hatására hogyan reagál, milyen rügytermékenységi, lombozatszerkezeti, ampelometriai, kolorimetriai és termésminőség beli változásokon mehet keresztül, továbbá, hogy a szőlőtőkék vízállapota hogyan változik egyes aszályos időszakokban. A jövő kutatási irányait nézve várhatóan még inkább kiemelt szerepet fog kapni a szőlőültetvények öntözésének kérdésköre, valamint, hogy egyes szőlőfajták hogyan reagálnak az öntözésre és a szárazság egyre súlyosabb mértékére. A szőlő optimális öntözésének feladata bonyolult és összetett folyamat, melynek megtervezése és kivitelezése függ az öntözni kívánt fajtától, az adott évjárat csapadék- és hőmennyiségétől, valamint a kijuttatni kívánt vízmennyiség pontos meghatározásától. Ebből kifolyólag, a klíma monitorozásával, meteorológiai állomás használatával az ültetvényben, különböző szenzorok kihelyezésével, a szőlő élettani folyamatainak megfigyelésével lehet előrejelzéseket tenni az öntözés időpontjának meghatározására.

8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Igazolta, hogy az öntözés módja és az évjárat szignifikáns hatást gyakorol a 'Hárslevelű' szőlőfajta rügytermékenységre és a lombozatszerkezet jellemzőire továbbá az ikerhajtások számára, a fattyúhajtások számára, valamint a világos rügyből fakadt hajtások fürtszámára.
2. Megállapítható, hogy az öntözés hatására a lombozat középső harmadán és a lombozat felső harmadán a levélrétegszám és a lombhézagok aránya az évjárat hatással együtt szignifikánsan változik. A fürtzónában található levélrétegszámra az évjárat gyakorol szignifikáns hatást. Továbbá megállapítható, hogy az öntözött területek lombozatszerkezetét jellemző mutatók magasabb értékeket mutattak. A szárazságstressz és az öntözés hatására bekövetkező lombozatszerkezeti változások miatt a lelevelezés és a hajtásválogatás kivitelezése változhat, a kisebb és kevesebb levél okán a nem öntözött területeken ezen műveletek elkerülése is javasolható.
3. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a levél felülete a felszín alatti öntözés hatására nagyobb lesz, továbbá a főerek hosszúsága is ezen kezelés hatására nő. Az öntözés hatására továbbá változhat a vállöblök nyitottsága, mérete és szélessége, az erek között bezárt szögek, valamint a levélszéli fogak mérete.
4. Megállapítható, hogy a levelek színére, valamint az sRGB alapú vegetációs indexekre az öntözés és az évjárat is szignifikáns hatást gyakorol. Továbbá, hogy a levelek klorofill-tartalma az öntözés hatására magasabb értékeket vehet fel.

9. IRODALOMJEGYZÉK

1. ABRÀMOFF, M.D., MAGALHÃES, P.J., RAM, S.J. (2004): Image processing with ImageJ. *Biophotonics international*, 11(7), pp.36-42.
2. ACEVEDO-OPAZO, C., ORTEGA-FARIAS, S., FUENTES, S. (2010): Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 97(7), pp.956-964.
3. ANDA, A., KOCSIS, T., KOVÁCS, A., TŐKEI, L., VARGA, Z. (2010): *Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp.176-188.
4. ANDERSON, J.D., JONES, G.V., TAIT, A., HALL, A., TROUGHT, M.C. (2012): Analysis of viticulture region climate structure and suitability in New Zealand. *Oeno One*, 46(3), pp.149-165.
5. ASLANPOUR, M., BANEH, H.D., TEHRANIFAR, A., Shoor, M. (2019): Evaluating the absorption rate of macro and microelements in the leaf of grape sefid bidaneh cv. under drought conditions. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 10(4), pp.515-525.
6. ÁNGYÁN, F., KOPCSAI, P. M., POLYÁK, D. (1976): Üzemi szőlők rügvizsgálatai. *Kertgazdaság*, 8/2, pp. 47-57.
7. BALINT, G., REYNOLDS, A. G. (2014): Effect of different irrigation strategies on vine physiology, yield, grape composition and sensory profiles of *Vitis Vinifera*; L. Cabernet-Sauvignon in a cool climate area, *OENO One*, 48(4), pp. 269–292.
8. BÁLO, B., ZSÓFI, ZS., KAPTÁS, T., GÁL, L., MISIK, S., MIKLÓS, E., MIKLÓSY, É., VÁRADI, GY. (2003): A tápláló öntözés szerepe a minőségi szőlőtermesztésben. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, 2003. november 6-7. Szőlészettudományi Szekció. Budapest.
9. BÁLO, B., NÉMETH, CS., SCHMIDT, Á. (2007): Aszálytünetek és hőperzselés. *Kertészet és Szőlészet*, 56/35, pp. 18-20.
10. BENÍTEZ, H.A., LEMIC, D., VILLALOBOS-LEIVA, A., BAŽOK, R., ÓRDENES-CLAVERIA, R., PAJAČ ŽIVKOVIĆ, I., MIKAC, K.M. (2020): Breaking symmetry: Fluctuating asymmetry and geometric morphometrics as tools for evaluating developmental instability under diverse agroecosystems. *Symmetry*, 12(11), p.1789.
11. BÉNYEI, F., LŐRINCZ, A., SZ NAGY, L. (1999): *Szőlőtermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 302, p.339.
12. BERDEJA, M., HILBERT, G., DAI, Z.W., LAFONTAINE, M., STOLL, M., SCHULTZ, H.R., DELROT, S. (2014): Effect of water stress and rootstock genotype on P and N in berry composition. *Australian journal of grape and wine research*, 20(3), pp.409-421.
13. BOCK, A.; SPARKS, T.; ESTRELLA, N.; MENZEL, A. (2011): Changes in the Phenology and Composition of Wine from Franconia, Germany. *Clim. Res.*, 50, 69–81.
14. BODOR, P.; BARANYAI, L.; BÁLO, B.; TÓTH, E.; STREVER, A.; HUNTER, J.J.; BISZTRAY, G.D. (2012): GRA.LE.D. (GRApevine LEaf Digitalization) software for the detection and graphic reconstruction of ampelometric differences between *Vitis* leaves. *South Afr. J. Enol. Vitic.*, 33, 1–6.

15. BODOR-PESTI, P., TARANYI, D., DEÁK, T., NYITRAINÉ SÁRDY, D.Á., VARGA, Z. (2023): A review of ampelometry: morphometric characterization of the grape (*Vitis* spp.) Leaf. *Plants*, 12(3), p.452.
16. BRIGLIA, N., MONTANARO, G., PETROZZA, A., SUMMERER, S., CELLINI, F., NUZZO, V. (2019): Drought phenotyping in *Vitis vinifera* using RGB and NIR imaging. *Scientia Horticulturae*, 256, p.108555.
17. BUSIN, P. M. (1960): *Polivü Vinogradnikov*. Szel'bozgiz, Moszkva.
18. CAMPS, J.O.; RAMOS, M.C. (2012): Grape Harvest and Yield Responses to Inter-Annual Changes in Temperature and Precipitation in an Area of North-East Spain with a Mediterranean Climate. *Int. J. Biometeorol.*, 56, 853–864.
19. CASPARI, H.W., M.H. BEHBOUDIAN, D.J. CHALMERS (1994): Water use, growth, and fruit yield of 'Housui' Asian pears under deficit irrigation. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 119:383-388.
20. CASTELLARIN, S.D., PFEIFFER, A., SIVILOTTI, P., DEGAN, M., PETERLUNGER, E., DI GASPERO, G. (2007): Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit. *Plant, Cell & Environment*, 30(11), pp.1381-1399.
21. CHAI, Q., GAN, Y., ZHAO, C., XU, H.L., WASKOM, R.M., NIU, Y., SIDDIQUE, K.H. (2016): Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for sustainable development*, 36, pp.1-21.
22. CHAVES, M.M., PEREIRA, J.S., MAROCO, J., RODRIGUES, M.L., RICARDO, C.P.P., OSÓRIO, M.L., CARVALHO, I., FARIA, T., PINHEIRO, C. (2002): How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of botany*, 89(7), pp.907-916.
23. CHAVES, M.M., SANTOS, T.P., SOUZA, C.D., ORTUÑO, M.F., RODRIGUES, M.L., LOPES, C.M., MAROCO, J.P., PEREIRA, J.S. (2007): Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annals of applied biology*, 150(2), pp.237-252.
24. CHAVES, M.M., ZARROUK, O., FRANCISCO, R., COSTA, J.M., SANTOS, T., REGALADO, A.P., RODRIGU-ES, M.L., LOPES, C.M. (2010): Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of botany*, 105(5), pp.661-676.
25. CHENG, L.; ZHU, X.; GAO, L.; LI, C.; WANG, L.; ZHAO, G.; JIANG, Y. (2017): Estimation of chlorophyll content in apple leaves based on RGB model using digital camera. *Acta Hortic. Sin.*; 44, pp. 381-390.
26. CHUINE, I., YIOU, P., VIOVY, N., SEGUIN, B., DAUX, V., LADURIE, E.L.R. (2004): Grape ripening as a past climate indicator. *Nature*, 432(7015), pp.289-290.
27. COOMBE, B.G. (1987): Distribution of solutes within the developing grape berry in relation to its morphology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38(2), pp.120-127.
28. CORSO, M., BONGHI, C. (2014): Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant science today*, 1(3), pp.108-113.
29. COSTA, J.M., VAZ, M., ESCALONA, J., EGIPTO, R., LOPES, C., MEDRANO, H., CHAVES, M.M. (2016): Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management*, 164, pp.5-18.
30. CSEPREGI P. (1992): *A szőlőültetvények fitotechnikai mutatói. 1. rész. A mutatók meghatározásához végzett adatfelvételezések módszertani fejlesztése*. Magyar Szőlő- és Borgazdaság, 2 (1) 2-5. p.

31. CSEPREGI, P., ZILAI J. (1976): *Szőlőfajtáink*. Ampelográfia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 125.
32. CSEPREGI, P., ZILAI, J. (1988): *Szőlőfajta-ismeret és használat*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, (508), pp.123-160.
33. DAI, A. (2013): Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature climate change*, 3(1), pp.52-58.
34. DAL SANTO, S., PALLIOTTI, A., ZENONI, S., TORNIELLI, G.B., FASOLI, M., PACI, P., TOMBESI, S., FRIONI, T., SILVESTRONI, O., BELLINCONTRO, A., D'ONOFRIO, C. (2016): Distinct transcriptome responses to water limitation in isohydric and anisohydric grapevine cultivars. *BMC genomics*, 17(1), pp.1-19.
35. DE ORDUNA, R.M. (2010): Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43(7), pp.1844-1855.
36. DI CARLO, P.; ARUFFO, E.; BRUNE, W.H. (2019): Precipitation Intensity under a Warming Climate Is Threatening Some Italian Premium Wines. *Sci. Total Environ.*, 685, 508–513.
37. DI GENNARO, S.F., MATESE, A. (2020): Evaluation of novel precision viticulture tool for canopy biomass estimation and missing plant detection based on 2.5 D and 3D approaches using RGB images acquired by UAV platform. *Plant Methods*, 16(1), pp.1-12.
38. DIAGO, M. P., AQUINO, A., MILLAN, B., PALACIOS, F., TARDÁGUILA, J. (2019): On-the-go assessment of vineyard canopy porosity, bunch and leaf exposure by image analysis. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 25(3), 363-374.
39. DOĞAN, A., UYAK, C. (2020): A different approach for grape leaf color. *Gaziosmanpasa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), pp.44-52.
40. DROULIA, F., CHARALAMPOPOULOS, I. (2022): A review on the observed climate change in Europe and its impacts on viticulture. *Atmosphere*, 13(5), p.837.
41. EEA – European Environment Agency (2024): Global and European temperatures. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/global-and-european-temperatures?activeAccordion=ecdb3bcf-bbe9-4978-b5cf-0b136399d9f8> (Utolsó megtekintés: 2025. 01. 11.)
42. EPERJESI, I., HORVÁTH, C., SIDLOVITS, D., PÁSTI, G., ZILAI, Z. (2010): *Borászati technológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 313(10).
43. ESTEBAN, M.A., VILLANUEVA, M.J., LISSARRAGUE, J.R. (2001): Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(4), pp.409-420.
44. EVANS, R.G., SPAYD, S.E., WAMPLE, R.L., KROEGER, M.W., MAHAN, M.O. (1993): Water use of *Vitis vinifera* grapes in Washington. *Agricultural Water Management*, 23(2), pp.109-124.
45. FASIOLO, D.T., PICHIERRI, A., SIVILOTTI, P., SCALERA, L. (2023): An analysis of the effects of water regime on grapevine canopy status using a UAV and a mobile robot. *Smart Agricultural Technology*, 6, p.100344.
46. FEHÉR, A. S. (2019): Egyetemi jegyzet. https://eta.bibl.u-szeged.hu/2309/1/EFOP343-AP2TTIK2BioLET2_jegyzet_Feh%C3%A9r%20Attila_N%C3%B6vények%20el%20ete_20190831.pdf Megtekintés: 2024. 09. 01.

47. FERRETTI, C. (2021): Topoclimate and Wine Quality: Results of Research on the Gewürztraminer Grape Variety in South Tyrol, Northern Italy. *OENO One*, 55, 313–335
48. FLEXAS, J., GARMÉS, J., GALLÉ, A., GULÍAS, J., POU, A., RIBAS-CARBO, M., TOMÀS, M., MEDRANO, H. (2010): Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, pp.106-121.
49. FORSYTH, D.A., PONCE, J. (2003): A modern approach. *Computer vision: a modern approach*, 17, pp.21-48.
50. FREGE, M.C.A. (1804): *Versuch einer Classification der Wein-Sorten nach ihre Beeren*; Den Karl Friedrich Wilhelm Erbstein: Meissen, Germany, p. 171.
51. FÜRI, J. (1964): A szőlő öntözésének tavalyi tapasztalatai. *Kertészet és Szőlészet*, 13/11, pp.14-16.
52. FÜRI, J., KOZMA, F. (1975): A szőlő öntözésének és vízháztartásának vizsgálata. *Léghör*, 20/4, pp. 95-98.
53. FÜRI, J. (1977): A szőlő öntözése. *Kertgazdaság*, 9/5, pp. 23-36.
54. GADOORY, D. M., SEEM, R. C., WILCOX, W. F., WHISTLECRAFT, J. (2012): Timing of grapevine budbreak affects susceptibility to infection by *Phomopsis* cane and leaf spot (*Phomopsis viticola*). *Plant Disease*, 96(8), 1176-1182.
55. GALET, P. (1951): *Méthode de Description et de Classification des Espèces Variétés et Hybrids de Vignes*; Imprimerie Paul Déhan: Montpellier, France, p. 8.
56. GAMBETTA, G.A., HERRERA, J.C., DAYER, S., FENG, Q., HOCHBERG, U., CASTELLARIN, S.D. (2020): The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. *Journal of experimental botany*, 71(16), pp.4658-4676.
57. GINESTAR, C., J. EASTHAM, S. GRAY, P. ILAND (1998): Use of sapflow sensors to schedule vineyard irrigation. II. Effects of postveraison water-deficits on composition of Shiraz grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 49:421-428.
58. GIOVOS, R., TASSOPOULOS, D., KALIVAS, D., LOUGKOS, N., PRIOVOLOU, A. (2021): Remote sensing vegetation indices in viticulture: A critical review. *Agriculture*, 11(5), p.457.
59. GITELSON, A.A.; KAUFMAN, Y.J.; STARK, R.; RUNDQUIST, D. (2002): Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote Sens. Environ.*, 80, 76–87.
60. GOETHE, H. (1887): *Handbuch der Ampelographie. Beschreibung und Klassifikation der bis jetzt Kultivierten Rebenarten und Trauben-Varietäten mit Angabe Ihrer Synonyme, Kulturverhältnisse und Verwendungsart*; Parey, P., Ed.; Berlin 21: Graz, Austria, p. 219.
61. GOODWIN, I., P. JERIE. (1989): Deficit irrigation of grapevines during flowering. *Acta Hortic.* 240:275-278.
62. GUPTA, S.D., IBARAKI, Y., TRIVEDI, P. (2014): Applications of RGB color imaging in plants. *Plant Image Anal. Fundam. Appl*, 41, p.22.
63. GUTIÉRREZ-GAMBOA, G., TORRES-HUERTA, N., ARAYA-ALMAN, M., VERDUGO-VÁSQUEZ, N., MORENO-SIMUNOVIC, Y., VALDÉS-GÓMEZ, H., ACEVEDO-OPAZO, C. (2021): Leaf morpho-colorimetric characterization of different grapevine varieties through changes on plant water status. *Horticulturae*, 7(9), p.315.
64. HAJDU, E. (2003): *Magyar szőlőfajták*. Mezőgazda.

65. HAJDU, E: (2016): <https://agrarium7.hu/cikkek/614-a-viz-szerepe-a-szolotermesztesben> Megtekintés: 2024. 08. 12.
66. HALE, C.R., MS, BUTTROSE. (1974): Effect of temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *J. Am er. Soc. Hort. Sei.* 99 (5):390-394
67. HAMMAN, R.A., DAMI, I.E. (2000): Effects of irrigation on wine grape growth and fruit quality. *HortTechnology*, 10(1), pp.162-168.
68. HEGYKÖZSÉGEK NEMZETI TANÁCSA, (2024): <https://www.hnt.hu/wp-content/uploads/2024/03/Neszmelyi-Borvidek.pdf> Megtekintés: 2024. 08. 01.
69. HEGYKÖZSÉGEK NEMZETI TANÁCSA, (2024): https://www.hnt.hu/wp-content/uploads/2024/03/Termoterulet-2009-2023_adatok.pdf Megtekintés: 2024. 08. 01.
70. HLASZNY, E. (2013): A szőlő (*vitis vinifera* l.) korai fenológiai válaszadásának modellezése a kunsági borvidéken növényfelvételezések, időjárási megfigyelések és regionális klímamodell alapján= Early phenological responses of grapevine (*vitis vinifera* l.) in Kunság wine-growing area based on plant surveys, weather observations and regional climate model (Doctoral dissertation, Budapesti Corvinus Egyetem).
71. HOCHBERG, U., DEGU, A., FAIT, A., RACHMILEVITCH, S. (2013): Near isohydric grapevine culti-var displays higher photosynthetic efficiency and photorespiration rates under drought stress as compared with near anisohydric grapevine cultivar. *Physiologia Plantarum*, 147(4), pp.443-452.
72. HORÁNSZKY, ZS. (1974): Csepegtető öntözés a szőlőtermesztésben. *Kertgazdaság*, 6/4, pp.1-8.
73. HORÁNSZKY, ZS., GERGELY, I., LIGETVÁRI, F. (1980): *Gyümölcs- és szőlőültetvények csöpögtető öntözése*. Mezőgazda Kiadó. Budapest, Magyarország.
74. HORÁNSZKY, ZS. (1984): A szőlő is meghálálja. *Kertészet és Szőlészet*, 33/23. pp.5.
75. HORÁNSZKY, ZS. (1986): A felszín alatti vízpótlás változásai. *Kertészet és Szőlészet*, 35/30, pp.17.
76. <https://www.boraszportal.hu/magyarorszag-borvidekei/neszmelyi-borvidek-1> Megtekintés: 2024. 07. 03.
77. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/
78. HUGALDE, I., VILA, H.. (2014): Isohydric or anisohydric behavior in grapevines... An endless controversy?. 40. 75-82.
79. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the IPCC. Fourth Assessment Report: Summary for Policymakers. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
80. INTRIGLIOLO, D.S., CASTEL, J.R. (2006): Vine and soil-based measures of water status in Tempranillo vineyard. *Vitis. Journal of Grapevine Research*, 45(4), pp.157-163.
81. IPCC (2021): MASSON-DELMOTTE, V.P., ZHAI, P., PIRANI, S.L., CONNORS, C., PÉAN, S., BERGER, N., CAUD, Y., CHEN, L., GOLDFARB, M.I., SCHEEL MONTEIRO, P.M.: Summary for policymakers. in: Climate change 2021: The physical science basis. contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

82. JOGAIAH, S. (2023): Vineyard management strategies in scenario of climate change—A review. *Grape Insight*, pp.11-22.
83. JONES, G.V. (2007): Climate change: observations, projections, and general implications for viticulture and wine production. *Economics Department-working paper*, 7, p.14.
84. JONES, G.V., DAVIS, R.E. (2000): Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American journal of enology and viticulture*, 51(3), pp.249-261.
85. JONES, G.V., WHITE, M.A., COOPER, O.R., STORCHMANN, K. (2005): Climate change and glo-bal wine quality. *Climatic change*, 73(3), pp.319-343.
86. KARVONEN, J. (2020): Changes in the Grapevine's Growth Cycle in Southern Finland in the 2000s—Comparison between Two First Decades. *Clim. Chang.*, 6, 94–99.
87. KATAOKA, T.; KANEKO, T.; OKAMOTO, H.; HATA, S. (2003): Crop growth estimation system using machine vision. In Proceedings of the 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2003), Kobe, Japan, 20–24 July 2003; pp. b1079–b1083.
88. KAWASHIMA, S.; NAKATANI, M. (1998): An Algorithm for Estimating Chlorophyll Content in Leaves Using a Video Camera. *Ann. Bot.*, 81, 49–54.
89. KAZMI, W.; GARCIA-RUIZ, F.J.; NIELSEN, J.; RASMUSSEN, J.; JØRGEN ANDERSEN, H. (2015): Detecting creeping thistle in sugar beet fields using vegetation indices. *Comput. Electron. Agric.*, 112, 10–19
90. KELLER, M. (2010): *The science of grapevines*. Academic press. pp.400.
91. KENDAL, D., HAUSER, C.E., GARRARD, G.E., JELLINEK, S., GILJOHANN, K.M., MOORE, J.L. (2013): Quantifying plant colour and colour difference as perceived by humans using digital images. *PLoS one*, 8(8), p.e72296.
92. KIRÁLY, G., CZIRFUSZ, M., KOÓS, B., TAGAI, G., UZZOLI, A. (2017): Population projection for Hungary and its relation with climate change. *Europa XXI*, 32, pp.5-19.
93. KOCH, B.; OEHL, F. (2018): Climate Change Favors Grapevine Production in Temperate Zones. *Agric. Sci.*, 9, 247–263.
94. KOVÁCS, E.; PUSKÁS, J.; POZSGAL, A.; KOZMA, K. (2018): Shift in the Annual Growth Cycle of Grapevines (*Vitis vinifera* L.) in West Hungary. *Appl. Ecol. Env. Res.*, 16, 2029–2042.
95. KOZMA, P. (1967): *Szőlőtermesztés I*. Mezőgazdasági kiadó. Budapest. 7-53.
96. KOZMA, P. (1991): *A szőlő és termesztése I.: A szőlőtermesztés történeti, biológiai és ökológiai alapjai*. Akadémiai Kiadó. Budapest. pp.318.
97. KRIEDEMANN, P.E., SMART, R.E. (1971): Effects of irradiance, temperature, and leaf water po-tential on photosynthesis of vine leaves. *Photosynthetica*.
98. LANARI, V., PALLIOTTI, A., SABBATINI, P., HOWELL, G.S., SILVESTRONI, O. (2014): Optimizing deficit irrigation strategies to manage vine performance and fruit composition of field-grown 'Sangiovese' (*Vitis vinifera* L.) grapevines. *Scientia Horticulturae*, 179, pp.239-247.
99. LÁNG, F. (2007a): *Növényélettan – A növényi anyagcsere I*. Elte Ötvös Kiadó Kft. Budapest, Magyarország.
100. LÁNG, F. (2007b): *Növényélettan – A növényi anyagcsere II*. Elte Ötvös Kiadó Kft. Budapest, Magyarország.
101. LEPEJ, P., TARANYI, D., RAKUN, J., NAGY, B., STECKL, S., LUKÁCSY, G., MIKÓCZY, N., NYITRAINÉ SÁRDY, D.Á. AND BODOR-PESTI, P.

- (2024): The Effect of Irrigation on the Vineyard Canopy and Individual Leaf Morphology Evaluated with Proximal Sensing, Colorimetry, and Traditional Morphometry. *Horticulturae*, 10(7).
102. LEREBoullet, A.-L.; BELTRANDO, G.; BARDSLEY, D.K.; ROUVELLAC, E. (2014): The Viticultural System and Climate Change: Coping with Long-Term Trends in Temperature and Rainfall in Roussillon, France. *Reg. Environ. Chang.*, 14, 1951–1966.
 103. LEVY, E. B. & MADDEN, E. A. (1933): The point method of pasture analysis. *N.Z.jf. Agric*, 46, 267-79.
 104. LIGETVÁRI, F. (1984): A cseppenkénti öntözés hatása néhány szőlőfajta hozamára és minőségére. *Kertgazdaság*, 16/4, pp. 29-40.
 105. LIGETVÁRI, F., FERENCZY, A. (1984): A vízellátottság hatása a szőlő vízpotenciáljának változására. *A Kertészeti Egyetem közleményei*, 48, pp. 247-251.
 106. LÓPEZ-GRANADOS, F., TORRES-SÁNCHEZ, J., JIMÉNEZ-BRENES, F. M., ONEKA, O., MARÍN, D., LOIDI, M., SANTESTEBAN, L. G. (2020): Monitoring vineyard canopy management operations using UAV-acquired photogrammetric point clouds. *Remote Sensing*, 12(14), 2331.
 107. LOUHAICHI, M.; BORMAN, M.M.; JOHNSON, D.E. (2008): Spatially Located Platform and Aerial Photography for Documentation of Grazing Impacts on Wheat. *Geocarto Int.*, 16, 65–70.
 108. LOVISOLO, C., PERRONE, I., CARRA, A., FERRANDINO, A., FLEXAS, J., MEDRANO, H., SCHUBERT, A. (2010): Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) or-gans and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physio-logical and molecular update. *Functional plant biology*, 37(2), pp.98-116.
 109. LŐRINCZ, A., ZANATHY, G. (2015): *Szőlőtermesztés*. Mezőgazda kiadó. Budapest.
 110. MA, X., SANGUINET, K.A., JACOBY, P.W. (2020): Direct root-zone irrigation outperforms surface drip irrigation for grape yield and crop water use efficiency while restricting root growth. *Agricultural Water Management*, 231, p.105993.
 111. MAGALHÃES, S.C., CASTRO, L., RODRIGUES, L., PADILHA, T.C., DE CARVALHO, F., DOS SANTOS, F.N., PINHO, T., MOREIRA, G., CUNHA, J., CUNHA, M., SILVA, P. (2023): Toward grapevine digital ampelometry through vision deep learning models. *IEEE Sensors Journal*, 23(9), pp.10132-10139.
 112. MAO, W.; WANG, Y.; WANG, Y. (2003): Real-time Detection of Between-row Weeds Using Machine Vision. In Proceedings of the 2003 ASAE Annual International Meeting, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Las Vegas, NV, USA, 27–30 July 2003; p. 031004.
 113. MARTINEZ, M.C.; MANTILLA, J.L.G. (1995): Morphological and yield comparison between *Vitis vinifera* L. cv. Albariño grown from cuttings and from in vitro propagation. *Am. J. Enol. Vitic.*, 46, 195–203.
 114. MARTÍNEZ-LÜSCHER, J., MORALES, F., SÁNCHEZ-DÍAZ, M., DELROT, S., AGUIRREOLEA, J., GOMÈS, E. (2013): A mechanistic approach for improving the modeling of the seasonal dynamics of grapevine water status. *Plant, Cell & Environment*, 36(9), 1675-1688.

115. MATHEWS, A. J., JENSEN, J. L. (2013): Visualizing and quantifying vineyard canopy LAI using an unmanned aerial vehicle (UAV) collected high density structure from motion point cloud. *Remote sensing*, 5(5), 2164-2183.
116. MATTHEWS, M.A., M.M. ANDERSON. (1988): Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 39:313-320.
117. METZGER, J. (1827): *Der Rheinische Weinbau in Theoretischer Und Praktischer Beziehung*; August Oßwald: Heidelberg, Germany, p. 344.
118. MEUNKAEWJINDA, A., KUMSAWAT, P., ATTAKITMONGCOL, K., SRIKAEW, A. (2008): May. Grape leaf disease detection from color imagery using hybrid intelligent system. In 2008 5th international conference on electrical engineering/electronics, computer, telecommunications and information technology (Vol. 1, pp. 513-516). IEEE.
119. MEYER, G.E.; MEHTA, T.; KOCHER, M.F.; MORTENSEN, D.A.; SAMAL, A. (1998): Textural Imaging and Discriminant Analysis for Distinguishing weeds for Spot Spraying. *Trans. Asae*, 41, 1189–1197
120. MIRÁS-AVALOS, J.M., BUESA, I., LLACER, E., JIMÉNEZ-BELLO, M.A., RISCO, D., CASTEL, J.R., INTRIGLIOLO, D.S. (2017): Water versus source–sink relationships in a semiarid tempranillo vineyard: vine performance and fruit composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68(1), pp.11-22.
121. MULLINS, M.G., BOUQUET, A., WILLIAMS, L.E. (1992): *Biology of the grapevine*. Cambridge University Press. pp.239.
122. MUNITZ, S., SCHWARTZ, A., NETZER, Y. (2020): Effect of timing of irrigation initiation on vegetative growth, physiology and yield parameters in Cabernet Sauvignon grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26(3), pp.220-232.
123. MULUGETA ANELEY, G., HAAS, M. AND KÖHL, K. (2023): LIDAR-based phenotyping for drought response and drought tolerance in potato. *Potato Research*, 66(4), pp.1225-1256.
124. NADAL, M., AROLA, L. (1995): Effects of limited irrigation on the composition of must and wine of Cabernet Sauvignon under semi-arid conditions. *Vitis*, 34(3), pp.151-154.
125. NEETHLING, E.; BARBEAU, G.; BONNEFOY, C.; QUÉNOL, H. (2012): Change in Climate and Berry Composition for Grapevine Varieties Cultivated in the Loire Valley. *Clim. Res.*, 53, 89–101.
126. NÉMETH, M. (1967): *Ampelográfiai album*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp.235.
127. OIV (2009): *Descriptor List for Grape Varieties and Vitis Species*; 2nd ed. Office International de la Vigne et du Vin: Paris, France, 177.
128. OIV (2015): <https://www.oiv.int/public/medias/2274/code-2e-edition-finale.pdf> Megtekintés: 2024. 09. 03.
129. OIV, (2023): <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics> Megtekintés: 2024. 09. 05.
130. OLLAT, N., VAN LEEUWEN, C., DE CORTAZAR ATAURI, I.G., TOUZARD, J.M. (2017): The challenging issue of climate change for sustainable grape and wine production. *Oeno One*, 51(2), pp.59-60.
131. OMSZ, ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT, (2020): https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/ Megtekintés: 2024. 08. 02.

132. OMSZ, ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT, (2022): https://www.met.hu/ismerettar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3198&hir=Szarazsag_Magyarorszagon_2022-ben_es_a_multban Megtekintés: 2024. 08. 20.
133. ORLANDO, F., MOVEDI, E., CODUTO, D., PARISI, S., BRANCADORO, L., PAGANI, V., GUARNERI, T., CONFALONIERI, R. (2016): Estimating leaf area index (LAI) in vineyards using the PocketLAI smart-app. *Sensors*, 16(12), p.2004.
134. PAGLIAI, A., AMMONIACI, M., SARRI, D., LISCI, R., PERRIA, R., VIERI, M., KARTSIOTIS, S. P. (2022): Comparison of aerial and ground 3D point clouds for canopy size assessment in precision viticulture. *Remote Sensing*, 14(5), 1145.
135. PALLEJA, T. AND LANDERS, A.J. (2017): Real time canopy density validation using ultrasonic envelope signals and point quadrat analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 134, pp.43-50.
136. PÉREZ-ÁLVAREZ, E.P., MOLINA, D.I., VIVALDI, G.A., GARCÍA-ESPARZA, M.J., LIZAMA, V., ÁLVAREZ, I. (2021): Effects of the irrigation regimes on grapevine cv. Bobal in a Mediterranean climate: I. Water relations, vine performance and grape composition. *Agricultural Water Management*, 248, p.106772.
137. PISCIOTTA, A., DI LORENZO, R., SANTALUCIA, G., BARBAGALLO, M.G. (2018): Response of grapevine (Cabernet Sauvignon cv) to above ground and subsurface drip irrigation under arid conditions. *Agricultural Water Management*, 197, pp.122-131.
138. PONI, S., GALBIGNANI, M., MAGNANINI, E., BERNIZZONI, F., VERCESI, A., GATTI, M. ÉS MERLI, M.C. (2014): The isohydric cv. Montepulciano (*Vitis vinifera* L.) does not improve its whole-plant water use efficiency when subjected to pre-veraison water stress. *Scientia Horticulturae*, 179, pp.103-111.
139. PONI, S., REBUCCI, B., MAGNANINI, E., INTRIERI, C. (1996): Preliminary results on the use of a modified point quadrat method for estimating canopy structure of grapevine training systems. *Vitis*, 35(1), 23-28.
140. RAVAZ, L. (1902): Les Vignes Americaines: Porte-Greffes et Producteurs Directs (Caracteres Aptitudes); Coulet et Fils, Éditeurs: Montpellier, France, p. 390.
141. PÔÇAS, I., RODRIGUES, A., GONÇALVES, S., COSTA, P.M., GONÇALVES, I., PEREIRA, L.S., CUNHA, M. (2015): Predicting grapevine water status based on hyperspectral reflectance vegetation indices. *Remote sensing*, 7(12), pp.16460-16479.
142. REYNOLDS, A. G., EDWARDS, C. G., WARDLE, D. A., WEBSTER, D. R., DEVER, M. (1994a): Shoot Density Affects Riesling Grapevines I. Vine Performance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(5), 874-880.
143. REYNOLDS, A. G., EDWARDS, C. G., WARDLE, D. A., WEBSTER, D., DEVER, M. (1994b): Shoot Density Affects Riesling Grapevines II. Wine Composition and Sensory Response. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(5), 881-892.
144. REYNOLDS, A.G., A.P. NAYLOR. (1994): Pinot noir and Riesling grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. *HortScience*, 29:1505-1510.

145. REYNOLDS, A.G., J. SCHLOSSER, R. POWER, R. ROBERTS, J. WILLWERTH, C. DE SAVIGNY. (2007): Magnitude and interaction of viticultural and enological effects. I. Impact of canopy management and yeast strain on sensory and chemical composition of Chardonnay musqué. *Am. J. Enol. Vitic.* 58:12-24
146. RICCARDI, M., MELE, G., PULVENTO, C., LAVINI, A., D'ANDRIA, R. JACOBSEN, S.E. (2014): Non-destructive evaluation of chlorophyll content in quinoa and amaranth leaves by simple and multiple regression analysis of RGB image components. *Photosynthesis research*, 120(3), pp.263-272.
147. ROGIERS, S.Y., GREER, D.H., HUTTON, R.J., LANDSBERG, J.J. (2009): Does night-time transpiration contribute to anisohydric behaviour in a *Vitis vinifera* cultivar?. *Journal of Experimental Botany*, 60(13), pp.3751-3763.
148. SABERIOON, M.M.; AMIN, M.S.M.; ANUAR, A.R. (2014): Gholizadeh, A.; Wayayok, A.; Khairunniza-Bejo, S. Assessment of rice leaf chlorophyll content using visible bands at different growth stages at both the leaf and canopy scale. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 32, 35–45.
149. SALMA, I. (2006): A légköri aeroszol szerepe a globális éghajlatváltozásban. Magyar tudomány. *MTA folyóirata*. Budapest. 167 (2) 205-211.
150. SÁNCHEZ-SASTRE, L.F., ALTE DA VEIGA, N.M., RUIZ-POTOSME, N.M., CARRIÓN-PRIETO, P., MARCOS-ROBLES, J.L., NAVAS-GRACIA, L.M., MARTÍN-RAMOS, P. (2020): Assessment of RGB vegetation indices to estimate chlorophyll content in sugar beet leaves in the final cultivation stage. *AgriEngineering*, 2(1), pp.128-149.
151. SANG, W.G.; KIM, J.H.; BAEK, J.K.; KWON, D.; BAN, H.Y.; CHO, J.I.; SEO, M.C. (2021): Detection of drought stress in soybean plants using RGB-based vegetation indices. *Korean J. Agric. For. Meteorol.*; 23, pp. 340-348.
152. SCHOLASCH, T. AND RIENH, M. (2019): Review of water deficit mediated changes in vine and berry physiology: consequences for the optimization of irrigation strategies. *Oeno One*. 3, 423-444.
153. SCHULTZ, H.R., (2003). Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell & Environment*, 26(8), pp.1393-1405.
154. SCHULTZ, H.R., MATTHEWS, M.A. (1993): Growth, osmotic adjustment, and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. *Crop science*, 33(2), pp.287-294.
155. SERRA, I., STREVER, A., MYBURGH, P.A. AND DELOIRE, A. (2014): The interaction between rootstocks and cultivars (*Vitis vinifera* L.) to enhance drought tolerance in grapevine. *Australian Journal of grape and wine Research*, 20(1), pp.1-14.
156. SHAULIS, N., SMART, R.E. (1974): September. Grapevine canopies: management, microclimate and yield responses. In Proceedings XIX International Horticultural Congress, Warsaw, Poland (Vol. 3, pp. 255-265).
157. SMART, R.E. (1998): Vineyard irrigation breakthrough? Partial root-zone drying. *Pract. Winery Vineyard* 18(6):60-61.
158. SMART, R.E., B.G. COOMBE. (1983): Water relations of grapevines. In *Water Deficits and Plant Growth*. T.T. Kozłowski (Ed.), pp.137-196. Academic Press, New York.

159. SMART, R.E., DICK, J.K., GRAVETT, I.M., FISHER, B.M. (1990): Canopy management to improve grape yield and wine quality-principles and practices. *South african journal of Enology and Viticulture*, 11(1), pp.3-17.
160. 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), pp.2-12.
161. SU, Y., WU, F., AO, Z., JIN, S., QIN, F., LIU, B., PANG, S., LIU, L., GUO, Q. (2019): Evaluating maize phenotype dynamics under drought stress using terrestrial lidar. *Plant methods*, 15, pp.1-16.
162. SZURÓCZKI, Z. (1958): Az előző évi időjárás és a szőlőtermés mennyisége. *Kertészet és Szőlészet*, 7/7, pp. 10-11.
163. TARANYI, D., MIKÓCZY, N., DEÁK, T., VARGA, Z., NYITRAINÉ SÁRDY, D.A., BODOR-PESTI, P. (2023): August. The effect of irrigation on the bud fruitfulness of the grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivar Hárslevelű. In XIII International Conference on Grapevine Breeding, Genetics and Management 1385 (pp. 175-180).
164. 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*, pp.419-432.
165. TERSÁNCZKI, J. (1865): *Oenologia Azaz: Irányt adó Kalauz*; Markbreiter, J., Ed.; Fischel F. Print: Nagy-Kanizsa, Hungary, p. 108.
166. TOMASI, D.; JONES, G.V.; GIUST, M.; LOVAT, L.; GAIOTTI, F. (2011): Grapevine Phenology and Climate Change: Relationships and Trends in the Veneto Region of Italy for 1964–2009. *Am. J. Enol. Vitic.*, 62, 329–339.
167. TUCKER, C.J. (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), pp.127-150.
168. TURC, L. (1961): Évaluation des en enn d' Irrigation evapotranspiration potentielle. *Ann. Agronom.*12/F. Paris.
169. UNDERHILL, A.N., HIRSCH, C.D., CLARK, M.D. (2020): Evaluating and mapping grape color using image-based phenotyping. *Plant Phenomics*, Vol2020.
170. VAN LEEUWEN, C., DARRIET, P. (2016): The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), pp.150-167.
171. VAN LEEUWEN, C., TRÉGOAT, O., CHONÉ, X., BOIS, B., PERNET, D. AND GAUDILLÈRE, J.P. (2009): Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes?. *Oeno One*, 43(3), pp.121-134.
172. VAN ZYL, J.L. (1984): Response of Colombar grapevines to irrigation as regards quality aspects and growth. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 2:83-89.
173. VIBHUTE, A., BODHE, S.K., MORE, B.M. (2014): Wavelength based nitrogen estimation of grapes using rgb color images. *World Res J Eng Technol*, 3, pp.38-40.
174. WAMPLE, R.L. (1997): When Understanding Irrigation—Many things are to be consi-dered!. *Vineyard & Winery Mgmt* (Nov-Dec), 72, pp.1-7.
175. WANG, Z.X., CHEN, L., AI, J., QIN, H.Y., LIU, Y.X., XU, P.L., JIAO, Z.Q., ZHAO, Y., ZHANG, Q.T. (2012): Photosynthesis and activity of photosystem II

- in response to drought stress in Amur Grape (*Vitis amurensis* Rupr.). *Photosynthetica*, 50(2), pp.189-196.
176. WHEELER, S.J., BLACK, A.S. AND PICKERING, G.J. (2005): Vineyard floor management improves wine quality in highly vigorous *Vitis vinifera* 'Cabernet Sauvignon' in New Zealand.
 177. WILLIAMS, L.E., AND D.W. GRIMES. (1987): Modeling vine growth: Development of a data set for a water balance subroutine. In Proceedings of the 6th Australian Wine Industry Technical Conference. T. Lee (Ed.), pp.169-174. Australian Industrial Publishing, Adelaide.
 178. WILLIAMS, L.E., AND M.A. MATTHEWS. (1990): Grapevine. In Irrigation of Agricultural Crops. B.A. Stewart and D.R. Nelson (Eds.), pp.1019-1055. *Am. Society of Agronomy*, Madison, WI.
 179. WILLIAMS, L.E.; ARAUJO, F.J. (2002): Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*; 127, pp. 448-454.
 180. WILSON, J.W. (1959): Analysis of the spatial distribution of foliage by two-dimensional point quadrats. *New phytologist*, 58(1), pp.92-99.
 181. WINKLER, A.J. (1974): *General viticulture*. University of California Press.
 182. WOEBBECKE, D.M.; MEYER, G.E.; VON BARGEN, K.; MORTENSEN, D.A. (1995): Color Indices for Weed Identification Under Various Soil, Residue, and Lighting Conditions. *Trans. Asae*, 38, 259–269.
 183. WOLFE, D.W., SCHWARTZ, M.D., LAKSO, A.N., OTSUKI, Y., POOL, R.M., SHAULIS, N.J. (2005): Climate change and shifts in spring phenology of three horticultural woody perennials in northeastern USA. *International Journal of Biometeorology*, 49, pp.303-309.
 184. XU, G., ZHANG, F., SHAH, S.G., YE, Y., MAO, H. (2011): Use of leaf color images to identify nitrogen and potassium deficient tomatoes. *Pattern Recognition Letters*, 32(11), pp.1584-1590.
 185. ZILAI, J. (1994): Zsendülésig öntözhetünk. *Kertészet és Szőlészet*, 1994/30, pp. 18.
 186. ZSOLDOS, Z., FEKETE, GY. (1988). Öntözéssel eredményesebben. *Kertészet és Szőlészet*, 37/31, pp.8.
 187. ZHOU, X., ZHENG, H.B., XU, X.Q., HE, J.Y., GE, X.K., YAO, X., CHENG, T., ZHU, Y., CAO, W.X., TIAN, Y.C. (2017): Predicting grain yield in rice using multi-temporal vegetation indices from UAV-based multispectral and digital imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 130, pp.246-255.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, dr. Bodor-Pesti Péternek, aki észrevételeivel és tanácsaival segítette munkámat, doktori előmeneteletemet.

Dr. Mikóczy Nárcisznak, aki lehetővé tette a kutatás létrejöttét, és biztosította számunkra a vizsgálatok helyszínét. Valamint jótanácsaiért, mindenkori kedvességéért és segítőkészségéért.

Dr. Varga Zsuzsannának, aki szakmailag is barátilag is segítette munkámat.

Nyitrai dr. Sárdy Diánának, a MATE Budai Campus főigazgatójának, valamint a Szőlészeti és Borászati Intézet vezetőjének, aki mindvégig támogatta és segítette munkánkat.

Továbbá, Dr. Baranyai Lászlónak, Várady Gyulának, a maribori egyetem kollégáinak a megbízható szakmai segítségükért.

Kocsis Dorottyának, és valamennyi, a kutatásban segítő hallgatónak.

A Szőlészeti és Borászati Intézet valamennyi munkatársának.

Dr. Bálo Borbálának, aki még BsC-s hallgatóként elindított a szőlészeti pályán, és aki nélkül az egész kutatás el sem indulhatott volna.

Végezetül családomnak, szeretteimnek és barátaimnak, akik a legnehezebb időszakokban is végig mellettem álltak, biztattak, hogy ne adjam fel, és mindvégig hittek bennem, hogy meg tudom csinálni. Külön köszönöm testvéremnek, Taranyi Baláznak.

11. MELLÉKLETEK

1. melléklet: A vizsgálatokba bevont RGB alapú vegetációs és színindexek képletei.

Színindex	Formula
R	Red (0-255)
G	Green (0-255)
B	Blue (0-255)
r	$R/(R+G+B)$
g	$G/(R+G+B)$
b	$B/(R+G+B)$
R-G	
R-B	
G-B	
(R-G)/(R+G)	
(R-B)/(R+B)	
(G-B)/(G+B)	
(R-G)/(R+G+B)	
(R-B)/(R+G+B)	
(G-B)/(R+G+B)	
RGRI	R/G
GLI	$(2G-R-B)/(2G+R+B)$
VARI	$(G-R)/(G+R-B)$
I_{PCA}	$0.994 R-B +0.961 G-B +0.914 G-R $
ExR	$1.4r - g$
ExB	$1.4b - g$
ExG	$2g - r - b$
ExGR	$ExG - ExR$
Gray	$0.2898r + 0.5870g + 0.1140b$
CIVE	$0.441R-0.811G+0.385B+18.78$
PCA1	$-0.977b + 0.916((G-B)/(G+B)) +$ $0.995((R-B)/(R+B)) + 0.771$ $((R-G)/(R+G))$
PCA2	$0.999 R-B + 0.92 G-B +$ $0.886 R-G $

I1	R + G – 2B
SLR1	$-60430 - 0.7316B + 69680b + 112800g + 28270((G-B)/(G+B)) - 23890((R-B)/(R+B)) + 68380((R-G)/(R+G))$
SLR2	$-46240 - 2.678B + 1.05G + 52570b + 87420g + 20720((G-B)/(G+B)) - 18240((R-B)/(R+B)) + 52500((R-G)/(R+G))$
SLR3	$-25373 + 30106b + 46539g + 12776((G-B)/(G+B)) - 10507((R-B)/(R+B)) + 28821((R-G)/(R+G))$
SLR4	$-44312 + 51689b + 81995g + 21751((G-B)/(G+B)) - 18156((R-B)/(R+B)) + 50425((R-G)/(R+G))$
SLR5	$-41048 + 46964b + 76841g + 19998((G-B)/(G+B)) - 17173((R-B)/(R+B)) + 47162((R-G)/(R+G))$
I2	$0.55 + 11.4((G-B)/(G+B)) - 12.5((R-B)/(R+B)) + 9((R-G)/(R+G))$