DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Kovács Barnabás Zoltán

Keszthely

2021

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szőlőültetvények rizoszférájának biológiai és agrokémiai, -fizikai jellemzése az alkalmazott talajművelési eljárásokkal összefüggésben

Kovács Barnabás Zoltán

Keszthely

2021

A doktori iskola

megnevezése: Festetics Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok

vezetője: Dr. Anda Angéla D.Sc.

egyetemi tanár, MTA doktora

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet

Témavezetők: Dr. Biró Borbála D.Sc.

egyetemi tanár, MTA doktora

Dr. Kocsis László D.Sc.

egyetemi tanár, MTA doktora

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

.....	.....	.....
Az iskolavezető jóváhagyása	A témavezető jóváhagyása	A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. KIVONATOK 5
1.1. Összefoglaló 5
1.2. Abstract 6
Az értekezésben előforduló rövidítések és kódok 7
2. BEVEZETÉS és CÉLKITŰZÉS 8
2.1. Célkitűzések 9
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 10
3.1. A szőlő és gyökérzete 10
3.1.1. A rizoszféra és működése 12
3.2. A talaj-növény rendszer élőlényei, az edafon 13
3.2.1. A szőlő rizoszféra gombaközössége 15
3.2.2. A szőlő rizoszféra baktérium közössége 16
3.2.3. A szőlő rizoszféra fonálféreg közössége 18
3.3. Az egészséges, szuppresszív talaj fogalma és vizsgálata 19
3.4. A művelési eljárások potenciális hatásai a szőlő rizoszféra közösségére 22
3.5. A rizoszféra vizsgálati módszereinek a megválasztása 23
4. ANYAG és MÓDSZER 25
4.1. Mintavételi területek 25
4.1.1. Badacsonyi Borvidék 25
4.1.2. Talajművelési eljárások összevetése – 'Hajagos-hegy' 27
4.1.3. Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony' 31
4.1.4. Talajművelési intenzitás összehasonlítása – 'Szent György-hegy' 33
4.2. A mintavételi pontok meghatározása 35
4.3. A mintavételek ütemezése 36
4.4. Talajfizikai és kémiai vizsgálatok 36
4.4.1. Talaj mechanikai összetétel 36
4.4.2. Kvarchomok tartalom – filoxéra immunitás meghatározása 37
4.4.3. A talaj aktuális nedvességtartalmának és térfogattömegének vizsgálata 38
4.4.4. Talajnedvesség és felszínközeli hőmérséklet monitoring 39
4.4.5. Talaj vízvisszatartó képessége (pF) 42
4.4.6. Aggregátumstabilitás 43
4.4.7. Penetrációs ellenállás 45
4.4.8. Bővített talaj- és növényanalízis - akkreditált vizsgálatsor 45
4.5. Talajbiológiai vizsgálatok 46
4.5.1. Az enzimaktivitások mérése 46
4.5.2. Tenyésztéses mikológiai vizsgálatok 47

4.5.3. Molekuláris diagnosztikai vizsgálat tiszta tenyészetekből vett mintákon 47
4.5.4. Újgenerációs shotgun metagenomikai vizsgálatok 49
4.6. Meteorológiai adatrögzítés 50
4.7. Szüreti paraméterek felvételezése 50
4.8. Adatfeldolgozás, statisztikai analízisek 50
5. EREDMÉNYEK és ÉRTÉKELÉSÜK 52
5.1. Az ültetvények talajművelési eljárásoktól független talajfizikai adottságai 52
5.1.1. Talajtextúra 52
5.1.2. Meteorológiai adottságok 55
5.2. Talajművelési eljárások hatása a szőlő rizoszféra biotikus/abiotikus tényezőire – 'Hajagos-hegy' 57
5.2.1. Abiotikus tulajdonságok és a talajművelés 57
5.2.2. Biotikus tulajdonságok és a talajművelés 61
5.3. Eróziónak kitett ültetvény sorköztakarási és talajművelési eredményei 69
5.3.1. Abiotikus viszonyok alakulása eróziós területen 69
5.3.2. Biotikus viszonyok alakulása eróziós terület kezeléseinél 76
5.3.3. Termésátlagok és termés minőség 80
5.4. Talajművelési intenzitás összehasonlítása – 'Szent György-hegy' 81
5.4.1. Az abiotikus tulajdonságok alakulása 81
5.4.2. A biotikus tulajdonságok alakulása 82
6. KÖVETKEZTETÉSEK és JAVASLATOK 87
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 92
8. NEW SCIENTIFIC RESULTS 93
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 94
M1. IRODALOMJEGYZÉK 95
Mellékletek 113

1. KIVONATOK

1.1. **Összefoglaló**

Kutatómunkám során a különböző művelési, talajtakarási, -fedési eljárások hatásainak az összehasonlító értékelését végeztem. A dolgozatban bemutatott eredmények a szőlő gyökérrendszer (rizoszféra) abiotikus és biotikus tényezőinek hatására vonatkozó ismereteink bővítéséhez járulnak hozzá, figyelembe véve a modern molekuláris biológiai eszköztár nyújtotta lehetőségeket. Az eredmények olyan következtetések levonását alapozzák meg, amelyek segíthetik a szőlőtermelőket ökonómiai és ökológiai szempontból is előnyös(ebb) gazdálkodás, talajművelés kialakítására. **Vizsgáltuk**, hogy a (talaj)művelési eljárások befolyásolják-e a potenciális patogén gombák összetételét, közösséghez viszonyított arányát. Ezek ismeretében következtetéseket vontunk le a talaj egészségi állapotáról és patogén-elnyomó képességéről. Vizsgáltuk az élő, biotikus paramétereket befolyásoló: műveléstől függő és független abiotikus (élettelen) környezeti tényezőket is, hogy megismerjük a talaj komplex rendszerében a közvetlenül vagy közvetett módon ható legfontosabb tényezőket. A különböző vizsgálatok eredményeit statisztikai módszerekkel értékeltük.

Eredményeink szerint az integrált (I) kezelés az ökológiai (Ö) és biodinamikus (B) kezelésekhez viszonyítva, az erősebb talajbolygatás miatt csökkentette a talajok aggregátum-stabilitását és az annak növelésében szerepet játszó mikroorganizmusok, így a gombák számát is; főleg a stabil makro-aggregátumok arányát. A szimbionta gombák az eróziónak kitett ültetvényben a takarónövényekkel is stabilizált, így nagyobb tömegű gyökérzettel rendelkező kezelésekben nagyobb előfordulást (abundanciát) mutattak. Az intenzív talajbolygatás módosítja a gombaközösségekben a különböző ökológiai funkciót betöltő csoportok egymáshoz viszonyított arányát és ezáltal csökkenhet a szőlő rizoszféra patogén-elnyomó, szuppresszív képessége. A talajszellőztetés a diszponibilis víztartalom értékeit javította a lazított (L) talajmintákban, mindkét vizsgált mélységben. Ez a kezelés a szőlő számára több felvehető nedvességtartalmat biztosított. A talaj tömörödöttsége a talajszellőztetés elsődleges hatásaként várt alacsonyabb talajellenállás értékeket vizsgálva azonban nem csökkent a kezelések többségénél. A gombaközösségek konvencionális ismereteinek az új molekuláris eredményekkel történő kiegészítése bővíti a talajok egészségi állapotára vonatkozó adatbázisok pontosságát és kiterjedtségét, és ezáltal elősegíti a gazdálkodói gyakorlatba való felhasználhatóságát. Az agrárökoszisztémák fenntarthatósága felé tett vitathatalanul fontos lépések a gyakorlatban, a kutatói szféra ilyen irányú adatszolgáltatására támaszkodhatnak.

1.2. **Abstract**

In the course of my research, I carried out a comparative evaluation of the effects of different cultivation, land cover and cover methods. The results presented in the dissertation contribute to the expansion of our knowledge about the influence of abiotic and biotic factors of the grape root system (rhizosphere), taking into account the possibilities provided by the modern molecular biology toolkit. The results provide a basis for drawing conclusions that can help wine growers to develop economically and ecologically advantageous (e) farming and tillage. **We examined** whether (soil) cultivation practices influence the composition and proportion of potential pathogenic fungi in relation to the community. Knowing these, we wanted to draw conclusions about the health status of the soil and its ability to suppress pathogens. We also examined cultivated and independent abiotic (non-living) environmental factors influencing living, biotic parameters in order to understand the most important factors in the soil complex system that act directly or indirectly. The results of the various studies were evaluated by modern mathematical statistical methods in comparison with the knowledge of the literature.

Our results show that integrated (I) treatment, compared to organic (Ö) and biodynamic (B) treatments, reduced the aggregate stability of soils and the number of microorganisms, including fungi, involved in its increase due to stronger soil disturbance; especially the ratio of stable macro-aggregates. Symbiont fungi showed a stronger abundance in treatments with cover crops stabilized with cover plants in the eroded site, except where the grapevines, due to their deeper rooting ability (in the absence of competition for other plants, nutrients and water), supported the cooperation stronger. Intensive soil disturbance modifies the relative proportions of groups with different ecological functions in fungal communities and thus may reduce the pathogen-suppressive capacity, suppressivity of the grapevine rhizosphere. Soil aeration improved the values of disposable water content in the loosened (L) soil samples at both depths studied. The treatment provided the soil with more absorbable moisture for the plant; however, the compaction of the soil did not decrease in long term when the lower soil resistance values expected as the primary effect of soil aeration. Complementing the conventional knowledge of fungal communities with new molecular biology results supports the application in practice of environmentally friendly cultivation methods to develop healthy soil-vine-environment systems.

Az értekezésben előforduló rövidítések és kódok

- A = Biológiai vizsgálatokhoz a mintavételi talajszint: 30-50 cm mélység, fizikai vizsgálatokhoz a mintavételi talajszint: 30-60 cm mélységű
- at. = Arányeltolódás
- B = Biodinamikus művelésmód
- BU = Búza (vetett, időszakos talajtakaró növényzet)
- DHA = Dehidrogenáz enzimaktivitás
- EXT = Extenzív talajművelési eljárás
- F = Biológiai vizsgálatokhoz a mintavételi talajszint: 10-30 cm mélység, fizikai vizsgálatokhoz mintavételi talajszint: 0-30 cm mélységű
- FAC = Facéliával (mézontófű) vetett sorköztakaró növényzet
- FEL = Művelés alól felhagyott ültetvény
- FES = *Festuca* (csenkesz) félékkel vetett sorköztakaró növényzet
- FDA = Fluoreszcein diacetát enzimaktivitás
- I = Integrált művelésmód
- INT = Intenzív talajművelési eljárás
- L = Lazított-szellőztetett talajú terület
- M = Melléklet (utána sorszámmal jelölve a mellékletben szereplő ábra, táblázat száma)
- MEC = Mechanikai sorközművelés
- NL = Nem lazított-szellőztetett talajú terület
- Ö = Ökológiai művelésmód
- PILL = Pillangós keverékkel vetett sorköztakaró növényzet
- Sor = Szőlősor
- Sorköz = Szőlősorköz
- TAK = Takarás (sorköz takarása elhalt növényi szerves anyaggal)
- TER = Természetes talajtakaró növényzet
- TRI = Tritikálé (vetett, időszakos talajtakaró növényzet)

2. BEVEZETÉS és CÉLKITŰZÉS

Napjainkban az Európai Unió mezőgazdasághoz kapcsolódó hatásvizsgálatainak fő irányai, a talajok biodiverzitására, használhatóságának és állapotának a fenntarthatóságára összpontosítanak a LUCAS és CORINE adatbázisok segítségével. Fő célként merült fel, hogy megismerjük a termőföld-gazdálkodás fenntarthatóságra gyakorolt hatásait úgy, hogy ezen információk támogassák a politikai döntéshozókat és a KAP-rendszer (Közös Agrár-Politika) eredményes megtervezését, alkalmazását (Bai et al., 2018; Bianchi et al., 2013; Pe'er et al., 2020; Stankovics et al., 2020). A növénytermesztők számára a gyökérrendszer talajhoz kapcsolódó része, a rhizoszféra (továbbiakban rizoszféra), melynek működése alapvetően meghatározza a növények fejlődését, a növekedés dinamikáját, a mennyiségi és a minőségi tulajdonságok alakulását. Működésének ismerete elengedhetetlen az okszerű, precíz és fenntartható gazdálkodási formák megválasztásához (Bouma et al., 1999). Ezt az összetett talaj-növény-mikroba rendszert feltáró kutatások azonban nem eléggé kiterjedtek, leginkább csak egy bizonyos kapcsolatra, összefüggésre fókuszálnak és a multifaktoriális rendszer tényezői közötti kölcsönhatások értékelésére nem fordítanak elég hangsúlyt. A szőlőültetvények rizoszférájának mikrobiális közössége jelenleg is intenzív kutatás alatt áll (Döring et al., 2019; Mendes et al., 2013), de még mindig nem világos, hogy az alkalmazott talajművelési módszerek hogyan változtatják meg a talaj élőlény-közösségek szerkezetét, összetételét és a biodiverzitás szintjét (Hernandez & Menéndez, 2019; Huber et al., 2009; Pancher et al., 2012).

A szőlőültetvények felszínalatti kórokozókkal szembeni kitettsége a szükségesnél kevesebb figyelmet kap mind a gazdálkodók, mind a kutatók részéről, így a talaj kórokozó szervezeteinek jelenléte és aránya a teljes élőlény-közösségen belül (az edafonban) kevéssé ismert. Egyes agrotechnikai eljárások, amelyek mechanikai talajbolygatással járnak gyökérsebzéseket okoznak, ezzel jelentős felületet biztosítanak a kórokozók bejutásához a növényi szövetekbe (Feliciano & Gubler, 2001; Willsey et al., 2017). A filoxéra (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch), (amely világszerte a legjelentősebb kártevője a nem immunis talajon telepített szőlőültetvényeknek), vagy a növény-táplálkozású nematodák károsítása a jelenlegi álláspont szerint nem a gyökértetű táplálkozásának vagy a nematoda szájszurony okozta sebzés miatt, hanem elsősorban az azokon keresztül bejutó gombák kórokozásának az eredményeként vezethet el a tőkék végső pusztulásához (Granett et al., 2001; Huber et al., 2009; Zhang et al., 2020). A felismerést követően a kutatások a gombaközösségek összetételére (Granett et al., 1998), a patogén törzsek arányára (Edwards et al., 2007) és elsősorban a megelőző eljárásokra (Vincent et al., 2003) összpontosítottak. Ilyen eljárás például a talaj fertőtlenítése a telepítés előtt, a nagyobb rezisztenciájú alanyok (pl.: Teleki 5C,

Fercal) alkalmazása, vagy az elhalt növényi részek elégetése; a területről történő elvitele a talajba forgatás helyett.

Kutatási tervem összeállításakor a fentiek tükrében azt a feladatot fogalmaztam meg, hogy

- **adatokat gyűjtsek** a Balatoni Borrégió több, eltérő talajtípussal rendelkező és eltérő művelési módszerrel művelt szőlőültetvényeiről. Cél volt továbbá, hogy a talaj fizikai-kémiai paramétereit vizsgáló „bővített" agrokémiai vizsgálatokat kiterjedtebb és **hiánypótló biológiai vizsgálatokkal egészítsük ki.**

A **művelési eljárások talajra gyakorolt hatásainak felderítése** mint többfázisú közegre és annak élő-közösségére, lehetőséget ad javaslatok megfogalmazására, ökonómiai és ökológiai szempontból is előnyös(ebb) gazdálkodási, talajművelési gyakorlatok kialakítására.

2.1. **Célkitűzések**

A fentiek alapján célul tűztem ki az alábbi hatások vizsgálatát:

- A <u>különböző intenzitású művelés</u> eltérő mértékű talajbolygatással jár. Ez befolyásolja-e a szőlő gyökértömegének legjelentősebb részét magába foglaló 10-60 cm-es talajzóna fizikai, kémiai és biológiai jellemzőit?
- A szőlőültetvények sorközeiben alkalmazott különböző <u>talajtakarási</u>, művelési gyakorlatok befolyásolják-e az adott terület eróziónak való kitettségét, talajának fizikai, kémiai és biológiai paramétereit?
- Egy innovatív magyar találmány a „<u>talajszellőztető</u>" gép, mely a feltalaj bolygatása nélkül képes az ültetvényekben lazább és levegőben gazdagabb közeg kialakítására (60 cm-es mélységben), vajon milyen változásokat képes okozni rövid és hosszabb távon, amellett, hogy a hajszálgyökerek „metszését" is elvégzi? A hatást egy általunk beállított kísérletben tanulmányozzuk közvetett módszerekkel a rizoszféra mikroorganizmusainak a fajösszetételére és a fizikai-, agrokémiai tulajdonságok alakulására.
- Az egyes kezelések és művelési eljárások befolyásolják a szőlő gyökérrendszer gomba és baktérium közösségeinek <u>faji diverzitását és működését</u>. A rizoszféra tulajdonságokat konvencionális és 21. századi technológiai színvonalú laboratóriumi vizsgáló módszerekkel és az ezek értékelését segítő statisztikai, bioinformatikai elemzésekkel kiértékelve reményeink szerint gyakorlati alkalmazásra vonatkozóan is megfogalmazhatunk javaslatokat.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A szőlő és gyökérzete

A szőlőt **vegetatív módon**, rüggyel rendelkező szárrész felhasználásával, oltványok vagy dugványok formájában szaporítják. A klasszikus nemesítés során a nemesítők a szőlőt **generatív úton**, magról szaporítják, melynek során karógyökér fejlődik a csíranövény gyököcskéjéből. Az oltványok, a gyökérnemes dugványok talajba kerülésükkor járulékos gyökérrendszert fejlesztenek, másodlagos, harmadlagos, illetve további rendű elágazódásai alkotják a szőlő gyökérrendszerét (Kozma, 1993; Lőrincz et al., 2015).

A szőlő gyökérzete három gyökérzónára tagolható:

- talpgyökerek,
- oldalgyökerek,
- harmatgyökerek.

A **talpgyökerek** tömege felülmúlja az oldal- és harmatgyökerekét. A talajfelszín felett kialakulhatnak léggyökerek, melyek ha a talajba hatolnak a harmatgyökerekkel azonos jellegűekké válnak (Lőrincz et al., 2015). A szőlő gyökerei főként a talaj felső, kb. 20–60 cm-es rétegét hálózzák be, 1,5–2,0 m-nél mélyebbre, a gyökértörzstől akár 3–4 méternél is távolabbra csak ritkán hatolnak le (Lőrincz et al., 2015; Smart et al., 2006).

A **gyökérrendszer** elhelyezkedését befolyásoló számos tényező közül a legfontosabbak:

- a faj-, fajtasajátosságok (a filoxérafertőzésre való fogékonyság is eltérő mértékű) (Granett et al., 1983)
- a talaj típusa, sótartalma,
- a talajművelés, a trágyázás és az öntözés,
- a köztes növények,
- a sor- és tőtávolság, valamint
- a tőke kora (Lőrincz et al., 2015).

A **filoxéra** európai megjelenését követően (1860-70-es évektől), az európai szőlőt (*Vitis vinifera* L.) a szőlőgyökértetűvel szemben rezisztens, amerikai *Vitis* faj hibridjeiből az 1930-as évekre kinemesített alanyokra oltva termesztik (kivételt ez alól azon területek jelentenek, melyek úgy nevezett immunis homoktalajokkal rendelkeznek) (Benheim et al., 2012; Granett et al., 2001). Ezt a célzott és megfelelően hatékony növényorvosi megoldás hiányában alkalmazott új fitotechnikai eljárást az a felismerés eredményezte, miszerint az Észak-Amerikából behurcolt kártevő károsítása nem okoz tőkepusztulást a vastagabb bőrszövetű gyökérzettel rendelkező és így rezisztens észak-amerikai szőlőfajták esetében. A legjelentősebb ilyen fajok: *Vitis riparia* Scheel.,

V. berlandieri Plan., *V. rupestris* Mich. Ezt követően az 1930-as évekre kinemesítettek olyan alanyfajtákat, melyekre ráoltva az európai, nemes szőlőfajtákat elkerülhetővé vált a tőkepusztulás (Kocsis, 2010). Ez a passzív, megelőzésre épülő védekezés máig a legjobb, és lényegében kizárólagos megoldást jelent a világ szőlőtermesztői számára.

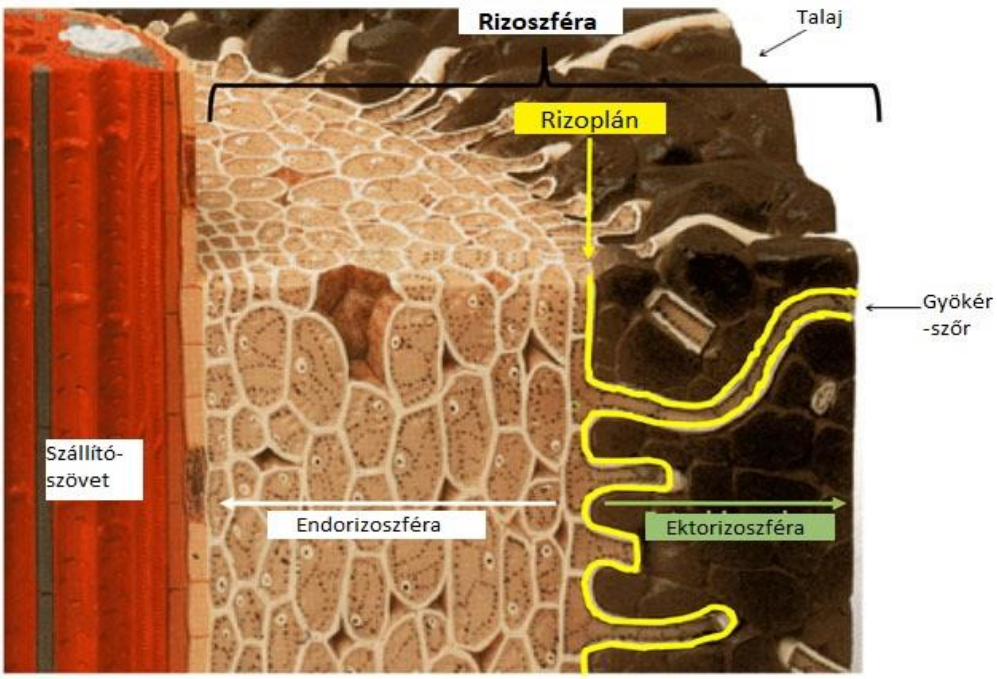
Azonban az egyes, a kultúrnövényre nézve **patogén gombák** a szőlőgyökértetű jelenlétének kizárása mellett is károsíthatják a növényt, a **fonálférgek** sebzésein keresztül és ezzel jelentős mértékben hozzájárulnak a végleges tőkepusztuláshoz (Granett et al., 2001; Omer et al., 1999).

Az oltványszőlős ültetvényekben fontos a harmatgyökerek eltávolításáról évente gondoskodni, különben a nemes részből képződött, filoxérával szemben nem ellenálló, érzékeny harmatgyökerek is legyökeresedhetnek (Lőrincz et al., 2015).

Hosszanti tagolódás szerint a gyökér három részre osztható:

- gyökérsüveggel védett **növekedési öv**,
- **felszívó öv**, itt helyezkednek el a gyökérszőrök,
- **szállító öv**, amely egészen a gyökértörzsig húzódik.

Az első két öv többnyire csak néhány milliméteres, míg a szállító öv akár több méter hosszúságú is lehet. A felszívó övben a gyökérszőrök felületén képződő rizoplánban (**1. ábra**) a legintenzívebb a mikroorganizmusok és a növény közti anyagcsere (Szabó, 2008), mely része a gyökér közeli talajréteg és a gyökér által alkotott rizoszférának. A **rizoplán**, a növényi gyökerek legközvetlenebb talaj-felszíne, elősegíti a növény és a talaj biotikus, abiotikus alkotóival a létfontosságú folyamatok fenntartását (Biró, 2006). A rizoplán, mint aktív kapcsolódási terület, a szőlőnél is folyamatosan képződik. Ez az 1-10 μm vastag nyálkaréteg (mucigél), mely az elhalt növényi részek segítségével összetapad a talajrészecskékkel, és fokozatosan átmegy a már kiterjedtebb hatású **rizoszféra** területébe. Ezen a régión keresztül teremt kontaktust a növény a környezetével, továbbá ez védelmet is jelent egyes patogén mikróbákkal szemben, szelektálja azokat, miközben az ott élő organizmusok bontják a gyökér által leadott anyagokat (Kátai, 2011; McNear Jr., 2013).



1. ábra: A rizoszféra felépítésének sematikus ábrája
(FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS MCNEAR JR. (2013) NYOMÁN)

3.1.1. A rizoszféra és működése

A rizoszféra az a terület, melynek működését és mikrobiológiai összetételét a növény aktívan (Reinhold-Hurek et al., 2015) és akár alanyfajtánként vagy életszakaszonként eltérő módon szabályozza (Berlanas et al., 2019; Marasco et al., 2018). A terület kulcs szerepet tölt be a növény vitalitását, termőképességét és a talajban található potenciális patogénekkel szembeni ellenállóképességét tekintve is (Rosenberg & Zilber-Rosenberg, 2016; Wu et al., 2020). A növény e szabályozást a rizoszféra pH, talajnedvesség és oxigén ellátottságának változtatásán túl, jelentős mennyiségű „folyékony-szén”-kibocsátással egyéb kémiai attraktánsokkal és antibiotikumok kibocsátásával is végzi. Ezen anyagok a gyökérnedvek kibocsátásán (extrécióján) keresztül fejtik ki hatásukat (Berg & Smalla, 2009; Shi et al., 2016).

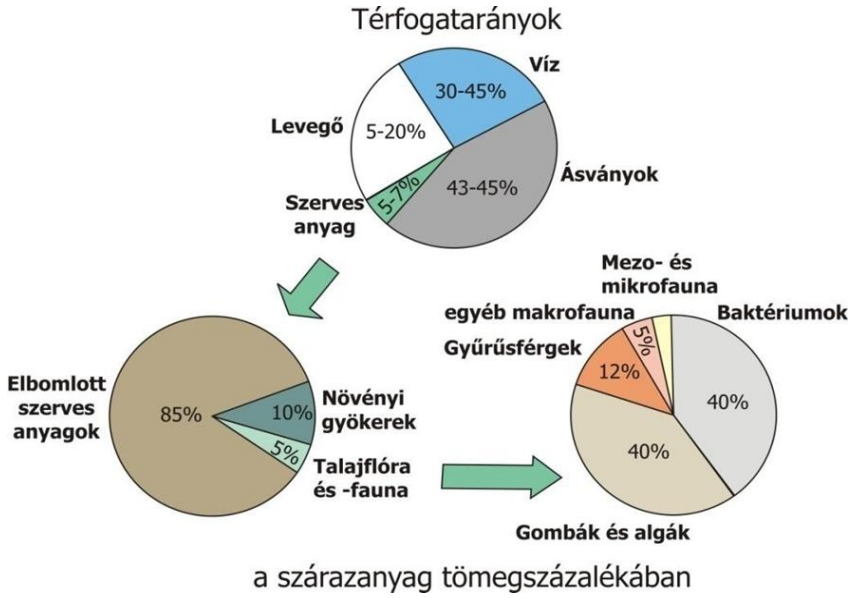
A kultúrnövényen kívül számos egyéb tényező is befolyásolhatja a rizoszféra állapotát, melyet az itt, illetve a környező talajban található mikrobák számának az arányával (R:S (Rhizosphere:Soil) értékkel), az úgynevezett rizoszféra effektussal (Rf) fejezhetünk ki (Bakker et al., 2013). A rizoszféra hatását leírhatjuk még a faji diverzitásával, a közösségen belüli, vagy a kultúrnövény szempontjából potenciálisan előnyös mikroorganizmusok részarányával is (**1. táblázat**) (Dipu et al., 2015; Katznelson et al., 1948). Befolyásoló tényezők lehetnek például a talajtípus és a talajállapot (Schreiter et al., 2014; Wieland et al., 2001), egyéb élettelen (abiotikus) és élő (biotikus) tényezők (Garrett, 1981; Jakucs & Vajna, 2003), az alkalmazott agrokemikáliák, szerves és szervetlen trágyák (Wu et al., 2020; Zobiole et al., 2011) és a talajművelési eljárások is (Hernandez & Menéndez, 2019; Kovács et al., 2020).

1. táblázat: Az 1 g gyökérzóna-talajban mérhető mikroorganizmus-szám a búza gyökereket tartalmazó és gyökerektől mentes talajában és az ebből számolt rizoszféra-effektus (R:S)
(FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS ROUATT ET AL. (1960) NYOMÁN)

Szervezetek	Rizoszféra talaj	Gyökérmentes talaj	R:S
Baktériumok	1.200×10^6	53×10^6	5-50
Actinobaktériumok	16×10^6	7×10^6	1-10
Gombák	1×10^6	$0,1\times10^6$	5-10
Protozoák	2×10^3	1×10^3	1-3
Algák	5×10^3	25×10^3	0,2
Speciális baktériumok			
Ammonifikálók	500×10^6	4×10^6	125
Anaerob gáztermelők	39×10^4	3×10^4	13
Denitrifikálók	126×10^6	$0,1\times10^6$	1.260
Aerob cellulózbontók	70×10^4	10×10^4	7

3.2. A talaj-növény rendszer élőlényei, az edafon

A talajélet minőségét rendkívül összetett fizikai, kémiai és biológiai folyamatok határozzák meg. Azt, hogy egy talajban mely fajok milyen mennyiségben vannak jelen, azt többek között a további talaj és ökológiai jellemzők határozzák meg (Szabó, 2008).

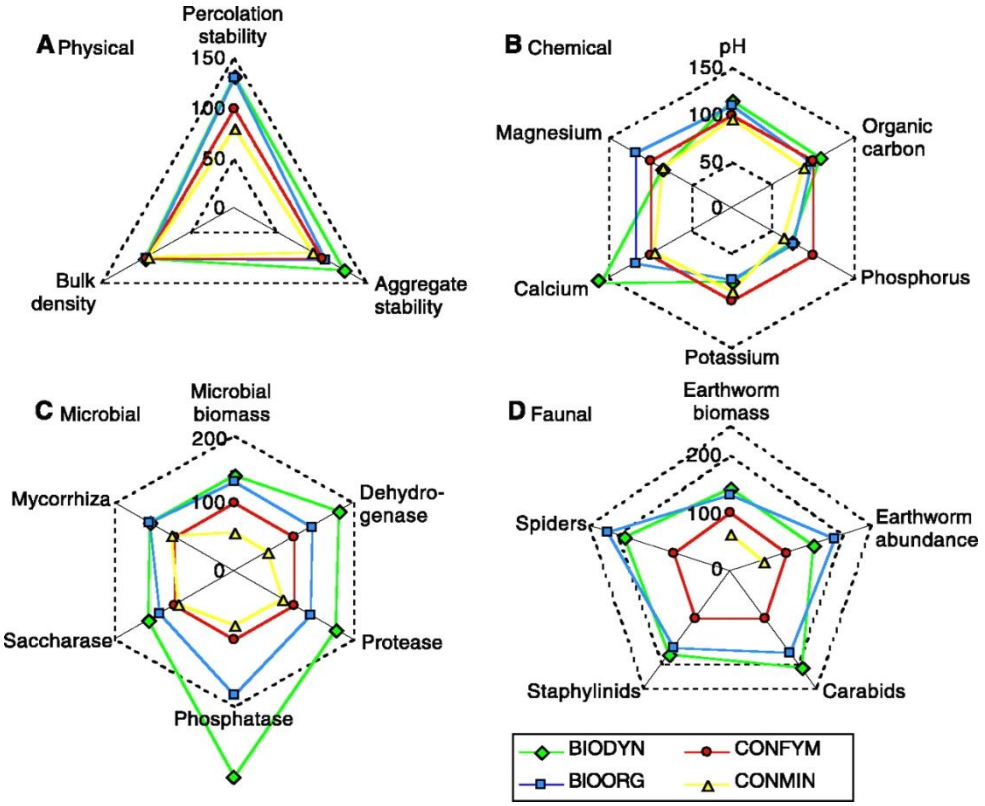


2. ábra: A feltalaj abiotikus és biotikus komponenseinek relatív mennyisége
(FORRÁS: JACKSON ÉS TISCHLER NYOMÁN (PAPP, 1997))

Az élőlények, melyek a talaj térfogatának 0,25-0,35%-át teszik ki (**2. ábra**), felelősek a talaj tápanyag forgalmának 60-80%-ért, valamint az energia áramlásért és a szerves anyagok lebontásáért. A talaj élőszervezetei mind közvetlen (pl.: elhalt szerves anyagok lebontása, talaj

lazítása) mind pedig közvetett módon (táplálkozási lánc működése, szabályozó mechanizmusok) hatással lehetnek a talaj fejlődésére, minőségére és egyéb fizikai-kémiai tulajdonságaira (Szabó, 2008).

A már fent leírt abiotikus és biotikus körülményeken túl, mezőgazdasági kultúrák talajaiban, a talajbióta alkotóit további, művelési gyakorlatonként eltérő behatások is érik. Egy 21 évet felölelő tartamkísérlet eredményeit feldolgozó publikációnak (Maeder et al., 2002), a talajállapotokra vonatkozó ábrája (**3. ábra**) a talaj fizikai, kémiai, és biológiai tulajdonságait ábrázolja a vizsgált területekre vonatkozóan (a vizsgálatokat a talajok felső 20 cm-ből vett mintákon végezték el, ez alól kivételt képez a talajfauna vizsgálata).



3. ábra: A négy művelési mód mellett mért mennyiségi talajtulajdonságok, fizikai, kémiai, mikrobiológiai szempontból, illetve a talajfauna alkotóinak számát tekintve
(FORRÁS: MAEDER ET AL., 2002)
Jelmagyarázat: BIODYN- biodinamikus; BIOORG- ökológiai; CONFYM- szervetlen és szerves tápanyag utánpótlás; CONMIN- csak szervetlen tápanyag utánpótlás. ***A****, Physical- Fizikai; Percolation stability- Szivárgási együttható; Bulk density- Térfogatsúly, Aggregate stability- Aggregátumstabilitás.* ***B****, Chemical- Kémiai; Magnesium- Magnézium; Calcium- Kálcium; Potassium- Kálium; Phosphorus- Foszfor; Organic Carbon- Szerves szén; pH- pH.* ***C****, Microbial- Mikrobiális; Microbial biomass- Mikrobiális biomassza; Mycorrhiza- Mikorrhiza, Saccharase- Szacharáz; Phosphatase- Foszfatáz, Protease- Proteáz; Dehydrogenase- Dehidrogenáz.* ***D,*** *Faunal- Fauna; Earthworm biomass- Földigiliszta biomassza; Spiders- Pókok; Staphylinids- Holyvafélék (bogarak); Carabids- Futóbogarak; Earthworm abundance-- Földigiliszta gyakoriság*

Az ábra jól szemlélteti, hogy a művelési módokra vonatkozóan tartós mértékű eltérések egyértelműen átalakítják mind az abiotikus, mind a biotikus állapotokat, és ezzel együtt e tényezők közti szoros és szerteágazó kapcsolatrendszert. A talaj ily módon alakított ökológia állapota pedig kihatással van a patogenitásra is (Granett et al., 1998). Ezt támasztják alá továbbá Oehl et al. (2005,

2010), Posta (2013) által leírt eredmények az arbuszkuláris mikorrhizákon, Kovács et al. (2020), illetve McKenry & Anwar (2006) által nematodákon, van Os & van Ginkel (2001) gomba közösségeken és (Burns et al., 2016) baktérium közösségeken végzett vizsgálatai is.

3.2.1. A szőlő rizoszféra gombaközössége

A **gombák** olyan klorofill nélküli, spórás, egy vagy többsejtű, fonalas, valódi sejtmaggal rendelkező, telepes szervezetek, melyek ivartalanul és ivarosan spórákkal is szaporodnak. Ezek a szerves anyagot nem szintetizáló **heterotróf táplálkozású** szervezetek, a szükséges tápanyagokat abszorbeálják a sejtek felületén, vagyis kilotróf táplálkozási módot folytatnak (Jakucs & Vajna, 2003; Kátai, 2011). Szinte kizárólag obligát aerob szervezetek, így a mezőgazdasági kultúrákban a gombák ökológiai igényei szempontjából is kedvezőtlen állapot a levegőtlen, tömörödött talaj, azonban egyesek fakultatív anaerobként képesek az ilyen talajokat, talajrétegeket is kolonizálni (Kurakov et al., 2008). A talajban élő fonalas gombák mikroszkopikus nagyságú, hosszú hifákká alakuló sejtekből épülnek fel rendszerint, és a hifák kötegeit nevezzük micéliumoknak (Hoorman, 2016).

A gombák táplálkozás típusai, életmódjai:

- **Szaprofita** (lebontó szervezetek): Kizárólag holt szerves anyaggal (növényi, állati) táplálkoznak.
- **Parazita** (élősködő szervezetek): Főleg növényi betegségek előidézői (több mint 5.000 faj), de megtámadják az állati szervezeteket is

a) *Obligát parazita*: csak az adott gazdanövényen képes megélni (pl.: peronoszpóra, lisztharmat)
b) *Fakultatív parazita*, a gazdanövénytől függetlenül is életképesek (pl.: egyes *Fusarium* fajok)

- **Szimbionta** (együttműködő szervezetek)**:** Főként a mutualista (mikorrhiza) gombafajok és magasabb rendű növények kölcsönös együttélését jelenti. A gomba ásványi tápanyagokkal látja el a magasabb rendű növényt, növeli egyes stresszhatásokkal és betegségekkel, patogén szervezettekkel szembeni tűrőképességét, gomba pedig szerves anyagot kap a növénytől. A szimbiózis tehát olyan kölcsönösen hasznos együttélés, ahol mind a makroszimbionta növény, mind pedig a mikroszimbionta gomba optimális esetben kölcsönös előnyökhöz juthat (Pozo & Azcón-Aguilar 2007; Kátai 2011).

A szőlő szempontjából vizsgálva a talaj-növény-mikroba együttműködést azonban a kultúrnövény gyökérzete nélküli talajban alkalmazotthoz képest eltérő osztályozás alkalmazandó. Azonos gombák más ökológiai funkciót tölthetnek be a szőlő rizoszférájában, így a talajban

hasznos lebontóként meghatározott **szaprotrófok** vagy **fakultatív** és **nektrotróf paraziták** a rizoszférában (például a mechanikai művelés vagy rovarok gyökér-sebzését követően) károsítóiként is felléphetnek. Ezeket az organizmusokat ezért **opportunista patogének**nek nevezzük (Ábrahám et al., 2011; Charkowski, 2016; Király, 1968). A talajlakó gombák szinte kizárólag nekrotrófok (Raaijmakers et al., 2009) és BUCHANAN és munkatársai (2015) leírása alapján átlagosan mindössze két százalékuk lett regisztrálva, mint amely képes kolonizálni a növények gyökérzetét és megbetegedést is okozni. Ez HEATH (1981) elmélete alapján a növények passzív, un. nem-gazda rezisztenciájának, avagy „horizontális rezisztenciájának" és az ebből következő „alapvető inkompatibilitásának" köszönhető. Az így fellépő rezisztencia-mechanizmusok strukturális akadályok és toxikus vegyületek (metabolitok) képzése révén védettséget biztosítanak a jó kondíciójú, sértetlen növényeknél. Így a fertőzés csak olyan patogénekkel lehetséges melyek képesek leküzdeni ezen akadályozó tényezőket, így „alapvető kompatibilitással" rendelkeznek a növénnyel (Nihorimbere et al., 2011).

Ugyancsak fontos szerepet töltenek be a talaj-növény kapcsolatban azon antagonista gombák, melyek az alábbi mechanizmusok mentén fejthetik ki patogén gátló hatásukat:

- konkurencia az élettérért és táplálékért (kompetíció)
- (miko)parazitizmus és gátló hatás
- a mikroorganizmusok által termelt anyagcseretermékek toxicitása
- a növényben a mikroorganizmusok hatására indukált rezisztencia a kórokozókkal szemben (György, 2004).

3.2.2. A szőlő rizoszféra baktérium közössége

A növények számára a gombák mellett a talajbaktériumok rendkívül fontos partnerek a rizoszférában (**2. táblázat**). A baktériumok, melyek a nitrogén megkötést, a mineralizációt végzik, fitohormon (auxin, gibberelin, citokinin, etilén) termeléssel a növényi növekedést serkentik és tevékenységükkel korlátozzák a növénypatogén organizmusok működését (Hayat et al., 2010; Kyselková et al., 2009; Odelade & Babalola, 2019), közvetetten kihatnak a talaj termékenységére és a növények egészségi állapotára (Biró et al., 2006; Gaskins et al., 1985; Parray & Shameem, 2020).

2. táblázat: A talajegészséghez szükséges baktériumok, azok szerepe és hatásai
(FORRÁS: HAYAT ET AL. 2010; BRATEK ET AL. 2013; BIRÓ 2020 ALAPJÁN)

A jótékony (PGPR) baktériumok funkciója	-szerepük	-hatásuk
Nitrogénkötők (szabadon élő diazotrófok)	Biológiailag adott N_2	Műtrágya kiváltás, fehérje képzés elősegítése, pentozánhatás kezelése
Nitrogénkötők (szimbiotikus együttélés pillangós növényekkel)	Növénytáplálás	Műtrágya kiváltás, fehérje képzés, pentozánhatás kezelése
Foszforoldók (PSB, foszfát-szolubilizálók)	Foszfor felvétel segítése a növény számára	Műtrágya kiváltás
Vaskelát (sziferófor) termelők	Vas-felvétel hatékonyságának javulása	Talajeredetű kórokozók távoltartása
Antagonista aktino-baktériumok	Kórokozók távoltartása – szuppresszió növelése	Biocid hatás, élettér betöltése – talajeredetű kórokozók ellen

A kultúrnövény szempontjából előnyös rizoszféra alkotó baktérium közösséget, a növényt segítő hatásuk alapján összegezve angol mozaik szóval PGPR-nak (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), azaz növényi növekedést serkentő rizobaktériumoknak nevezzük. Ezek 2-5 százalékát tehetik ki a rizoszféra baktérium közösségének jelenlegi ismereteink szerint, jelenlétük elsősorban a növénytől függ, ám az abiotikus körülmények is erős befolyásoló hatással vannak (Bratek et al., 2013).

Alternatív, pontosító elnevezésekkel is azonosítjuk e csoport alkotóit funkcióik alapján. Ezek a növény egészségét serkentő vagy védő rizobaktériumok (PHPR=Plant Health Promoting Rhizobacteria) és a gyökérgümő serkentő (NPR=Nodule Promoting Rhizobacteria) baktériumok (Hayat et al., 2010). Ez az elkülönítés további finomítást tenne lehetővé, de az is kimutatást nyert, hogy egy adott jótékony mikrobacsoport tevékenysége akár a vegetációs időszak közben is megváltozhat, igazodva az éppen aktuális környezeti állapothoz. Így például a bioenergetikai mérések igazolták, hogy a N_2 kötő *Azospririllum* baktériumok tényleges „hasznossága" a hormontermelésük által megnövelt nagyobb gyökértömeg is lehet. Mindez pedig akkor, ha a növény (pl.: egy pillangós lucerna) a *Rhizobium* szimbiózis által már N_2-el jól ellátott (Tsimilli-Michael et al., 2000).

A mikoparazita antagonista tulajdonságokkal rendelkező rizoszféra baktériumok jelentős hatást gyakorolhatnak például a sejtfal lebontó enzimek termelésével is. A szakirodalomban foglaltak szerinti szerepük azonban még nem teljesen tisztázott a talaj specifikus betegségelnyomó képességére. Az ilyen funkcióval leírt mikroorganizmusok többnyire gombák (pl. *Trichoderma spp.*) vagy petespórás gombák (pl. *Pythium oligandrum*), vagy a fonálférgeket is kontrollálni képes hurokvető gombák (pl. *Arthrobotrys oligospora*) (Siddiqui et al., 2005).

3.2.3. A szőlő rizoszféra fonálféreg közössége

A szőlő rizoszféra a talaj szuppresszivitás szempontjából szerepet játszó fauna alkotói még a nematodák, melyek egyedszámukat tekintve messze a legnépesebb csoportját alkotják az állatvilágnak, földünkön minden öt állatból négy a fonálférgek törzsébe tartozik (Bongers & Ferris, 1999). A mérsékelt égövben a legnagyobb tömegben a talajban fordulnak elő, annak azon rétegeiben, melyek számottevő mennyiségű szerves anyagot tartalmaznak. A mezofauna (0,2-4 mm mérettartomány) alkotóiként egy grammnyi talajból akár száznál is nagyobb példányszámban kinyerhetők, adott extrakciós technikákkal Nagy (2009) megfigyelése szerint.

A fonálférgek törzsét két funkcionális kategóriába sorolhatjuk be, a **szabadon élők**re és a növényvédelmi szempontból irreleváns **élősködők**re, melyek alatt a gerinces állatokat, illetve az embert károsító taxonokat értjük (Andrássy, 1988). A szabadon élő fonálférgek fajgazdagságukat és ökológiai sokoldalúságukat tekintve ugyancsak a soksejtű állatok közül a leggazdagabb három csoport között vannak. Számos trofikus szintbe (primer és szekunder átalakítók-fogyasztók, primer ragadozók) és táplálkozási csoportba (növényi táplálkozásuak, gombaevők, baktériumevők, ragadozók, mindenevők) sorolhatók, ennek megfelelően a gazdálkodó számára ezek az állatok ugyanúgy lehetnek a talaj táplálékháló részeiként hasznosak és károsak is (Kátai, 2011; Yeates et al., 1993).

A fentiekből következik, hogy az össz-nematoda denzitás érték ismerete önmagában nem jelent támpontot a terület szőlő-kártevő fertőzöttségére vonatkozóan, ahhoz szükséges vizsgálni még a táplálkozási csoportba való tartozásukat is (Panagos et al., 2015; Rodrigo-Comino, 2018).

A fonálférgek széles tűrőképességük és fajgazdagságuk, illetve funkcionális sokféleségük révén csaknem bármilyen környezeti állapot mellett képesek az adott niche-t kolonizálni, azonban a legnagyobb abundanciával a csapadékosabb, nedvesebb klímájú területek talajaiban képviseltetik magukat (Jenser et al., 1998). Egyes csoportjaik azonban eltérő érzékenységgel rendelkeznek a különböző környezeti faktorokra, így például a pH tartományra, nehézfémekre (pl. gombaölőszerként alkalmazott réz), amelyek ezáltal indikátorául szolgálhatnak közvetett módon e behatások mértékének megállapításához (Korthals et al., 1996).

A növényi táplálkozású fajok igen gyakran károsítják a szőlőt. A *Xiphinema* fajok közül például a *X. index, X. diversicaudatum, X. vuittenezi* és *X. italiae* tartozik a szőlő legfontosabb fonálféreg kártevői közé. Ezeknek a szőlő gyökerén történő táplálkozása során a közvetett kártétel sokkal jelentősebb, mint a közvetlen hatás. A sebzés során, vagy azt követően ugyanis patogén mikroorganizmusok és vírusok juthatnak be a növénybe, melyek jelentős károsodást okozhatnak, akár a tőke teljes pusztulását is előidézhetik (3.3 fejezet). A felsorolt szájszuronyos nematodák a

vektor szervezetei a szőlőtőkét károsító, Magyarországon összesen 15 azonosított vírusnak (Apró et al., 2014; Glits & Folk, 2001).

Ismert szőlőkárosítók továbbá a gyökérgubacs fonálférgek (*Meloidogyne* spp.) is, melyek a növény gyökerén gubacsot képeznek, ezzel csökkentve a növény víz és tápanyag felvevő képességét, így vitalitását is. Homokos talajú területeken mindez a szőlőtőkéket súlyosan károsítja, és jelentős terméskiesést okoz, továbbá elősegíti más kórokozók (pl. az *Agrobacterium tumefaciens, Phytophtora* gombák) behatolását a gyökérzetbe (Apró et al., 2014; Jenser et al., 1998; Süle et al., 1995). E családba tartozó nematodák ellen in vitro sikerrel alkalmaztak biológiai védekezésként úgynevezett nematofág gombákat. A *Pratylenchus* nemzetségbe tartozó fajok, egyes fejlődési alakjai ugyanúgy stabilan behatolnak a gyökér belsejébe, ezek azonban nem képeznek gubacsokat (White, 2015). A szőlőkárosító nematodákkal szemben a biológiai védekezésen túl csakúgy, mint a filoxéra esetében, alkalmas módszer az ellenállóbb gyökérzetű amerikai alanyfajták használata (McKenry & Anwar, 2006).

3.3. Az egészséges, szuppresszív talaj fogalma és vizsgálata

A betegségeket elnyomó, szuppresszív talajokat Baker és Cook 1974-ben így határozták meg: *„Olyan talajok, amelyekben:*

- a kórokozó nem jelenik meg,

- megjelenik és képes is megmaradni, azonban kismértékű vagy semmilyen kárt nem okoz,

- egy ideig fennmarad és kórokozóként lép fel, azonban ennek mértéke csökken, bár a kórokozó továbbra is jelen lehet a talajban.”

Ez a definíció jól mutatja, hogy miért fáradtságos és összetett feladat a szuppresszív állapot vagy annak mértékének a precíz meghatározása a talajokban. Hiszen ha kimutatható is egy-egy patogén szervezet jelenléte, amennyiben annak aktivitása nem jelentős vagy éppen gátolt, úgy az a közeg szuppresszívnek is tekinthető egy a kultúrnövényt óvni kívánó gazdálkodó számára is. Az aktivitás avagy annak *in situ* és *in vivo* hatásának a meghatározása viszont még napjainkban is nehézségekbe ütközik (Gómez Expósito et al., 2017). A szuppresszív talajok meghatározása azok első ilyen megközelítésből történő vizsgálatától (Atkinson, 1892) kezdődően közvetett és közvetlen eljárásokkal történt illetve történik, melyek Buddhika & Abeysinghe (2021), De Corato (2021), Elsas et al. (2019), Gómez Expósito et al. (2017) alapján a következők:

- Abiotikus körülmények vizsgálata, amelyek kulcsfontosságúak és meghatározóak a potenciálisan jelenlévő és aktív kórokozók szempontjából (pl: oxigén elátottság és talaj tömörödöttség, talajnedvesség, tápanyag-ellátottság, pH).

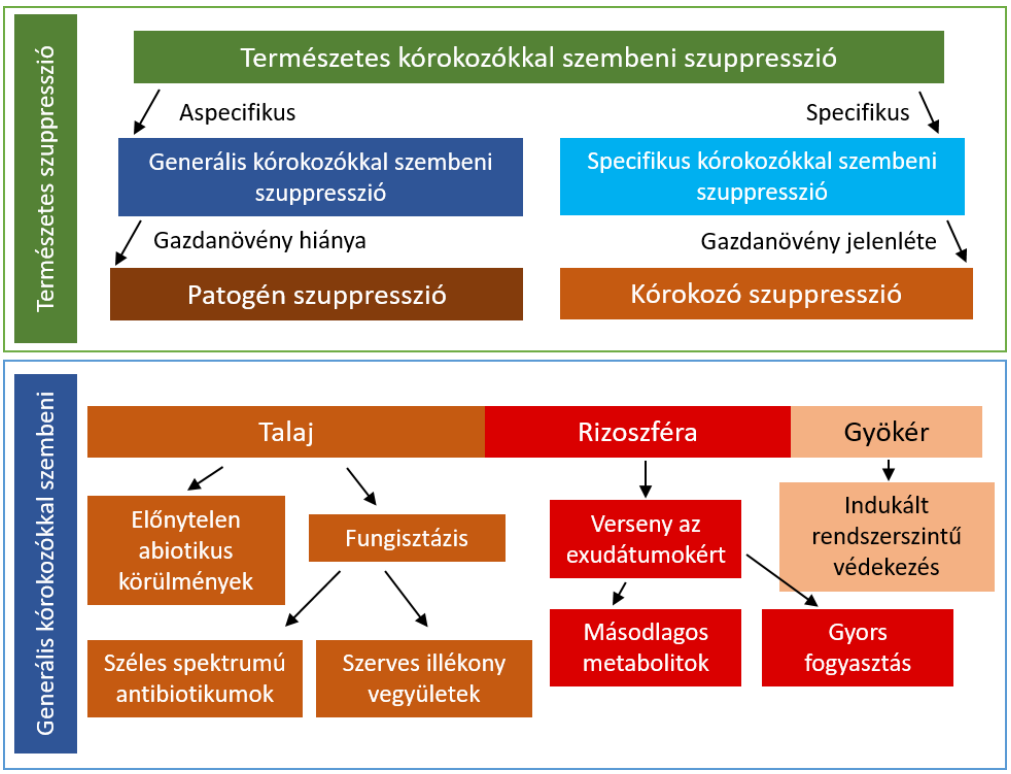
- Fókuszált vizsgálatok a potenciálisan vagy biztosan patogén szervezetek jelenlétéről és denzitásáról tenyésztéses módszerekkel.
- Fókuszált vizsgálatok a potenciálisan vagy biztosan antagonista szervezetek jelenlétéről és denzitásáról tenyésztéses módszerekkel.
- Általános felmérés a mikroorganizmusok vagy akár mezofauna alkotók közösségének összetételéről molekuláris diagnosztikai módszerekkel (denaturáló grádiens gélelektroforézis (DGGE), metagenomikai módszerek).
- Mikroorganizmusok vagy a növény által kibocsátott másodlagos anyagcseretermékek (antibiotikumok, biológiai felületaktív anyagok, illékony vegyületek) enzimek, mennyiségi vizsgálata.
- *In vitro* vizsgálata a kórokozó elnyomó képességnek (feltételezett antagonista hatása a patogénre, feltételezett patogén hatása a növényre, patogének aktivitása a különböző adottságokkal rendelkező talajokban).
- Kis mennyiségű (0,1-10%) szuppresszívnek vélt vagy azonosított talajjal történő oltása egy csírátlanított vagy patogénekkel rendelkező talajnak, majd a patogén elnyomó hatás vizsgálata.

A szuppresszivitás állapotát kategorizálhatjuk aszerint, hogy mely feltételek meglétének tudhatjuk ezt be (Elsas et al., 2019):

- A kórokozó(k) hiánya (take-all decline (TAD)),
- Avirulens kórokozó jelenléte,
- A környezet hatásai, amelyek korlátozzák a kórokozó sűrűségét vagy a patogenitását,

illetve hogy milyen mechanizmus mentén működnek (Agtmaal, 2015; Elsas et al., 2019) (**4. ábra**):

- **Generális**: A mikrobiológiai közösség elsősorban a tápanyag kompetícióval szorítja ki a(z) (opportunista) patogéneket
- **Specifikus**: Konkrét specifikus antagonista hatás (mechanizmusok: parazitizmus, antibiózis, kompetíció) az adott patogénnel szemben az antagonista mikroorganizmus részéről. Ez bár gyökér nélküli talajban is előfordul, azonban leginkább a rizoszférára jellemző, feltételezhetően a növény aktív befolyásoló hatásának következtében (Yu et al., 2019).



4. ábra: A természetes talajokban fellépő és a generális szuppresszió típusai és működése
(FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS AGTMAAL (2015) NYOMÁN)

A talaj generális elnyomó képességét fokozni lehet:

- **szerves anyagok** mennyiségének és minőségének a növelésével, talajba juttatásával (Bruggen & Finckh, 2016; Hoitink & Boehm, 1999; Vida et al., 2016),
- a magasabb kompetíciót biztosító mikrobiális **diverzitás növelés**ével (Garbeva et al., 2006),
- a **talajbolygatás** intenzitásának **csökkentés**ével (Siegel-Hertz et al., 2018) és
- regisztráltan **biológiai védekezés**ben alkalmazható ágensek megfelelő körülmények (biotikus és abiotikus) melletti talajba juttatásával (Kredics et al., 2003; Mazzola & Freilich, 2016).

Nem megfelelő körülmények mellett azonban az antagonista mikroorganizmusok is könnyen hatástalanná válhatnak, főként a kellő gyökérkolonizációs képesség hiánya és/vagy a szuppreszivitást indukáló hatásmechanizmus egyéb szabadföldön jelentkező gátlása miatt (Trivedi et al., 2017).

A szinergista hatások mellett müködő generális szuppresszivitásban aktívakhoz képest a specifikus szuppresszivitást biztosító mikroorganizmusoknak, jelentősen nehezebb a rizoszférában jelentkező kompetíció mellett biztosítani önnön fennmaradásukat, szaporodásukat és a tevékenységüknek köszönhető patogén kontrollt (Pal & McSpadden, 2006). Speciális talaj szuppresszivitásról a patogén gombák mellett petespórás gombák, baktériumok, nematodák és gyomnövények esetében is is említést tesz a szakirodalom (Raaijmakers & Mazzola, 2016). A

patogén szervezetek közül azonban csak kettő, a gombák és a nematodák azok, melyek jelentős növényi károsítóként lépnek fel a rizoszférában. A baktériumok és vírusok azonban leginkább csak sérüléseken keresztül képesek a növénybe hatolni és azt károsítani (Agrios, 2005).

A talajok specifikus szuppresszivitását leírták számos kórokozónál, így például az *Alternaria triticina* (Siddiqui, 2007), *Fusarium oxysporum* (Alabouvette, 1986), *Pythium ultimum* (Whipps & Lumsden, 1991), *Rhizoctonia solani* (Postma et al., 2010), *Verticillium dahliae* (Keinath & Fravel, 1992), melyek a szőlőültetvények rizoszférájában is gyakran előforduló gombák.

A leggyakoribb és a szuppresszív talajokkal társított antagonista gombák a legkülönbözőbb mezőgazdasági kultúrák rizoszféráiban a *Fusarium*, a *Malasezzia*, a *Mortierella*, és a *Trichoderma* nemzetségek tagjai (Gómez Expósito et al., 2017). Emellett olyan baktériumok is megemlítendők, mint például az *Agrobacterium radiobacter var tumefaciens* (Dandurishvili et al., 2009), vagy a fonálférgekkel szemben is feljegyeztek működő mechanizmust, mint az ugyancsak a szőlőrizoszférában gyakran fellelhető *Meloidogyne incognita* (Giné et al., 2016).

3.4. A művelési eljárások potenciális hatásai a szőlő rizoszféra közösségére

Globálisan az antropogén talajhasználathoz és ezen belül a mezőgazdasági termeléshez kapcsolhatóak azok a jelenségek, melyek a legjelentősebb mértékben felelősek a talaj biodiverzitás érték csökkenésért (Navarrete et al., 2010). Ezen jelenség orvoslására, azonban az aktív biológiai ágensek bejuttatásnál vélhetően jelentősen hatékonyabb megoldást jelenthetne a honos, kulcsfontosságú mikroorganizmusok detektálása. Emellett ezek szuppresszióért felelős tulajdonságainak és a terület-kezelések hatásainak a megismerése, melyek elősegítik az adott ökológiai térhez a bejuttattot organizmusok adoptálódási képességét (Kinkel et al., 2012).
Ilyen kezelést jelenthet az olyan mezőgazdasági műveletek alkalmazása, mint a

- szőlőültetvényekben csökkentett bolygatással járó talajművelés, a takarónövények használata (Gómez Expósito et al., 2017; Sánchez-Moreno & Ferris, 2007),
- egyes peszticidek (pl.: glifozát hatóanyagú herbicidek, a szőlőtermesztésben széleskörben alkalmazott réz hatóanyagú gombaölő készítmények, melyek mikrobákkal szembeni IC50 értéke a nehézfémek között az egyik legalacsonyabb) használatának a mellőzése (Chou, 2018; Fleurat-Lessard et al., 2011; Garcia et al., 2018; Zobiole et al., 2011).

Az antagonista gombák közül a legszélesebb körben alkalmazott *Trichoderma* spp. környezeti igényét figyelembe véve, általánosságban elmondható, hogy a 4,6 és 6,8 közötti pH, mezofil

hőmérsékleti viszonyok és megfelelő talajnedvesség érték is szükséges az aerob körülmények fennmaradása mellett a megfelelő szaporodási ráta és a lehető legnagyobb biomassza eléréséhez a talajban (Kredics et al., 2003).

3.5. A rizoszféra vizsgálati módszereinek a megválasztása

Az elmúlt évtizedben a rizoszféra vizsgálatokkal kapcsolatos publikációk száma jelentősen megnőtt. A PubMed adatbázisban a témában 1949-től elérhető cikkek több mint 65%-a ebben az időszakban született, jelezve, hogy a talaj-növény-környezet összefüggésre vonatkozó ismeretek bővítésére mind a tudományos, mind a gyakorlati oldalról minden korábbinál nagyobb igény jelentkezik (Elsas et al., 2019). A szerzők egybehangzóan megfogalmazzák azt a megállapítást, hogy a szuppresszív talajok meghatározásának módszertana, és a már detektált ilyen talajok, vagy talajalkotó organizmusok aktív alkalmazása a biológiai védekezésben komplex, több tényezőt elemző vizsgálatokat igényel. A közösségelemzéshez és a mikroorganizmusok azonosításához nélkülözhetetlen molekuláris diagnosztikai vizsgálatok (mára jellemzően metagenomikai és transzkript vizsgálatok) (Chapelle et al., 2016; Elsas et al., 2019; Gómez Expósito et al., 2017; Trivedi et al., 2017) kiegészítésre szorulnak különböző, a szuppresszivitás folyamataiban szerepet játszó másodlagos anyagcsere termékek vizsgálatával is (Cordovez et al., 2015; Mazzola & Freilich, 2016; Poudel et al., 2016) annak érdekében hogy képesek legyünk megkülönböztetni a szerepet játszó mechanizmusok okait és következményeit, megismerjük az ezekben szerepet játszó mikroorganizmusokat (Gómez Expósito et al., 2017). Számos vizsgálat bizonyítja ezeknek a modern módszereknek a terjedésével, hogy az eddig alkalmazott konvencionális, klasszikus mikrobiológiai módszerekkel kitenyészthető mikroorganizmus genuszok mellett találhatunk úgynevezett életképes, de nem kitenyészthető, VBNC (viable but not countable) frakciót is (Lewis & Ettema, 2019; Wijdan et al., 2018).

Mindemellett fontos hogy az abiotikus környezeti paramétereket is ismerjük, hiszen ezek határozzák meg a növény fajok és növényi gyökérexudátumok mellett a mikrobiális közösség összetételét, működését (Erb & Lu, 2013; Marschner et al., 2004; Santoyo et al., 2017). Az abiotikus paraméterek szignifikáns hatását írta le a mikrobiológiai közösségek összetételére Girvan et al. (2003) a geográfiai tényezőkkel, Singh et al. (2013) talajnedvességgel (melyet a tápanyagellátottságnál is nagyobb hatásúnak írtak le), Rousk et al. (2010) és Wang & Tang (2018) pH, Clark et al. (2007) nitrogén, és Beauregard et al. (2010) foszfor tartalommal kapcsolatban (a gomba- és baktériumközösségek felépítését módosította a kezelés, ám a diverzitás értéket nem). Antropogén hatásaként a tápanyagutánpótlás ugyancsak kihat a rizoszféra mikrobiológiai

közösségére, azonban jelentős eltérések lehetnek az alapján, hogy milyen módját és mértékét választja a gazdálkodó (Chen et al., 2019; Li et al., 2020).

4. ANYAG és MÓDSZER

4.1. Mintavételi területek

4.1.1. Badacsonyi Borvidék

A borvidék 1.405 ha borszőlő ültetvényén a jellemző fajták a Kéknyelű, Olaszrizling és Rajnai rizling, Ottonel muskotály és Sárga muskotály, Rizlingszilváni, Szürkebarát, Cabernet sauvignon, Kékfrankos és a Pinot noir. A Magyarországon átlagosnak számító minimum 4.000 tő/ha (10%-os lejtésnél alacsonyabb meredekségű területeknél) tenyészterület nagyság az alacsonyabb tőketerhelés (maximum 3,5 kg/tőke, szőlőhegy névvel történő megkülönböztetés esetén maximum 2,1 kg/tőke) a szőlő növény kiegyensúlyozott, stressz hatásoktól mentes növekedését teszi lehetővé. A 2010-et követő telepítéseknél az engedélyezett tőkeművelésmódok a következők: ernyőművelés, alacsony kordon művelés, középmagas kordon művelés, Guyot művelés és bakművelés (Badacsonyi Borvidék Hegyközségi Tanácsa, 2018).

Földtani, éghajlati jellemzők

A Dunántúli-középhegység nagytájon belül, a Balaton-medence középtáj részeként, annak nyugati felében található (Dövényi, 2010). Veszprém megyében a Balaton északi partján elterülő Badacsonyi borvidék Balatonszepezdnél kezdődik és egészen Szigligetig tart (**M2.**). A borvidék szőlőterülete a Balaton északnyugati partján húzódó hegyek (ezek közé tartozik a mintavételi helyszínül szolgáló Badacsony, Csobánc és Hajagos-hegy is (**M4.**), azaz a Tapolcai-medence sajátos formájú tanúhegyeinek lejtőin helyezkedik el. E hegyek jelentik a borvidék talajtani összetételének közös pontját: a borvidék meghatározó alapkőzete a bazalt, melyre az évezredek folyamán a Pannon tenger finom szemcseméretű rétegei rakódtak rá, melyek a homok és agyag frakcióba sorolhatók. E képződményen alakultak ki a Badacsonyi szőlőültetvények barna erdőtalajai (Badacsonyi Borvidék Hegyközségi Tanácsa, 2018).

A Borvidéket északról a Bakony hegység vonulatai, míg délről Közép-Európa legnagyobb tava, a Balaton határolja. E kettős földrajzi sajátosság a borvidék kontinentális klímájának szubmediterrán jelleget kölcsönöz, így az országra jellemző kontinentális klímánál kiegyenlítettebb, szélsőséges időjárási körülményektől mentesek a borvidék adottságai (Badacsonyi Borvidék Hegyközségi Tanácsa, 2018).

A Badacsony-Gulács-csoport kistájat éghajlati adottságait tekintve kettőség jellemzi. A Péczely-féle besorolás a mérsékelten nedves-mérsékelten hűvös, valamint a mérsékelten száraz-mérsékelten meleg klíma határaira, a két éghajlati zóna találkozására teszi a medencét. A tanú hegyek déli és az északi oldala egymástól eltérő éghajlattal rendelkezik. Míg az előbbi

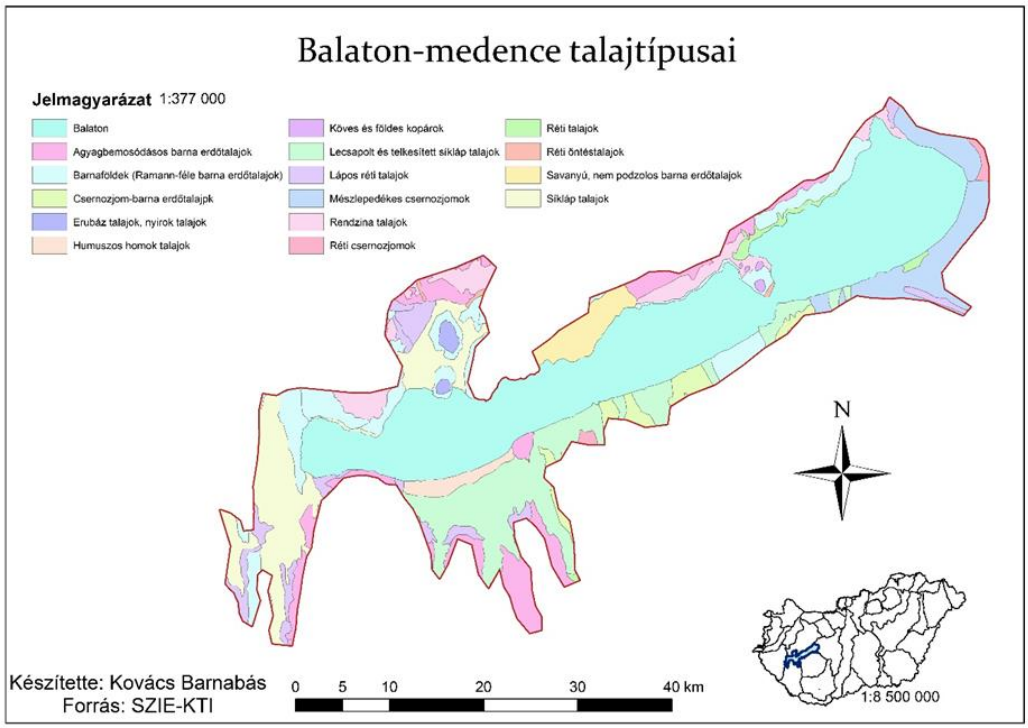
szubmediterrán vonásokkal jellemezhető, addig az utóbbin atlanti hatás érvényesül. A Dövényi (2010) által leírt értékek a következők:

- Csapadékösszeg: 620 mm/év a déli oldalon, míg az uralkodó északi szélirránynak kitett északnyugati tetőrészeken megközelíti a 680 mm-t
- A napsütéses órák száma: a déli fekvésű területeken a 2.000 órát is meghaladja, az átlagérték 1.970-2.000 óra
- Az átlagos évi középhőmérséklet: 10-10,5^{0}C

Ennek némileg ellentmond a borvidéki leírás, mely szerint az átlagos csapadékmennyiség 640 mm, az évi átlagos középhőmérséklet 11,2°C és a napsütötte órák átlagos értékét 1.934 óra/évben határozza meg (Badacsonyi Borvidék Hegyközségi Tanácsa, 2018).

Talajadottságok

A Tapolcai-medence vulkanikus eredetű hegyeinek alacsonyabb térszínein, ahol a vizsgált ültetvények is elhelyezkednek, Patocskai et al. (2008) szerint a magasabb térszínen jellemző erubáz típusú talajokhoz képest fejlettebb barna erdő talajok jelenléte jellemző (**5. ábra**). Ezek a bazalt mellett homok, agyag és lösz alapkőzeten alakultak ki. Az alsó régió területein rendelkezésre állt a talajfejlődéshez szükséges idő, így mély termőrétegű, fejlett talajokkal jellemezhetők (Ramann-féle barna erdőtalajok). Az itt fellelhető humuszforma móder, a termőréteget adó talaj szerkezete morzsás, genetikai talajtípusa pedig lejtőhordalék talaj. A szoknyájukon, alsóbb régióikon barnaföld termőréteggel jellemezhető bazalt tanúhegyek felszínborítását megvizsgálva látható, hogy a szőlőtermesztés domináns, a területek mezőgazdasági hasznosítását végző ágazatok közül (**M4.**).

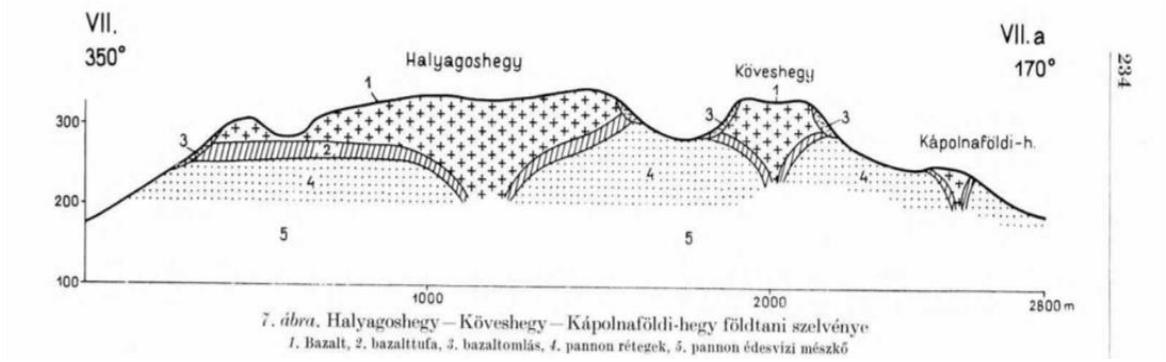


5. ábra: A Balaton-medence talajtípusai
(FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS-ARCMAP)

4.1.2. Talajművelési eljárások összevetése – 'Hajagos-hegy'

Az összehasonlító vizsgálatokra kijelölt terület a Balaton-felvidék földrajzi tájegységen belül a Tapolcai-medence K-i részén található. A Diszel község fölött emelkedő, elliptikus alakú és 320-342 m tengerszint feletti magasságú, Észak-Déli irányban megnyúlt, lapos tetejű Hajagos-hegy (**6. ábra**) a Badacsonyi borvidék része. A hegy „szoknyáján" fekvő szőlőültetvény, a Csobánc hegy felé, délnyugati irányban enyhén lejtős a sorok közepéig azonban sík. Összes alapterülete 6,96 ha amely a rendszerváltást követő tulajdonosváltásoknak köszönhetően, három egyenként 3,39 ha, 1,84 ha és 1,73 ha területre osztott.

A Hajagos-hegy bazaltja sötétszürke, zöldes árnyalatú, aprószemcsés és tömött szövetű kőzet. A hegy keletkezésekor először törmelékszórásból alakult ki a bazalttufa-kráter. A hegycsúcs É-ÉNy-i oldalán átlag 10 méter vastagságban található meg ennek maradványa. A megmerevedett lávafolyásokból keletkezett bazalt vertikális oszlopos kőzet, a felső átlagosan 13 méter vastag része réteges-pados kifejlődésű, kokkolitos bazalt. A területek talaja gyengén meszes, textúra csoport szerint homokos vályog besorolású (Jugovics, 1968).



6. ábra: A Hajagos (régi írás móddal Halyagos) hegy kőzetalkotói
(FORRÁS: JUGOVICS (1968)

A terület alsó térszínén, mely mind három egymás mellett közvetlenül elhelyezkedő terület esetében sík, fagyveszély előfordulhat, a terület felső határán húzódó út volt a sokéves tapasztalat alapján a fagy szempontjából biztonságos területek alsó határa.

Az ültetvények a rendszerváltást megelőzően termelő szövetkezeti kezelésben voltak, ezt követően azonban a jelenleg is gazdálkodó tulajdonosok újratelepítették három eltérő szőlő fajtával, azonban közel azonos időben és ültetvényszerkezettel, így az azokon alkalmazott művelési eljárások hatásai az adott ültetvények talajtani és rizoszféra közösségben tapasztalható állapotára összevethetők.

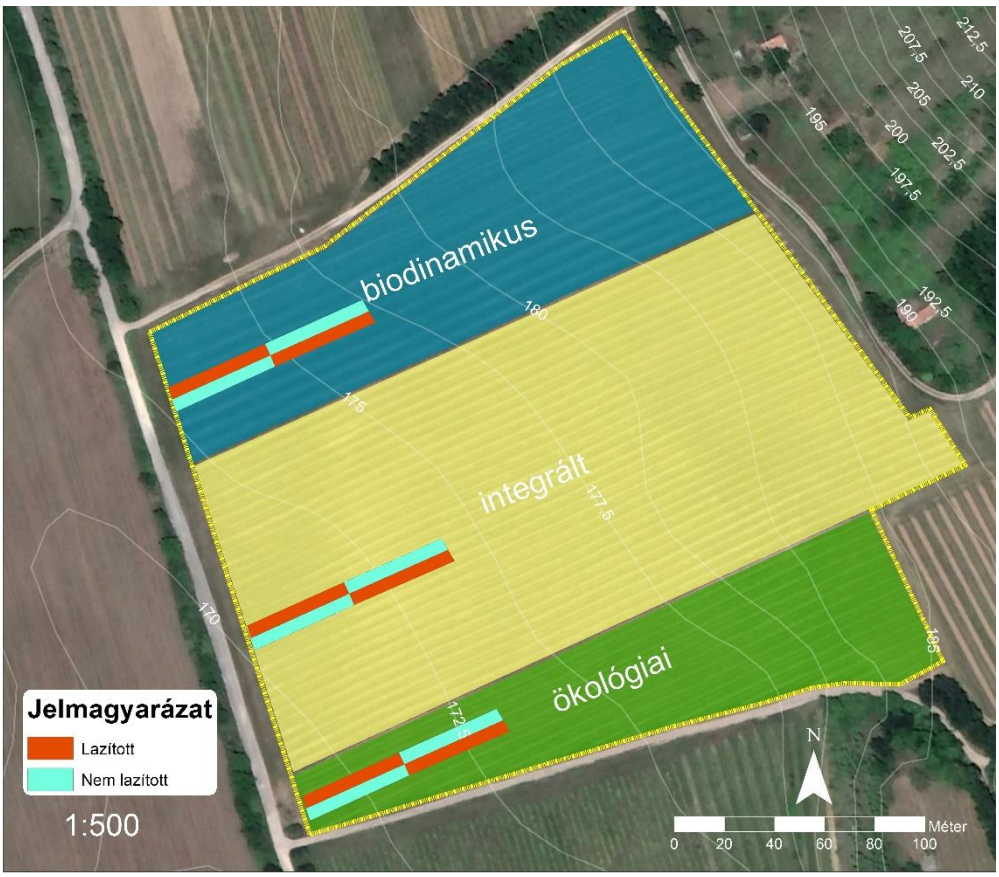
A három ültetvény meghatározott részein (**8. ábra**) 2017. 09. 06-án kísérleti jelleggel talajszellőztetést-lazítást végeztek a *Talajszelloztetes.hu* néven tevékenységet végző cég képviselői. A kísérletben talajbolygatás nélkül, egy befecskendező szonda segítségével a 60 cm-es mélységben kompresszor generálta sűrített levegőt juttatnak nagy nyomással, mellyel a talaj-tömörödöttséget, levegőtlen viszonyokat a gyökérzet elvágása nélkül, célzottan módosítják, szemben az általánosan alkalmazott altalajlazító kések alkalmazásakor fellépő gyakran káros hatású gyökérmetszéssel (**7. ábra**). E kezelésnek a potenciális hatásait is külön vizsgáltuk.

7. ábra. Talajszellőztetés a vizsgált ültetvények kijelölt szakaszain.
Talajművelési eljárások összehasonlítása – 'Hajagos-hegy' – 2017.09.06.

Talajművelésmódok a vizsgált parcellákban

Biodinamikus

A biodinamikus (a továbbiakban: B) átállás alatt álló 1,73 ha területű, a dolgozatban biodinamikus megnevezésű Pinot noir szőlőterület, egész éves, váltott sorközű a helyi gyomflórából álló talaj borítottsággal rendelkezik, melyet a sorokban és a sorközökben egyaránt gépi kaszálással tartanak a kívánt állapotban. A vizsgálatokat megelőző évben a parcellában középmély lazítást végeztek. Gomba kórokozók ellen kizárólag kontakt (felületi, nem felszívódó) hatású réz, kén és narancsolaj, rovar kártevők ellen biológiai úton ható permetezőszer kerül felhasználásra.



8. ábra: A három vizsgált parcellán alkalmazott művelési eljárások és a „szellőztetett" szakaszok
– Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy'
(FORRÁS: ARCGIS)

Ökológiai

Az ökológiai (a továbbiakban: Ö) megnevezésű, 1,82 ha területű Ottonel muskotály ültetvényben, a sorközöket minden második sorban, állandó, a helyi gyomflórából álló növényzet takarja. A mechanikai művelés alá eső sorokat kultivátorral művelik. A sorok alját soralj művelő forgóboronával tartják gyommentesen. A növényvédelem az előírtaknak megfelelően kontakt réz és kén hatóanyagú szerekkel, valamint természetes adjuváns, és ökológiai gazdálkodásban alkalmazható növénykondicionáló kiegészítéssel történik.

Integrált

A 3,39 hektáros integrált (a továbbiakban: I) megnevezésű Kéknyelű ültetvény sorközeit, minden második sorközben időszakos gyomborítottság jellemzi, melyet szárzúzó művelőeszközzel tartanak alacsonyan, a megművelt sorokban forgó boronával biztosítják a gyommentességet. A sorokban totális- és talajherbicid használat mellett, kaszálást is alkalmaznak. A szőlő rovar és gomba kártevői ellen szisztemikus és kontakt hatású növényvédőszerek kombinációjával védekeznek.

A vizsgált ültetvényekre vonatkozó művelési naplók alapján az ültetvényeket a **3. táblázat**ban összefoglalt traktor forgalom jellemzi.

3. táblázat: Az ültetvények (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus) összesített éves traktor forgalma
(FORRÁS: A TERMELŐK ÁLTAL VEZETETT 2018. ÉVI MŰVELÉSI NAPLÓK ALAPJÁN)

Kezelés	**Ö**		**I**		**B**	
Művelet célja	**eljárás**	**alkalom**	**eljárás**	**alkalom**	**eljárás**	**alkalom**
sorköz talajművelés	kultivátor	2	szárzúzó	3	középmély lazítás	1
			forgó borona	4		
			lazítás	1		
soralj talajművelés	kitérő rotációs kapa	1	kaszálás	1	kaszálás	3
			gyomírtó szer	2		
növényvédelem	kontakt hatásmód	7	kontakt és szisztémikus	7	kontakt hatásmód	7
egyéb	venyige kihúzás	1	venyige kihúzás	1	venyige zúzás	1
	csonkázás	1	csonkázás	1	szüret	1
	szüret	1	szüret	1		
Összes traktor forgalom		13		21		10
Összes talajművelés		3		5		1

4.1.3. Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – ’Badacsony’

A Badacsonyi Borvidék szőlőtermesztési kultúrája a vulkanikus tanú hegyek lejtőin történő gazdálkodással forrt egybe. Így különösen az olyan hegy-völgy irányban telepített ültetvények mint amilyen az általunk vizsgált terület, a (talaj)művelési gyakorlatoknak köszönhetően fokozottan kitettek az eróziónak (Kirchhoff et al., 2017). A klímaváltozás napjainkban e borvidéken is tapasztalható hatása, hogy az időjárási anomáliák a sokéves átlaghoz képest egyre gyakrabban fordulnak elő - ez elsősorban az egyenetlen csapadékeloszlás mentén érhető tetten - így az eróziót elősegítő heves esőzések is egyre jelentősebb kárt tudnak okozni ezen területeken. Ezt az Európa szerte is rendkívül jelentős problémát és tendenciát (Panagos et al., 2015; Rodrigo-Comino, 2018) felismerve, a NAIK badacsonyi kutatóállomása több, mint egy évtizede beállított egy eróziónak kitett területen telepített ültetvényen egy talajtakarási eljárásokat összehasonlító tartamkísérletet, melynek talajbiológiai összefüggéseket feltáró eredményeit mutatjuk be ebben a dolgozatban. A hét alkalmazott talajtakarási eljárás és a kontroll kezelés a következő:

- Facélia (továbbiakban: FAC) (*Phacelia tanacetifolia* L.),

- pillangósokból álló keverék (továbbiakban: PILL): Vörös here 25% (*Trifolium pratense* L.), Bíborhere, 25% (*Trifolium incarnatum* L.), Fehérhere 25% (*Trifolium repens* L.), Tavaszi bükköny, 25% (*Vicia sativa* L.), Takarmányborsó (*Pisum sativum* L.),

• tartós növénytakarás, speciális fűkeverék (továbbiakban: FES): 40% Vörösnadrág csenkesz-(*Festuca rubra* L.), 20% Angolperje-(*Lolium perenne* L.), 20% Felemáslevelű csenkesz-(*Festuca heterophylla* L.), 20% Nádképű csenkesz-(*Festuca arundinacea* L.),

• szerves növényi hulladék (továbbiakban: TAK): Sás (*Carex hirta* L.), Nád (*Phragmites australis* L.), Kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis* L.),

• területre jellemző gyomösszetétel (továbbiakban: TER): a tél végi-tavaszi-nyár eleji vegetáció mennyiségi és megjelenési sorrendjében a következő: Tyúkhúr (*Stellaria media* L.), Bársonyos árvacsalán (*Lamium amplexicaule* L.), Pásztortáska (*Capsella bursa-pastoris* L.),

• időszaki növénytakarás (továbbiakban: BU): Őszi búza (*Triticum aestivum* L.),

• mechanikai talajműveléses kezelésű kontroll (továbbiakban: MEC): tárcsázás,

• időszaki növénytakarás (továbbiakban: TRI): Tritikálé (*Triticum secale* L.).

Kezelésenként négy ismétlést alkalmaztunk, egy kezeléshez 5 sorköz tartozik, összesen 0,1 ha egy kezelés területe. A vizsgált ültetvény (**9. ábra**) eróziónak kitett, észak-déli lejtésű, 12-14%, hegy-völgy irányú sorvezetésben, középmagas kordon művelésű Pinot noir ültetvény (Kovács et al., 2018).

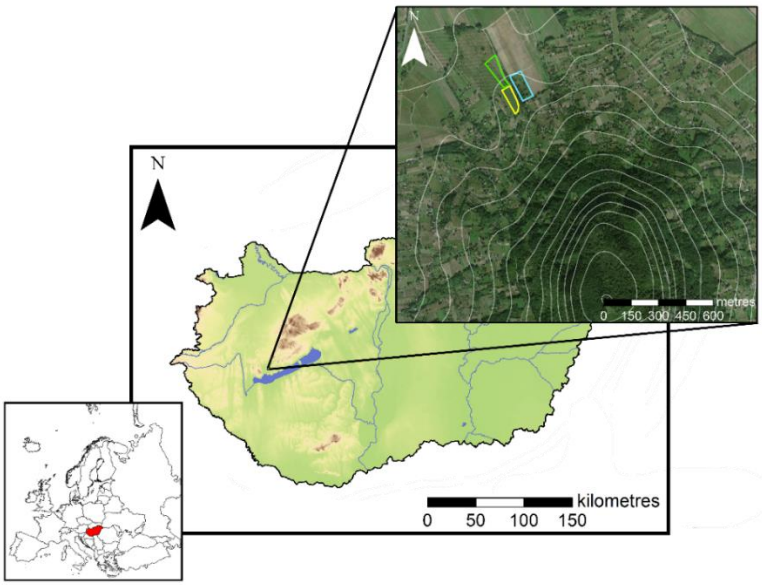
9. ábra: Az eróziónak kitett badacsonyi ültetvényben a tartamkísérlet kezelései 5-5 sorközzel kerültek beállításra.
(FORRÁS:ARCGIS)
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé)

4.1.4. Talajművelési intenzitás összehasonlítása – 'Szent György-hegy'

A Dunántúli-középhegység nagytájon belül, a Balaton-medence középtáj részeként, annak nyugati felében a Tapolcai-medence kistájban található vulkanikus tanúhegy a Szent György-hegy, a Tapolca-patak és az Eger-víz ölelésében. E két patak tekinthető a hegy nyugati, illetve keleti határának, míg az északi és déli az úgynevezett Almafa, illetve Ávorsai-rét. Legnagyobb magassága 415 méter, felülete közel 200 hektár (Dövényi, 2010; Patocskai et al., 2008). Három település gyűrűjében áll a hegy Raposka, Hegymagas, és Kisapáti között. Északról a 84-es főúton Tapolca felől, a Balaton közeléből és Budapest felől pedig a 71-es főúton közelíthetők meg a fent említett községek.

Talajadottságok

A Szent György-hegy alacsonyabb térszínein, ahol a vizsgált ültetvények is elhelyezkednek (**10. ábra**), Patocskai et al. (2008) szerint a magasabb térszínen jellemző ranker típusú talajokhoz képest fejlettebb barna erdő talajok jelenléte jellemző. Ezek a bazalt mellett homok, agyag és lösz alapkőzeten alakultak ki. Az alsó régió területein rendelkezésre állt a talajfejlődéshez szükséges idő, így mély termőrétegű, fejlett talajokkal jellemezhetők (Ramann-féle barna erdőtalajok). Az itt fellelhető humuszforma móder, a termőréteget adó talaj szerkezete morzsás, genetikai talajtípusa pedig lejtőhordalék talaj.

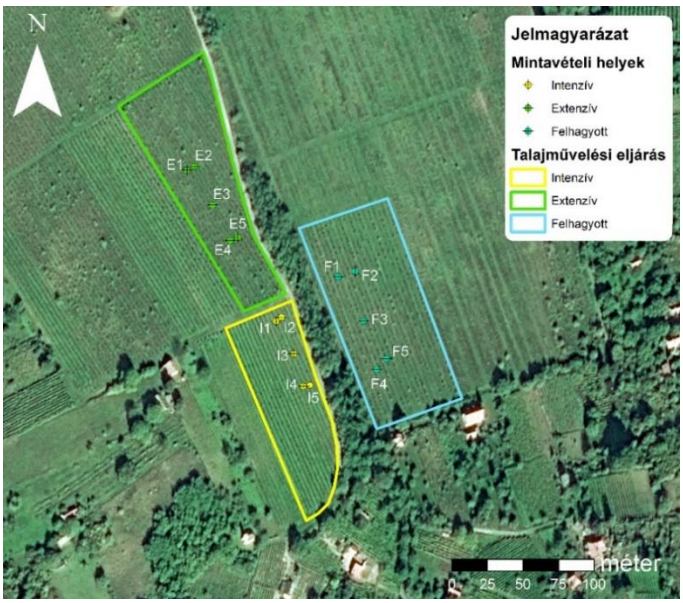


10. ábra: A Szent György-hegy és a három vizsgált ültetvény elhelyezkedése
(FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS-ARCGIS)

Kezelések

A vizsgálat a hegy északi oldalán, az úgy nevezett „Mogyorós-dűlő"-ben elhelyezkedő három egymással szomszédos szőlőültetvényben történt (**10. ábra**). Ezek egyikén intenzív, a

másikon alacsony intenzitású, extenzív mechanikai talajművelést alkalmaznak, míg a harmadik terület felhagyott, csupán kaszálást végeznek rajta (**11. ábra**).



11. ábra: A mintavételi pontok elhelyezkedése a három eltérő művelésű Szent György-hegyi ültetvényen
(FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS-ARCGIS)

Mind a három területet a tapolcai termelőszövetkezet telepítette be az 1980-as évek elején, egységesen T.5C (Vitis berlandieri x Vitis riparia) alanyon, Müller Thurgau (Rizlingszilváni) nemes szőlőfajtával. A szőlőültetvények életkora így megegyezik, a harminc évet meghaladja. A kordonrendszer a felhagyott ültetvényen kívül mindkét másikon a változott a kilencvenes években végbement tulajdonos változásokkal, míg a tőkeelhalás következtében eltérő tőszámmal is rendelkeztek mintavételkor (**4. táblázat**).

4. táblázat: Tőkeszám/ha ültetvényenként
(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott)

	INT	EXT	FEL
Tőke (db)	3180	2790	615

Valamennyi ültetvény esetében a jelenleg átlagosnak és korszerűnek mondható 4-5.000-es mennyiségekhez képest alacsony a tőkeszám (Bényei & Lőrincz, 2005). Azonban a vizsgálatok szempontjából a területek közti különbségek bírnak nagyobb jelentőséggel, hiszen ezek kihatással lehetnek több vizsgált abiotikus és biotikus tényezőre is.

Intenzív művelésű ültetvény

Az intenzív művelésű ültetvényben (továbbiakban: INT) a vizsgálatot megelőző években évi 4 alkalommal történt tárcsázás, vagyis talajbolygatás a talaj felső 20 cm-ben. A talajművelésen

kívül egy alkalommal venyigezúzás céljából, függőleges tengelyű szárzúzóval (RZ) végeztek még munkálatokat mezőgazdasági vontatóval az ültetvényen a sorközökben. A szőlősorokban, a kultúrnövény alatt a gyomszabályozást motoros, kézi fűkaszával végezték 2 alkalommal nyár végéig.

A növényvédelmet kontakt (felületi, nem felszívódó) hatású *Champion WG* márkanevű, 76,7% Réz(II)- hidroxid, hatóanyag tartalmú gombaírtó szerrel végezték peronoszpóra ellen, illetve *Microthiol Special* nevű, kén tartalmú (80%) készítménnyel lisztharmat ellen. Külső forrásokból származó talaj tápanyagutánpótlás az elmúlt 5 évben nem történt.

Extenzív művelésű ültetvény

Az extenzív művelésű ültetvényben (továbbiakban: EXT) a vizsgálatot megelőző években évi 2 alkalommal végeztek mechanikai talajművelést (forgóboronával történő talajművelés 0-20 cm mélységben). A mintavétel évében csupán egy alkalommal végeztek venyigezúzást és gyomszabályozást függőleges tengelyű szárzúzóval (RZ) a sorközben.

A növényvédelmet kontakt (felületi, nem felszívódó) hatású *NORDOX 75 WG* márkanevű, 86% réz(I)oxid hatóanyag tartalmú gombaölővel végezték peronoszpóra ellen, illetve *Microthiol Special* nevű, kén tartalmú (80%) készítménnyel lisztharmat ellen.

Külső forrásokból származó talaj tápanyagutánpótlás az elmúlt 7 évben nem történt.

Művelés alól felhagyott ültetvény

A művelés alól felhagyott ültetvényben (továbbiakban: Felhagyott) a vizsgálatokat megelőző több mint 10 évben nem végeztek talajbolygatással járó műveletet. Évente mindösszesen egy-két alkalommal végeznek gyomszabályozást függőleges tengelyű szárzúzóval (RZ) a sorközben.

Növényvédelmi, fitotechnikai beavatkozás, külső forrásokból származó talaj tápanyagutánpótlás nem történt az elmúlt 10 évben.

4.2. A mintavételi pontok meghatározása

Területenként és kezelésenként a talajmintavételi pontok meghatározását Capó-Bauçà et al. (2019), Ferris & McKenry (1974), Hendgen et al. (2018), Liang et al. (2019) szőlőültetvényekben, talajbiológiai vizsgálatokhoz végzett mintavételéhez hasonlóan végeztük el. 3-3, illetve a ’Szent György-hegyi’ vizsgálatnál 5-5 egyenként megközelítőleg 500 g tömegű talajmintát vettünk a szőlősorok széléből, a szőlőtőkétől 25 cm-es távolságra lefúrva kézi talajfúróval a 10-20, illetve 30-40 cm-es tartományból az edafon vizsgálatához, míg 0-30 és 30-60 cm-es mélységben az agrokémiai vizsgálatok elvégzéséhez. Ezeket a mintákat ezt követően homogenizáltuk, így

kezelésenként 1-1 mintát kaptunk mélységenként, a laboratóriumi vizsgálatokat ezekből végeztük el.

A három mintavételi pont felülnézetből, egy a vizsgálati területre vetített kilencven fokban elfordított V alakzat három végpontján, míg az öt mintavételi pont felülnézetből egy X alakzat négy vég- illetve metszéspontján helyezkedett el. A metszésponttól a szárvégi mintavételi pontok ~30 m-es távolságra voltak, a távolságok abban az esetben, ha ott a vizsgálatokra alkalmatlan (alacsony vitalitású, elhalt) szőlőtőke volt található, módosultak.

A tavaszi, nyári és őszimintavétel egymáshoz közel eső, ám nem azonos szőlőtőkék alól történt. Mindez annak elkerülése érdekében történt, hogy a megelőző mintavétel bármilyen behatással legyen a következő mintavétel eredményeire Ferris és McKenry (1974) útmutatásával megegyezően.

A gravimetriás talajnedvességtartalom és talaj vízvisszatartóképesség vizsgálatokhoz, a bolygatatlan mintákat a fenti talajvizsgálathoz meghatározott pontok mellől vettük.

A vezetőképességen alapuló talajnedvesség és felszínközeli hőmérséklet vizsgálatokhoz a szenzorokat a kezelések középső sorának völgyi, dombközépi és dombon elhelyezkedő pontjaira helyeztük (**9. ábra**). A penetrációs ellenállás mérést 10 sorszéli és 10 sorközi pontban végeztük el a vizsgált kezelések hosszában végig, egyenlő távolságokra egymástól.

A mintavételi pontokat GPS alapú helymeghatározással rögzítettük ±3 méteres pontossággal.

Az egyes területekről vett mintákon végzett vizsgálatokat táblázatban foglaltuk össze (**M5**.).

4.3. A mintavételek ütemezése

A mintavételi időpontok a vizsgálati évek vegetációs időszakra eső három évszakának közepére lettek meghatározva vagy amennyiben rendkívüli időjárási események történtek (jelentős csapadékesemény, kiugróan magas vagy alacsony hőmérséklet a mintavétel időpontját megelőző héten), úgy későbbre tolódtak.

4.4. Talajfizikai és kémiai vizsgálatok

4.4.1. Talaj mechanikai összetétel

A mechanikai összetétel egy gyors és pontos, automatizált mérési módszerrel, a lézeres szemcseanalizátoros mérési eljárással került meghatározásra, a bővített talajanalízishez (4.4.8. fejezet) vett talajmintákból elkülönített ~100 g-os mintákból. A Malvern Mastersizer 3000 készülék működési elve szerint a vizsgálandó közegen lézersugarat bocsátanak át, majd a sugár elhajlásának meghatározott szöge megmutatja a részecskék méretét, míg intenzitása a részecskék mennyiségével arányos. A vizsgálat pontosságát befolyásolja a részecskék alakja, a szuszpenzió

színe és az eltérő optikai tulajdonságok az ásványi összetételű részecskék különbözőségéből adódóan. A nagyság szerinti részecskék eloszlásának számítására a Frauenhofer vagy a Mie-elmélet optikai modelljei szolgálnak (Makó et al., 2017).

4.4.2. Kvarchomok tartalom – filoxéra immunitás meghatározása

A vizsgálathoz a szőlő legjelentősebb gyökértömegét tartalmazó régiót, a 30-50 cm-es mélységet választottam. Ültetvényenként 5-5 talajmintát vettem, területenként homogenizáltam, majd az így kapott három mintát százalékos kvarchomok tartalom alapján is vizsgálatnak vetettem alá. A vizsgálatot az *MSZ-08-0010:1978, A talaj immunitásának és fiziológiai mésztartalmának* meghatározására vonatkozó szabvány szerint végeztem el, mely korlátozott elérhetősége miatt a megismételhetőség céljából részletes ismertetésre kerül az alábbiakban:

Szükséges eszközök: Erlenmeyer lombik, 1000 ml-es; Ülepítőhenger vagy mérőhenger, 1000 ml-es; Porcelántál, 15 cm átmérőjű; Tölcsér, 10 cm átmérőjű; Stopperóra; Vízlégszivattyú, szivornyával (nagy űrmértékű pipetta); Vízfürdő vagy egyéb melegítésre alkalmas eszköz (elektromos melegítő lap)

Előkészítés: (Talajminta előkészítése laboratóriumi vizsgálatra: A MÉMSZ 206 szabvány vonatkozó előírásainak megfelelően). Egy 1.000 ml-es Erlenmeyer lombikba bemérünk 50g talajt, ráöntünk 6-700 ml desztillált vizet, összerázzuk, felforraljuk. Egy órán át tartó mérsékelt forralás után a szuszpenziót szobahőmérsékleten lehűtjük. Lehűlés után desztillált vízzel átmossuk 1.000 ml-es ülepítőhengerbe vagy mérőhengerbe, 21 cm-ig feltöltjük, összerázzuk vagy felkeverjük és 30 percig ülepítjük. Ülepítés után a felső 20 cm-es folyadékoszlopot óvatosan, hogy a leülepedett részeket fel ne kavarjuk, leszívatjuk. Ezután a leszívatott részt visszatesszük abba az Erlenmeyer lombikba, ahonnan a szuszpenziót átmostuk és félretesszük.

A talaj immunitásának meghatározása

Az ülepítőhengerben vagy mérőhengerben maradt szuszpenzióhoz annyi csapvizet adunk, hogy a leülepedett rész felett 21 cm folyadékoszlop legyen és összerázzuk.
Az összerázás után 6’ 40”-ig ülepedni hagyjuk, majd a felső 20 cm-es folyadékoszlopot szintén óvatosan leszívatjuk. A leszívatott részt elöntjük.
Az előbbieket mindaddig ismételjük, míg a 6’40” után leülepedett rész (homok) feletti folyadékoszlop tiszta, átlátszó marad.

A leülepedett homokot vezetéki vízzel maradéktalanul porcelántálba átmossuk, és további ülepedés után vizet róla óvatosan leöntjük vagy leszívatjuk, majd vízfürdőn vagy egyéb helyen forralás nélkül szárazra pároljuk. A szárazra párolt homokot szobahőmérsékleten hűlni hagyjuk, majd a tömegét lemérjük.

A homokfrakció mennyiségének százalékos aránya szerint lehet a talaj

- immunis,
- szakmai elbírálástól függően immunis, vagy nem immunis,
- nem immunis.

Abban az esetben, ha a talaj immunis, a félretett szuszpenzió további kezelése és vizsgálata nem indokolt.

4.4.3. A talaj aktuális nedvességtartalmának és térfogattömegének vizsgálata

A minták begyűjtését 100 cm^3-es mintavevő hengereket (d=53 mm, h=51 mm) befogadni képes, acélötvözetből készült zárt kézi mintavevővel végeztük (**12. ábra**). A művelt, illetve takarónövénnyel borított 0-30 cm-es rétegből (továbbiakban F), illetve a gyökérzónát reprezentáló 30-60 cm-es (továbbiakban A) rétegből egyaránt 3-3 ismétlésben szedtünk vizsgált területenként mintákat. A felső rétegben a legfelső 1-2 centimétert kislapáttal eltávolítottuk annak érdekében, hogy a felszíni szennyeződések, növényi származék ne kerüljenek a mintákba.

12. ábra. Mintavétel zárt kézi mintavevővel az aggregátumstabilitás és a talajnedvességtartalom meghatározásához

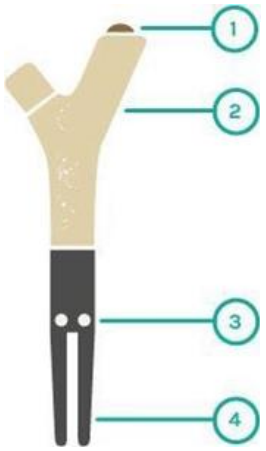
A mintákat tartalmazó „patronokat” a nedvességtartalom megőrzése érdekében azonnal műanyag kupakkal zártuk le, majd laboratóriumba szállítottuk, ahol a kupakok eltávolítása után, a hengerek aljára szorítóbilincs rögzítéssel sifonvászon anyagot tettünk. Az így előkészített minták aktuális nedvesség tartalmát gravimetriás módszerrel mértük. Ehhez az előkészített mintákat (**13. ábra**) táramérlegen két tizedesjegy pontossággal lemértük, majd acél tálcán 48 órán át, 105 C°-on szárítószekrényben tömegállandóságig szárítottuk. Ezután a kiszáradt minták tömegét ismételten

két tizedesjegy pontossággal megmértük, majd miután a talajt eltávolítottuk, a szerelvényeket (patron, vászon, bilincs) letisztítottuk, és azok tömegét is ugyanilyen pontossággal egyenként megmértük. Az aktuális nedvességtartalom és térfogattömeg számítása esetében a Dunai (2017) és Brkljača et al. (2019) leírtak szerint kalkuláltunk.

13. ábra. Szárításra előkészített talajminták a talajnedvességi és a -víztartóképességi tulajdonságok méréséhez

4.4.4. Talajnedvesség és felszínközeli hőmérséklet monitoring

A GROW Observatory, egy az Európai Unió Horizont 2020 kutatási és innovációs programja keretében finanszírozott projekt volt, mely 2016-2019. között valósult meg. Célja egy nagy léptékű (több mint 20.000 résztvevő) közösségi-civil alapú kutató közösség létrehozása, mely önkéntes alapon hozzájárul egy európai környezeti megfigyeléshez. A GROW tudományos célja, hogy talajnedvesség-adatbázist hozzon létre olcsó talajnedvesség-érzékelők segítségével, ehhez kiterjedt hálózatot biztosítson a talaj nedvességtartalmának in situ megfigyelésére, ami információt szolgáltathat a műholdas talajnedvesség-termékek (Copernicus projekt) validálásához (Kovács et al. 2020).



1. A fényintenzitás mérésével megállapítani, hogy a növények napfénykitettsége megfelelő-e
2. A környezeti hőmérséklet mérésével megállapítani, hogy a hőmérsékleti viszonyok megfelelőek-e
3. A talaj megfelelő összetételéhez szükséges műtrágyaszint mérése
4. A talaj nedvességtartalmának mérésére annak megállapítása érdekében, hogy szükséges-e a talajt öntözni

14. ábra: A GROW szonda által vizsgált paraméterek

Az általunk is alkalmazott érzékelők (összesen 24) 15 percenként négy paramétert (talajnedvesség, levegőhőmérséklet, fény: fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) és talajvezetőképesség) mértek (**14. ábra**).

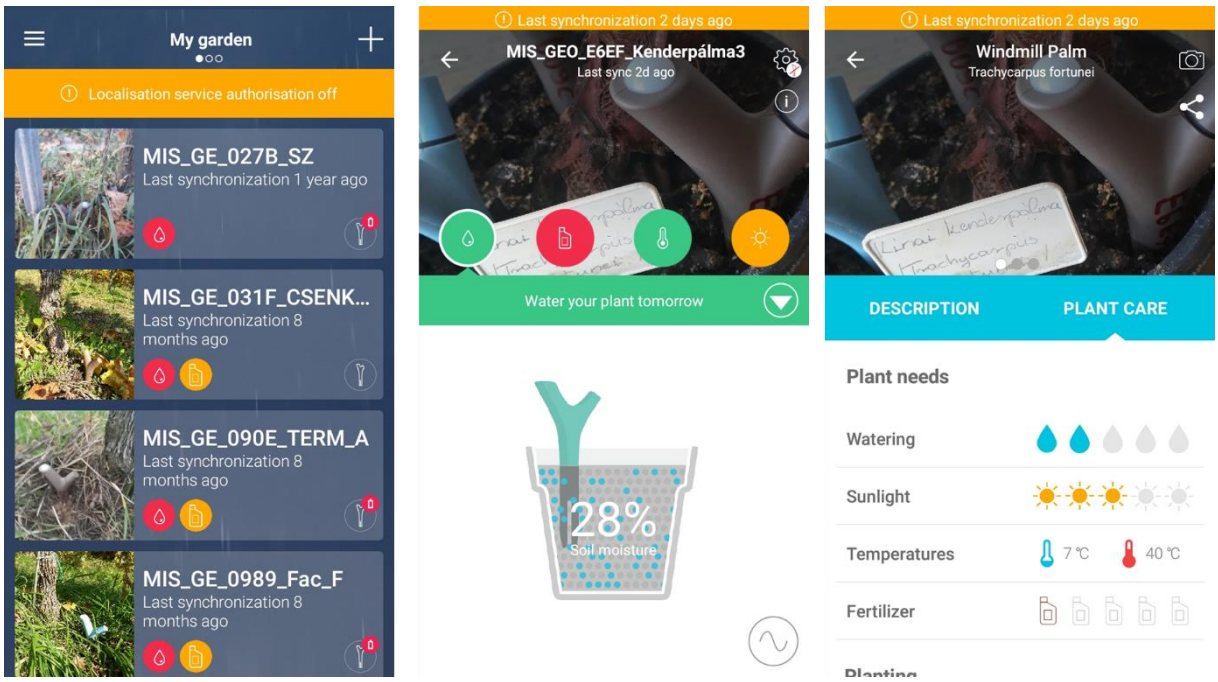
A szonda önmagában nem küldi el az adatokat. Legfeljebb 2 hónapig tárolja a memóriájában. Ugyanakkor ajánlatos (az esetleges adatvesztés elkerülésének érdekében) az adatokat legalább hetente egyszer begyűjteni. Ehhez Bluetooth kapcsolaton keresztül egy mobileszközhöz csatlakoztatjuk, majd az adatokat a Flower Power alkalmazással lehet begyűjteni.

Az érzékelő egy körülbelül 6 hónapig működő ceruza (AAA) elemből kapta az energiát, az elem élettartama azonban széles határok között változhat, ezért figyelni kell rá, és szükség esetén cserélni szükséges.

A mérési tartományok a következő mértékegységek szerinti skálákon mozognak:

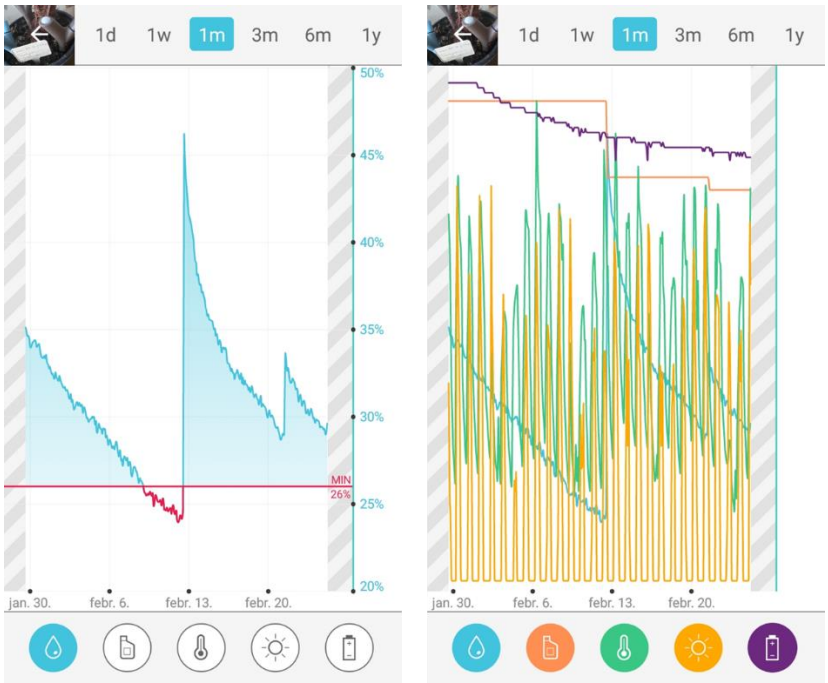
- Léghőmérséklet (tartomány: -5°C és +55°C között; pontosság: +/-1,5°C),
- Fény (tartomány: 0,13-104 [mól×m^{-2}×d^{-1}] Pontosság: +/-15%) A fényérzékelő a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) mérésére kalibrált, mely a 400-700 nm hullámhosszok közötti fénytartományként került definiálásra.
- Talajnedvesség (tartomány: 0-50 [v/v%]; pontosság: +/- 3%),
- Tápanyagellátottság szint/vezetőképesség (tartomány: 0-10 [mS×cm-1] Pontosság: +/- 20%.

A szonda összekapcsolásához az okostelefonnal a Parrot, Flower Power alkalmazást szükséges letölteni és telepíteni. Regisztrációt és bejelentkezést követően egyenként már a helyszínen rögzíteni szükséges a szenzorok pozícióját (telefonon GPS koordinátái alapján ~1,5 méteres pontossággal) (**15. ábra**). Ehhez és a Bluetooth-on keresztüli kommunikációhoz a későbbiekben is a szondához 1 méteres távolságon belül szükséges elhelyezkedni.



15. ábra: A Flower Power alkalmazás kezelőfelülete a regisztrált szenzorokkal és a telepítés helyszínén elhelyezkedő növényhez igazított javaslatokkal

A szonda által mért adatok csak úgy feldolgozhatóak, amennyiben az internet kapcsolat segítségével feltölti a GROW Observatory platformra (https://hub.growobservatory.org/login), mely a vizuális megtekintést, illetve az adatok letöltését is lehetővé teszi. Emellett a telefonra telepített alkalmazás is grafikusan ábrázolja a mért adatokat (**16. ábra**).



16. ábra: A Flower Power alkalmazás által a vizsgált paraméterek és grafikusan ábrázolt adatsorok egyhavi visszatekintéssel

Az adatgyűjtés a Bluetooth kapcsolat létrejöttével és az alkalmazás elindításával automatikusan megkezdődik, internet elérés esetén pedig az automatikus feltöltés a felhőbe

(adatszinkronizálás) is megkezdődik. Ezt követően a webes és a mobilos felületen az érzékelő megfigyeléseinek sorgörbéit és a szenzorok GPS koordináták szerinti elhelyezkedését láthatjuk térképen.

Nyolc hónapos monitorozás után .csv formátumban gyűjtöttük az adatokat az R és ArcGIS 10.2 szoftvercsomagokkal. Adatainkat összehasonlítottuk a legközelebbi tanúsított meteorológiai állomás méréseivel is. Az adatok kiértékelése és ábrázolása az R 4.0.0-ás verzióval történt, a használt csomagok a Hmisc 4.4-2. verzió és a ggplot2 3.3.3. verzió. A keretrendszer az RStudio® 1.2.5042-es verziója volt.

A talajnedvesség adatok alapján Shellito et al. (2018) által leírtak szerint száradási együtthatót számoltunk.

A talajhőmérséklet monitoring és kiértékelésük is megegyező eszközökkel, módszerekkel és programokkal történt.

4.4.5. Talaj vízvisszatartó képessége (pF)

A vízvisszatartás-vizsgálatokat a Richards-módszer segítségével, kerámialapos extraktorokkal végeztük (Dane & Hopmans, 2002) a Szent István Egyetem Georgikon Kar Festetics Imre Bioinnovációs Központ Talajvédelmi Laboratóriumában 2020-ban. A vizsgálatok során a Dunai et al. (2013) által leírt protokollt követtük. A vizsgálatokhoz az eredeti szerkezetű (bolygatatlan), 100 cm^3-es mintahengereket befogadni képes kézi acél mintavevő hengerrel gyűjtöttük be a mintákat 2019.03.20-án 0-30 és 30-60 cm-es rétegből a 4.4.3. fejezetben leírtakkal azonos módon és eszközökkel. A mintavétel után a hengereket laboratóriumba szállítottuk, majd az aktuális nedvességtartalom és térfogattömeg vizsgálatnál ismertetett vászonanyag+bilincs felhelyezése után tömegüket 2 tizedes jegy pontossággal táramérlegen lemértük, majd 1 hétre ioncserélt vízzel telített kádba helyeztük (Buzás, 1990). Az 1 hét letelte után a mintákat 30 másodperces lecsöpögtetés után mérlegre helyeztük, majd tömegük megmérése után (pF 0) behelyeztük őket egy szénacélból készült, nyomástartó edénybe (extraktorba).

A mérések megkezdésekor az extraktorokhoz tartozó nyomásbeállító panelsoron 400 mbar-os nyomást állítottunk be, majd a kifolyás folyamatosságának ellenőrzése után a mintákat ezen a nyomáson 2 hetes időtartamra az extraktorban hagytuk. Két hetet követően a mintákat kivettük és tömegüket két tizedes pontossággal megmértük (pF 2.5). Ezek után a mintákat a hengerben hagyva a szerelvényekkel együtt szárítószekrénybe helyeztük, és 48 órán keresztül 105°C-on szárítottuk. A megadott idő letelte után a minták tömegét visszamértük (ezzel egyúttal előállt egy-egy térfogattömeg-adat is), majd a szerelvényeket a mintákról lebontottuk, tömegüket

újból megmértük. Ezt követően a hengerből a mintákat kézi erővel, porcelán dörzsmozsárban finomra törtük, majd feliratozott papír mintazsákokba helyeztük el.

Az előzőekben leírtak szerint előkészített mintákból 40-50 grammnyi, finomra porított talajmintát Petri-csészébe helyeztünk, majd ioncserélt vizet adtunk hozzá. A talajpépet 2 cm magasságú, 2 cm átmérőjű rézhengerekbe töltöttük. A megfelelő víz mennyiség úgy határoztuk meg, hogy a talajpép ne essen ki (túl száraz) illetve ne folyjon ki (túl nedves) a rézhengerből. Következő lépésként a rézhengereket edzett acélból készült, nagynyomású extraktorba helyeztük, majd az azokhoz tartozó nyomásbeállító panelsoron 15 bar-os nyomást beállítva 2 hétig otthagytuk. A 2 hét letelte után a mintákat a rézhengerből kivettük, majd 4-6 grammnyi mennyiséget analitikai mérlegen lemérve behelyeztük egy előzetesen szintén analitikai mérlegen lemért tömegű csiszolatos edénybe. A mintát 48 órán keresztül 105°C-on szárítottuk, majd exszikkátorban lehűlni hagytuk. Ezután lemértük az edény+minta tömegét, majd meghatároztuk a minta tömegszázalékos nedvességtartalmát (pF 4.2).

A mért térfogattömeg-értékek segítségével meghatároztuk az egyes pF-pontokhoz (0, 2.5, 4.2) tartozó térfogatszázalékos nedvességtartalom értékeket. Végül az előző adatok segítségével kiszámítottuk az egyes nedvességfrakciók potenciális értékeit:

- a pF 0-nál mért térfogatszázalékos nedvességtartalom érték és a pF 2.5-nél mért térfogatszázalékos nedvességtartalom érték különbsége adta a **gravitációs víz** tartományát (továbbiakban: GV),
- a pF 2.5-nél mért térfogatszázalékos nedvességtartalom érték és a pF 4.2-nél mért térfogatszázalékos nedvességtartalom érték különbsége adta a **diszponibilis víz** (továbbiakban: DV), míg
- a pF 4.2-nél mért térfogatszázalékos nedvességtartalom érték a **holtvíz** (továbbiakban: HV) tartományát.

4.4.6. Aggregátumstabilitás

Vizsgálataink során a makro talajaggregátumok vízzel szembeni ellenállásának mértékét a módosított Kemper-Rosenau módszer (Kemper & Rosenau, 1986) alapján határoztuk meg. A vizsgálatokhoz szükséges mintákat a kijelölt parcellákban, 0-30 cm-es és 30-60 cm-es mélységben lévő rétegekből, koracél, üreges, henger alakú, kézi talajfúró-mintavevő eszközzel vettük, ügyelve arra, hogy a mintavétel során azok a legkevésbé sérüljenek. A vizsgálandó területekről különböző pontokban, szintenként három részmintát gyűjtöttünk, melyeket a nagyobb rögök, kövek, gyökérdarabok eltávolítása után, a helyszínen, zárható nejlontasakokba homogenizáltunk, így hozzávetőlegesen 500 gramm mennyiségű minta állt rendelkezésre területenként, rétegenként.

17. ábra. Az aggregátumstabilitás vizsgálatokhoz használt Eijkelkamp Wet Sieving Apparatus

A minták légszáraz állapotra szárítása műanyag edényekben, nagy felületen kiterítve történt, ezután 1- illetve 2 mm-es lyukátmérőjű szitákon rázógéppel átszitálásra kerültek. A szitálás ideje 5 perc, amplitúdója 45 (mely megfelel 1,00 mm kitérésnek) volt. Az így keletkezett 1-2 mm közötti frakciót az előírás szerinti 2 héten belül vizsgáltuk, felhasználásukig száraz hűvös helyen tároltuk.

A vizsgálatokat az Eijkelkamp Agrisearch Equipment (NL) által forgalmazott, „Wet Sieving Apparatus" nevű nedves szita készülékkel végeztük, melyben 8 darab, 250 mikronos lyukméretű, fémszövetes szita található, műanyag „pohárra" feszítve (**17. ábra**). A készülék 34/perces ütemmel, 13 mm-es teljes lökethosszal működik. A vizsgálat során a vizes fázis álló helyzetben van, míg a sziták a talajmintával együtt mozognak.

A mérések első lépéseként lemértük a használandó, számozott főzőpoharak üres tömegét, majd a mintákból közvetetten a szitákba, félanalitikai mérlegen 3 tizedes jegy pontossággal 3.950 – 4.050 gramm mintát mértük be, az alattuk található acél edényekbe hozzávetőlegesen 80 ml ioncserélt vizet töltöttünk, majd pontosan 5 percig járattuk a szitarázó készüléket. A szitákon fennakadt mintát maradéktalanul főzőpohárba mostuk, ezt követően szárító szekrényben 105°C-on 48 órán át szárítottuk.

Hogy megkapjuk a stabil frakció mennyiségét, szárítás után a mintákat tartalmazó főzőpoharakat visszamértük. A stabil aggregátum százalékos meghatározásához szükséges a homok frakció tömegének ismerete, ezért 0,1 M Na-pirofoszfátot öntöttük a mintákhoz, majd négy órán át állni hagytuk. A feloldott aggregátum frakció elkülönítéséhez a mintákat maradék nélkül visszamostuk a szitákra, az előzőek szerint öt percig járattuk a készüléket, így a szitákon csak a 250 mikron feletti („homok") frakció maradt fenn, melyet a főzőpoharakba mostunk és ismét 105°C-on 48 órán át szárítottuk. Ezután a minták tömegét visszamérve, megkaptuk a homok

frakció tömegét, melynek ismeretében a Dunai (2017) által leírt módon a számítást elvégeztük a stabil aggregátumok százalékos meghatározására.

4.4.7. Penetrációs ellenállás

A talaj penetrációs ellenállásának mérését 0-80 cm mélységben végeztük el egy Eijkelkamp Penetrologger készülékkel a ’Hajagos’ és ’Badacsony’ ültetvényekben. A műszer a mélységet ultrahangos távolságérzékelővel méri, és rögzíti az adott mélységben tapasztalt talajellenállás mértékét (MPa/cm^2). Számítógépes szoftvere segítségével az eredmények diagramokban szemléltethetők és értékelhetők. Egy parcellában mérési időpontonként 20 ismétlést végeztünk, majd ezek átlagát képezve értékeltük a kapott diagramokat. A mérések során 60° szögállású, 1 cm^2 felületű behatoló hegyet használtunk, 2 cm/sec egyenletes lenyomási sebességgel.

A Szent György-hegyi ültetvényen kézi Agreto Soil Compacton Tester típusú, mechanikus alapon működő rugós penetrométerrel végeztük 0-20 cm-es mélységben, területenként 10-10 ponton (5-5 a szőlősorokban és 5-5 a sorközökben). A talajellenállás értékeket ugyancsak MPa/cm^2 értékekben adtuk meg.

4.4.8. Bővített talaj- és növényanalízis - akkreditált vizsgálatsor

A bővített talaj- és növényvizsgálatot a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet (NAIK-SZBKI) Badacsonyi Kutató Állomás Laboratóriuma végezte az alábbi eszközökkel és az **M6.** táblázatban összefoglalt módszerekkel. A vizsgálatokhoz saválló kézi talajfúróval vett talajmintákat (~0,5 kg) két mélység (0-30, illetve 30-60 cm) szerint elkülönítve zárható műanyag zacskóba helyeztük, majd hűtőládában 24 órán belül a laboratóriumba szállítottuk. Ezt követően az akkreditált laboratórium munkatársai végezték a vizsgálatokat, a gazdálkodók AKG és Ökológiai gazdálkodáshoz is szükséges ’Bővített vizsgálat’ paraméterei és előírásai szerint (**M6.**). A növényvizsgálatokhoz a levélmintákat éréskor (2018.08.16.) szedtük meg a laboratórium által megadott előírások szerint levélnyél nélkül. A levélanalízis azon vizsgálati eredményei esetén, ahol a koncentráció mértékegysége mg/kg vagy m/m%, az eredmények légszáraz mintára vonatkoznak.

A vizsgálatok során alkalmazott berendezések: Elektronikus mérleg (Kern KB 6000-1, Kern 770-15); Scheibler kalciméter; pH és vezetőképesség mérő (Consort C830); Rázógép (Labnet Orbit1900); Fotométer (Spectro UV-VIS Auto); Atomabszorpciós spektrofotométer (GBC 932 plus), FIAstar analizátor, Szárítószekrény (Memmert) izzító kemence (Nabertherm); Blokkroncsoló TECATOR BD20; Kjeltec 2200 automata desztilláló.

4.5. Talajbiológiai vizsgálatok

4.5.1. Az enzimaktivitások mérése

A talajok enzimaktivitás vizsgálata relatív alacsony költsége és széleskörben történő alkalmazásuk mellett (Brkljača et al., 2019) azért előnyös mert kizárólag az intakt, aktív biológiai közösségek tevékenységét jelzi (Szabó, 2008), mely így megfelelő kiegészítője a precíz és részletes információt szolgáltató, ám ilyen szempontból szeparálásra képtelen molekuláris diagnosztikai vizsgálatoknak (Lauri & Mariani, 2009). A fentiekből következik, hogy amilyen gyorsan reagál a talajba enzimeket kibocsátó élőlények közössége, olyan gyorsan mérni is lehetséges e módszerrel a változásokat, így a művelési eljárások okozta változásokat is (Okur et al., 2009).

Dehidrogenáz enzimaktivitás

A leggyakrabban alkalmazott enzimaktivitások közé tartozik a **DHA** (Garcia et al., 2018), ami elsősorban a szervesanyagtartalommal összefüggésben lévő biológiai aktivitást mértékét mutatja, azzal pozitív kapcsolatban van (Shukla & Varma, 2011).

A dehidrogenáz enzim meghatározását Alef és Nannipieri (1995) módosított TTC módszere (Veres et al., 2013) alapján végeztük. Az enzimaktivitás meghatározásakor a talajmintához adott ismert mennyiségű trifenil-tetrazolium-klorid (TTC) a dehidrogenáz enzim mennyiségével arányos mértékben redukálódik és sötétvörös trifenil-formazánná (TPF) alakul át, amelyet fotometriásan mértünk. Minden parcelláról a talajmintákból zárható kémcsövekbe 1-1 g nedves talajt mértünk ki (A, B és 0 alminták) és 1 ml Tris puffert valamint 1 ml 1,5%-os TTC-t adunk hozzá, majd vortex segítségével homogenizáltuk. A 0-s jelölésű kémcsövek a talaj nélküli vak minták, így csak TTC-t és Tris puffert tartalmaztak. A kémcsöveket lezártuk és inkubáltuk 24 órán át 37°C-on (Veres et al., 2015). Az inkubáció után minden mintához 4 ml metanolt adtunk, amely a reakció leállítását szolgálta. 2 óra inkubáció után centrifugáztuk a mintákat és a felülőszó abszorbanciáját 546 nm hullámhosszon megmértük, a kapott értékeket hasonlítottuk össze.

Katabolikus enzimaktivitás

Az **FDA** aktivitás mértéke számos hidrolitikus enzim (észterázok, lipázok, proteázok) aktivitását együttesen érzékenyen kimutató módszer, mely a szubsztrát indukált respirációval hozható összefüggésbe (Dick et al., 1997). Ilyen körülmények állnak elő abban az esetben is, amennyiben jelentős mennyiségű elhalt növényi szervesanyag kerül be a talajba azáltal, hogy művelőeszközökkel vagy mulccsal oda juttatjuk, így alkalmas lehet e művelési eljárásonként változó mennyiségű növényi szerves anyag indexelésére (Szili-Kovács et al., 2011). Ez a szerves anyag azonban a szaprofiton organizmusok mennyiségének a növekedését is eredményezi azzal, hogy nagy mennyiségű táplálékot biztosít számukra, így ilyen irányú összefüggések vizsgálatát

érdemes elvégezni. Az FDA vizsgálatával általános információhoz juthatunk a talajegészség állapotról, mely kifejezi a talaj képességét arra, hogy megfelelő körülményt biztosítson a mikrobáknak a mineralizációs folyamatok elvégzéséhez (Schumacher et al., 2015).

A talaj teljes katabolikus enzim aktivitását FDA (fluoreszcein-diacetát) enzimaktivitás módszerrel határoztuk meg Schnürer & Rosswall (1982) munkája alapján.
A fluoreszcein-diacetát hidrolízisét katalizáló enzimaktivitás során a színtelen FDA-t hidrolizálják a szabad és a membránhoz kötött enzimek, ezáltal felszabadítva egy színes végterméket, amely spektrofotometriásan mérhető. Közvetve az aktivitás révén megállapítható az összes baktérium és fonalas gomba biomasszája a talajban (Adam & Duncan, 2001).

4.5.2. Tenyésztéses mikológiai vizsgálatok

A gyökérzetből vett minta 8-10 cm-es részét csapvízzel talajmentesre öblítettük, majd 2 mm-es hosszúságú, kimetszett hajszálgyökér szakaszokról háromszor ismételt steril vizes vortexeléssel (keveréssel) a külső gombaszennyeződéseket eltávolítottuk. Az így kezelt hajszálgyökerek 2-3 mm hosszú darabjait – leoltásként – burgonyakivonat-dextróz tápagar (=potato-dextrose agar, továbbiakban PDA) felületére helyeztük.

A beoltott tápagar lemezeket 26°C-on – naponkénti megfigyelés mellett – 10 napig inkubáltuk. Regisztráltuk a gomba-pozitív leoltások számát és a kinőtt telepekből izolátumokat, illetve átoltással további tiszta tenyészeteket készítettünk. Meghatározásukat – első lépésben – világszerte elfogadott monográfiák kulcsai szerint nemzetség szintig végeztük (Arx, 1987; Kiffer & Morelet, 2011; Leslie & Summerell, 2006; Samson et al., 2010).

4.5.3. Molekuláris diagnosztikai vizsgálat tiszta tenyészetekből vett mintákon

DNS-kivonás: A törzseket 2-3 napig 3 ml (2% glükózt, 1% peptont, 0,5% élesztőt tartalmazó) táplevesben növesztettük, majd a táplevest leöntöttük és 1%-os $MgCl_2$ oldattal átmostuk. Ezt követően a telepeket Eppendorf csőbe helyeztük át. A DNS kivonását az Epicentre Biotechnologies® MasterPure™ Yeast DNA Purification készlet segítségével végeztük a gyártó leírása alapján.

Az ITS régió amplifikálása: Egy adott DNS szakaszt PCR berendezés segítségével tudunk felsokszorozni a kívánt mintánkból. Gombák esetében a fajszintű azonosításhoz a legelfogadottabban használt DNS szakasz az ITS régió (Deak, 2007). Az ITS régió amplifikálásához az alábbi komponenseket mértük össze (50 µl végtérfogatra számolva): DNS templát (2 µl), ITS1/ITS4 gomba specifikus primerek (0,5-0,5 µl), dNTP (10 µl), Taq polimeráz (0,2 µl), Puffer (5 µl) és MQ-víz (31,8 µl). Az előkészítés során a PCR-csöveket jéggel teli tálban tartottuk, hogy a reakció idő előtti beindulását megakadályozzuk.

A PCR reakcióhoz az általunk alkalmazott hőmérsékleti program a következő volt:

▪ 1. Preinkubáció	95°C	5:00	
▪ 2. Denaturáció	95°C	0:30	35×
▪ 3. Anelláció	54°C	0:45	
▪ 4. Elongáció	72°C	0:60	
▪ 5. Végső elongáció	72°C	7:00	
▪ 6. Hűtés	4°C		

PCR termék ellenőrzése: A kapott amplikonokat 1%-os agaróz gélben megfuttattuk, hogy leellenőrizzük a kapott PCR-terméket minőség és tisztaság tekintetében. A gél elkészítéséhez agarózt, TBE puffert, valamint etídium bromidot használtunk, amely a DNS-hez kötődik, ezáltal UV-fényben láthatóvá teszi azt. A mintáinkhoz jelzőfestéket pipettáztunk, majd a gélben fésűk segítségével előállított zsebekbe töltöttük be. Futtatás után UV-fény alá helyeztük a mintákat.

PCR termék tisztítása: A megfelelő méretű és minőségű PCR termék elérése esetén az ITS régió amplifikált szakaszának szekvencia meghatározása érdekében a következő lépésben a szükségtelen alkotókat (maradék dNTP, primer dimerek) NucleoSpin Extract II DNA Clean-up szettel (Macherey-Nagel) a gyártó előírásainak megfelelően eltávolítottuk. Az így létrejött, tisztított terméket a későbbiekben a szekvenáló PCR reakcióhoz templátként használtuk.

Szekvenáló PCR reakció: Az amplifikált DNS szekvencia bázissorrendjének meghatározásához szekvenáló PCR reakciót állítottunk össze.

A reakciómix összetétele:

- Big Dye 1 µl,
- Big Dye puffer 1,5 µl,
- Primer 0,5 µl,
- templát PCR termék koncentrációtól függően 1-7 µl,
- MQ víz 10 µl végtérfogatra kiegészítve.

Kicsapás: A szekvenáló PCR reakció során képződött terméket nátrium acetátos kicsapással tisztítottuk meg a felesleges alkotóktól. A mintákra első lépésben 80 µl acetát-mixet mértünk, melynek összetétele:

- 96%-os etanol 62,5 µl
- 3 M-os Na-acetát 3 µl,
- MQ víz 14,5 µl.

10 perc szobahőmérsékleten történő inkubáció során az etanol hatására a DNS precipitálódik, kicsapódik az oldatban, majd az azt követő 20 perces 4600 RPM-en történő centrifugálás hatására

a PCR csövek aljához tapad. A következő lépésben a felülúszót leöntöttük, majd 180 µl 70%-os alkohollal 20 perc centrifugálással újra átmostuk a mintákat. A felülúszókat ismét leöntöttük és a csöveket kiszárítottuk, végül 20 µl HiDi (nagytisztaságú) formamidot mértünk a mintákra.

Kapilláris gélelektroforézis: A szekvenáló PCR reakció előkészített termékét ABI Prism 310 Genetic Analyzer készülék segítségével vizsgáltuk a nukleotid sorrend megállapítása érdekében.

Szekvenciaelemzés: A kapott szekvenciákat a GenBank ingyenes, on-line adatbázisban levő szekvenciákhoz hasonlítottuk.

4.5.4. Újgenerációs shotgun metagenomikai vizsgálatok

Azzal, hogy nem szelektíven a 18S rRNS-t kódoló géneket, hanem együttesen, ún. shotgun metagenomikai vizsgálatokat végzünk a talajban, rizoszférában fennállhatna a veszélye, hogy az ott jóval nagyobb denzitásban jelenlevő baktériumok számossága miatt a gombák aránya alulbecsült lesz (Castañeda & Barbosa, 2017). Azonban az ezzel a módszerrel végzett viszgálatok minden korábbinál részletesebb (Anderson & Cairney, 2004) és a közösségösszetételre, funkció szerinti megoszlásra vonatkozóan pontosabb detektálási lehetőséget biztosítanak az olyan heterogén és soktényezős közegekben mint amilyen a rizoszféra is (Fadiji et al., 2021; Quince et al., 2017). Az általunk végzett vizsgálatok azonban a módszer több szakaszában is (DNS kivonó kit megválasztása, génbanki beazonosításához a szekvenált génszakaszoknak gombákra specializált adatbázist (Kraken) is használtunk) a lehetőségekhez mérten eukarióta, gomba fókuszúak voltak, hiszen a szőlő számára növényvédelmi kitettség szempontjából a gombák az elsődleges kórokozók (Agrios, 2005; Morrison-Whittle et al., 2017).

DNS izolálás: A DNS kivonást a 1.7.2. fejezetben leírtak szerint, illetve a Quick-DNA Fecal/Soil Microbe Kits gyártó leírás szerint végeztük.

Szekvenálás: Az izolált teljes metagenóm DNS minőségét egy Agilent Tapestation 2200 műszerrel ellenőriztük. A DNS-mintákat in vitro fragmentumkönyvtár előállításához használtuk. Az in vitro fragmens könyvtárakat az Illumina NEBNext® Ultra™ II DNS Library Prep Kit segítségével készítettük el. A párosított fragmensek leolvasását egy Illumina NextSeq szekvenálón állítottuk elő TG NextSeq® 500/550 High Output Kit v2 (300 ciklus) alkalmazásával. Az elsődleges adatelemzést (alap-hívás) a Bbcl2fastq ^ szoftverrel (v2.17.1.14, Illumina) végeztük. Az olvasás minőségét és hosszát a CLC Genomics Workbench Tool 9.5.1 alkalmazásával vágtuk le, 0,05 (Q13) hiba valószínűséggel és minimum 50 nukleotid hosszúsággal küszöbként. A nyírt szekvenciákat a MEGAN6 (https://uni-tuebingen.de/fakultaeten/mathematisch-naturwissenschaftliche-fakultaet/fachbereiche/informatik/lehrstuehle/algorithms-in-

bioinformatics/software/megan6/) és Kraken2 (https://ccb.jhu.edu/software/kraken/) szoftverrel elemeztük (Wood et al., 2019).

4.6. Meteorológiai adatrögzítés

A NAIK-SZBKI Badacsonyi Kutatóállomásának Lufft HP-100-as, Softwareupdate V4.4-el működő készüléke rögzít és 21 napig tárol adatokat a következő paraméterekben:

- Páratartalom
- Hőmérséklet (maximum, minimum, átlag)
- Levélnedvesség

A készülékkel egy beltéri PC, Microsoft Windows 7 alapú Smartgraf 3 programmal kommunikál az adatrögzítővel egy földkábelen keresztül. A mérési pont a talajfelszíntől 2 m magasan, a tengerszint (Adriai) felett 100 m magasságban helyezkedik el.
A csapadékmérés manuálisan kerül rögzítésre mm-ben napi rendszerességgel, míg a napsütéses órák száma ugyan csak manuálisan a MET honlapjáról a vizsgálati területre vonatkozó adatok rögzítésével történt.
A csapadékmérő meteorológiai állomás MET szolgáltatónál vezetett nyilvántartási száma 26605.

4.7. Szüreti paraméterek felvételezése

Az analitikai vizsgálatok a NAIK-SZBKI Badacsonyi Kutatóállomásának boranalitikai laboratóriumában történtek a szőlő feldolgozást követően, 17,5°C-os ülepített must mintákon. A mustok redukáló cukortartalma Schoorl-módszerrel, az MSZ 14841-1973 szabvány szerint került meghatározásra és magyar mustfokban (MM°) (egy kilogramm must cukortartalma dkg-ban megadva) lett kifejezve. A titrálható savtartalom az OIV-MA-AS313-01:R2009 szabvány szerint potenciometriás titrállással került meghatározásra és borkősavban került kifejezésre. A pH-érték kombinált üvegelektróddal, az MSZ 14849-1979 szerint potenciometriásan került meghatározásra. A rothadási százalék meghatározása helyszíni szemrevételezéssel és becsléssel került rögzítésre és százalékos arányban megadásra, párhuzamosan a tőkénkénti (kezelésenként tíz, a területet reprezentáló tőke) termésmennyiség tömegméréses meghatározásával.

4.8. Adatfeldolgozás, statisztikai analízisek

Valamennyi statisztikai számítást az R 4.0.0-ás verziójával végeztük el. A Shannon, Hill-diverzitás értékhez használt csomag a vegan, a korreláció számításokhoz pedig a Hmisc 4.4-2. verzió, ggplot2 3.3.3. verzió. A használt keretrendszer az Rstudio 1.2.5042-es verziója volt.

Az egyes változók közötti összefüggéseket normál eloszlású változók esetén (a normalitást Shapiro-Wilks teszttel vizsgálva) egyszempontos varianciaanalízissel, nem normál eloszlású változók esetén Kruskal-Wallis-próbával vizsgáltuk, a korrelációk mértékét és szignifikanciáját Pearson-féle korrelációval állapítottuk meg. Egyes vizsgálatok aránytalanul nagy ráfordításigényük miatt alacsony számú ismétléssel lettek kivitelezve, ebből kifolyólag ezek esetében jelentősen kisebb eséllyel lehet szignifikáns ($p<0,05$) összefüggéseket kimutatni más tényezőkkel. A dolgozatban ezek értékelésénél egyes esetekben az általánosan elfogadott szignifikancia szinthez közelítő, de azt még el nem érő kapcsolatokat, értékeket is megemlítjük. Az olyan változók esetén azonban, melyek mintaszáma rendkívül nagy volt (például a GROW szenzorok által gyűjtött klimatikus és talajnedvesség adatok), illetve sokszorosan meghaladta a más paraméterek esetében jellemző elemszámokat, a szignifikancia szintjét 0,01-nek határoztuk meg.

5. EREDMÉNYEK és ÉRTÉKELÉSÜK

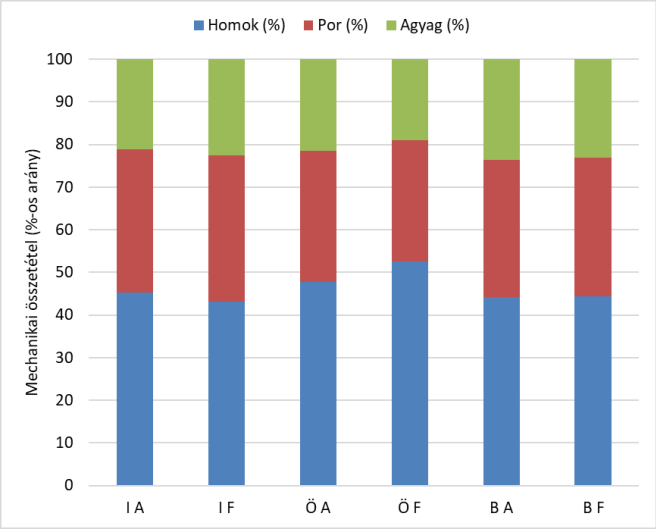
5.1. Az ültetvények talajművelési eljárásoktól független talajfizikai adottságai

Mindhárom vizsgálatnál (4.1. fejezet) az ültetvények vagy kezelések közvetlen egymás mellett helyezkednek el, kettő vizsgálatnál egy fizikai blokkban is (MePAR: XM2TV-P-18 ('Hajagos-hegy'), XWA8U-N-18 ('Badacsony'), míg a harmadik Szent György-hegyi vizsgálat esetén, a területek két fizikai blokk határán helyezkednek el (MePAR: XLQ0H-X-12 és XLMLH-F-12 ('Szent György-hegy'). Domborzati szempontból homogéneknek tekinthetőek az egymással összevetett területek, kezelések. Ebből következően befolyásolni a rizoszférában vizsgált paramétereket az esetleges talajtani adottságok tudják a vizsgálat fókuszát jelentő kezelések mellett. Annak érdekében, hogy a potenciális „zavaró", befolyásoló hatás mértékét megismerjük, megvizsgáltuk a területek talajmechanikai összetételét, textúráját.

5.1.1. Talajtextúra

A talajművelési eljárások összehasonlítása – 'Hajagos-hegy'

A három kezelés és a kezeléseken belül a két mélységnél kapott értékek minimális különbségeket mutatnak (**18. ábra**). Különösen homogénnek mondhatóak az eredmények a művelések hatásai által kevésbé érintett alsó (A) mintavételi mélységben, a legnagyobb különbséget az ÖF és IF területeknél mért homoktartalomban tapasztaltunk, mintegy 9,5%-os értékkel.



18. ábra: Lézerdiffrakciós szemcseanalízis alapú mechanikai összetétel vizsgálat eredménye a három frakció százalékos arányában megadva. Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület. 'Hajagos-hegy' (2017. ősz) (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, A=Alsó, F=Felső)

Az egyes frakciók százalékos aránya mellett a hazánkban általánosan alkalmazott (mezőgazdasági talajvizsgálatok szűkített analitikai paraméterei között is szerepel) vizsgálati paraméter, a kötöttség (Arany-féle kötöttség) mértéke segít meghatározni a talaj textúráját. E tulajdonság tekintetében, figyelembe véve a laboratórium által megadott mérési bizonytalanságot (±3 KA érték) az ültetvények, megerősítve a lézeres szemcseanalízátorral mért eredményekkel, közel homogének. Az Ö kezelés valamivel kisebb kötöttségű, és nagyobb homok tartalommal rendelkezik (**5. táblázat**), mint a többi terület.

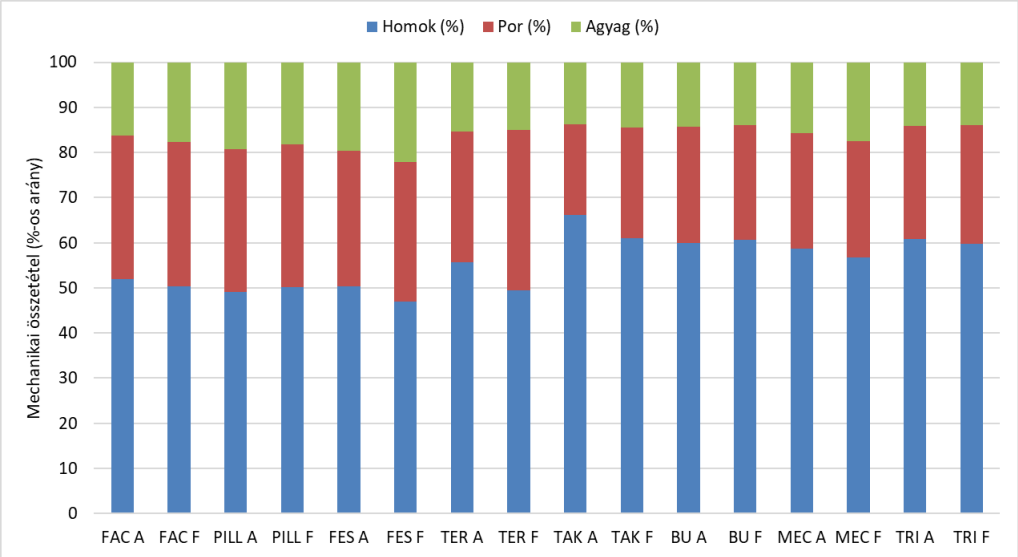
5. táblázat: Arany-féle kötöttség (KA) értéke a 'Hajagos-hegy' kezeléseinél
(Méréseket végezte: NAIK-SZBKI-Badacsonyi Kutatóállomás, Akkreditált laboratórium)
(Ö A=Ökológiai A, Ö F= Ökológiai Felső, I A=Integrált Alsó, I F=Integrált Felső, B A=Biodinamikus A, B F=Biodinamikus Felső)

Ö A	Ö F	I A	I F	B A	B F
31	32	32	34	36	37

A mért értékek alapján meghatározható, hogy a 'Hajagos-hegy' ültetvényei a homokos vályog kategóriába sorolhatóak egységesen (Filep et al., 2010).

Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'

A területről mért értékek jelentős különbségeket nem mutatnak. A legnagyobb különbség (azonos mélységből vett minták között), mintegy 17%-os eltérés a homoktartalomban mutatkozott a TAK A és PILL A kezelések között (**18. ábra**).



19. ábra: Mechanikai összetétel vizsgálat eredménye a három frakció százalékos arányában megadva – Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony' – 2017.ősz
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

A kötöttség értéke (KA) a MEC A és TAK A kezelések között közel 8 értékű különbséget mutatott (**6. táblázat**). Összevetve a mechanikai összetétel táblázattal, a kötöttség értéke nem az agyagtartalommal összefüggésben nőtt, viszont a humusztartalom nagyon erős lineáris korrelációt mutatott vele (R=0,92 p=0,00). A fentiek alapján a kötöttség eredményei pontos információt szolgáltatnak a művelhetőség és talajtani körülmények szempontjából a további vizsgálatainkhoz (Schmidt, 2011).

6. táblázat: Arany-féle kötöttség (KA) értékek a 'Badacsony' kezeléseinél

(Méréseket végezte: NAIK-SZBKI-Badacsonyi Kutatóállomás, Akkreditált laboratórium) – 2017. nyár
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

FAC A	FAC F	PILL A	PILL F	FES A	FES F	TER A	TER F	TAK A	TAK F	BU A	BU F	MEC A	MEC F	TRI A	TRI F
28	30	30	28	32	28	29	28	35	32	28	28	27	26	29	26

A mért értékek alapján meghatározható a FILEP *et al.* (2010) leírtak szerint, hogy a 'Badacsony' kezeléseinek helyt adó ültetvény talaja homoktalaj, kis mértékben lefelé (durva homok) és felfelé kilógva (homokos vályog) a kategóriából, a területen belüli természetes és eróziónak köszönhető diverzitásból következően. Megfigyelhető, hogy nem minden esetben mozog együtt a frakciók aránya a kötöttség értékekkel, ez adódhat az eltérő mintavételi időpontok miatt, mely az eróziónak kitett ültetvény esetén akár karakteresen változtathatja e paramétereket (Colazo & Buschiazzo, 2015; Wang & Shi, 2015).

A talajművelés intenzitásának összehasonlítása – 'Szent György-hegy'

E területnél ülepítéses eljárással határoztuk meg a talaj kvarchomok tartalmát annak érdekében, hogy a helyszíni próbák során szerkezetnélküli homoknak tapasztalt talajról megállapítható legyen az esetleges filoxéra immunitási paraméterek együtt-állása (**4.4.2. fejezet**) a gyökérzet e szempontból legfontosabb zónájában. Ahhoz, hogy egy talajt immunisnak lehessen minősíteni, három paraméternek kell teljesülnie (Bényei & Lőrincz, 2005):

- 85 %-ot meghaladó kvarctartalom,
- a leiszapolható részek aránya nem haladhatja meg a 20 %-ot,
- a humusztartalom nem lehet több mint 1%.

7. táblázat: Kvarchomok tartalom frakció meghatározása 30-60 cm mélységben (A)

Saját mérések eredményei az *MSZ-08-0010:1978* szabvány alapján.
(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott)

	INT	EXT	FEL
Kvarchomoktartalom/ 50 g talaj	42,97 g	42,92 g	44,99 g
%-os arány	86 %	86 %	90 %

Az **7. táblázat** eredményei és a **M12. táblázat**ban szereplő humusz értékek alapján megállapítható, hogy a szakirodalomban leírt feltételek teljesülnek a filoxéra immunitás szempontjából. Mindhárom ültetvényben az Arany-féle kötöttségi értékek (**8. táblázat**) megerősítik a fenti eredményt; mindkét vizsgálati mélységben a minták szerkezetnélküli homok, illetve durva homoktalaj kategóriába sorolhatók a Filep et al., 2010 leírtak alapján.

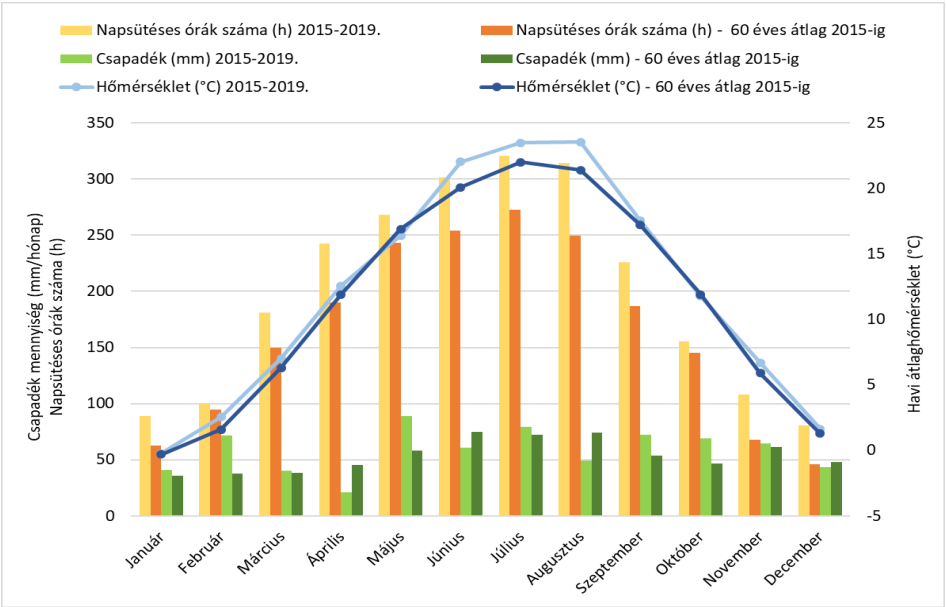
8. táblázat: Arany féle kötöttség (KA) értéke a 'Szent György-hegy' kezeléseinél.
Méréseket végezte: NAIK-SZBKI-Badacsonyi Kutatóállomás, akkreditált laboratóriuma.
(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott, A=Alsó, F=Felső)

INT A	INT F	EXT A	EXT F	FEL A	FEL F
22	24	26	22	24	26

Összegezve tehát elmondható, hogy a fizikai féleségre irányuló vizsgálatok (Arany féle kötöttség, mechanikai összetétel-lézeres szemcseanalizátor, és közvetetten az immunitás (ülepítéses vizsgálat)) eredményei alapján a Hajagos-hegyi ültetvények homokos vályog, a Badacsonyi ültetvény homok-homokos vályog, míg a Szent György-hegyi ültetvények durva (szerkezetnélküli) homok-homok talajokkal rendelkeznek.

5.1.2. Meteorológiai adottságok

A Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) Badacsonyi Szőlészeti és Borászati Kutatóállomásának (SZBKI), a Badacsony déli oldalán elhelyezkedő, önálló automata meteorológiai mérőállomásán 2015-2019. között mért eredményei, összevetve a helyszínen mért hatvanéves átlaggal a **20. ábráról** leolvashatók.

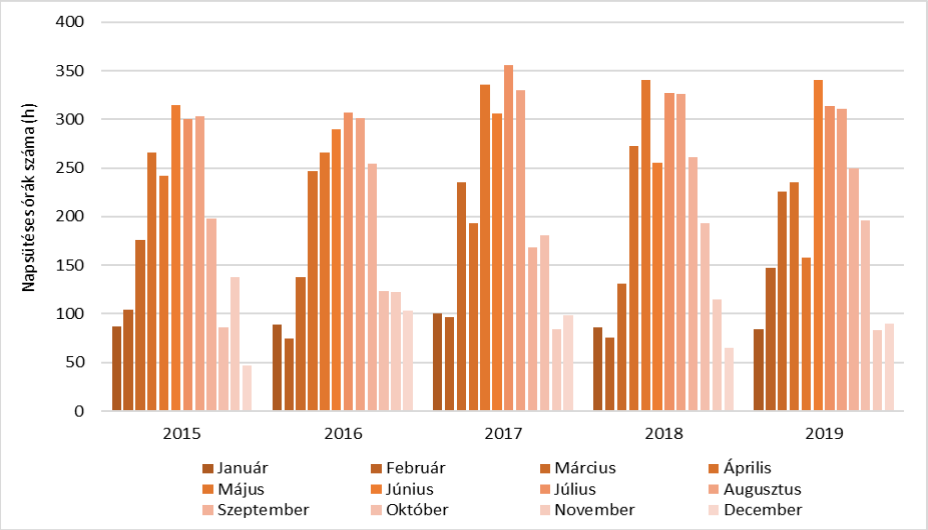


20. ábra: Meteorológiai adatok havi átlagolással feltüntetve a vizsgálati évek (2015-2019.) és a 2015-ig mért 60 év átlagának az értékekeivel összevetve
(FORRÁS: NAIK SZBKI BADACSONY – METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS)

A 4.1.1 fejezetben leírtakkal és a meteorológiai állomáson mért adatokkal összevetve a vizsgálat éveinek a vegetációs periódusaiban a napsütéses órák száma 18, a hőmérséklet 5, míg a csapadék mennyiség 3 százalékkal volt magasabb, mint a sokéves átlag 2015-ig.

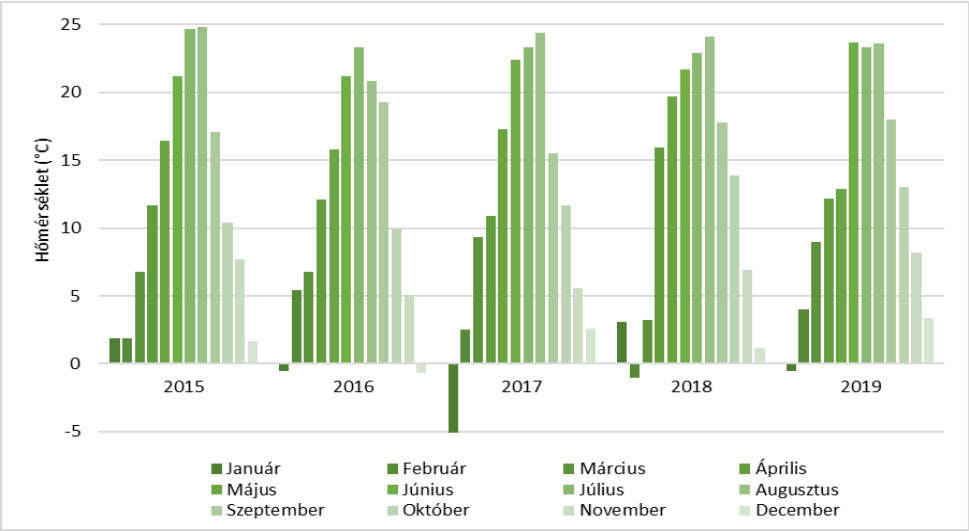
Ez kihatással lehetett mind a talajnedvesség viszonyokra, mind az ahhoz kapcsolódó egyéb általunk is vizsgált paraméterekre, ezért éves bontásban is bemutatjuk az eredményeket.

A **21. ábrá**ról leolvasható, hogy a napsütéses órák számának havi átlagai az öt vizsgált évben egymáshoz közeli értékeket mutattak, 2017-től kezdődően a nyári időszak azonban magasabb, míg a május 2017-18-ban kiugróan magas addig 2019-ben kiugróan alacsony napsütéses óraszámot hozott.



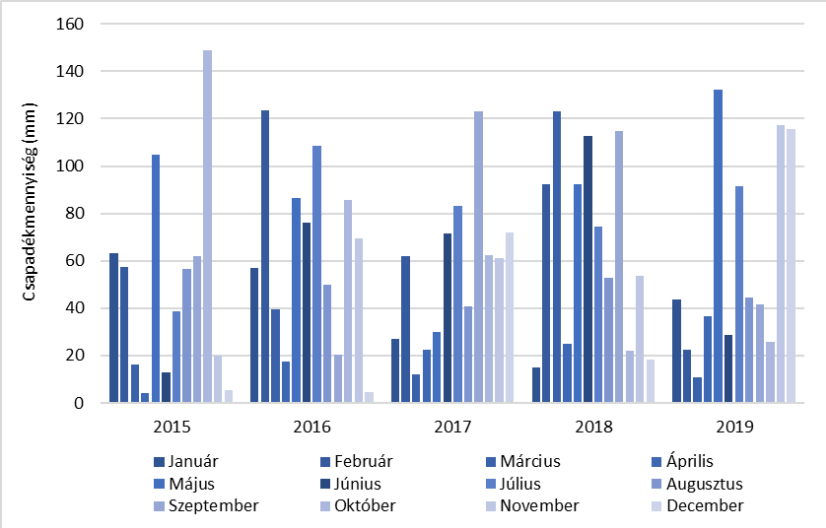
21.ábra: A vizsgálati években (2015-2019.) a napsütéses órák száma havi átlagban feltüntetve.
(FORRÁS: NAIK SZBKI BADACSONY – METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS)

A **22. ábrán** a 2015-2017-es évek egyenletes tavaszi melegedést, míg a 2018-as év gyorsan melegedő, a 2019-es pedig kifejezetten hűvös tavaszi időjárást hozott. Ez utolsó vizsgálati év viszont a legmagasabb átlaghőmérséklettel jellemezhető a nyári hónapokon (23,5°C). Megfigyelhető, hogy az öt év során csupán egyszer volt jelentősebb hideg a téli időszakban, 2017 januárjának átlaghőmérséklete -5,1°C volt.



22.ábra: A vizsgálati években (2015-2019.) mért hőmérsékleti értékek havi átlagban feltüntetve.
(FORRÁS: NAIK SZBKI BADACSONY – METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS)

A csapadékmennyiségre vonatkozó adatsorok mutatják a legkevesebb hasonlóságot az évek között a havi átlagok összevétésével. A május a 2015-s évtől eltekintve csapadékos volt. A nyári időszak a 2015 és a 2019-s évben száraz (36 illetve 54,8 mm csapadék) volt (**23. ábra**).



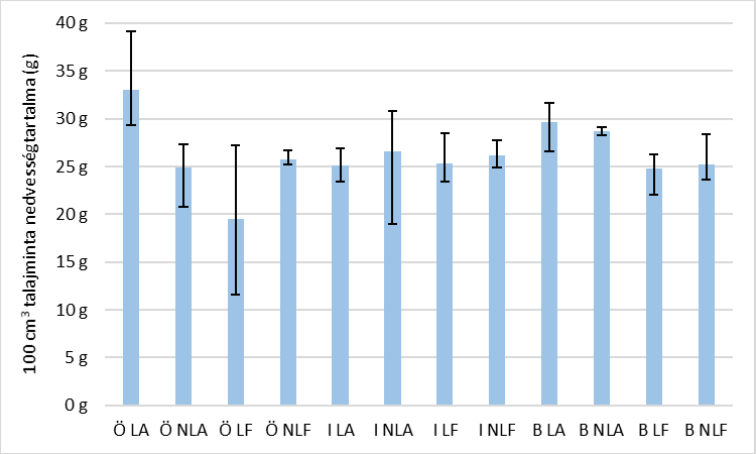
23.ábra: A vizsgálati években (2015-2019.) mért csapadékmennyiségek havi átlagban feltüntetve.
(FORRÁS: NAIK SZBKI BADACSONY – METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS)

5.2. Talajművelési eljárások hatása a szőlő rizoszféra biotikus/abiotikus tényezőire – 'Hajagos-hegy'

5.2.1. Abiotikus tulajdonságok és a talajművelés

A **talaj nedvességtartalmának és nedvességtartó képességének** a vizsgálata során három eltérő módszert is használtunk, hogy feltérképezzük a művelési eljárások által potenciálisan befolyásolt talajnedvesség viszonyokat (**4.4.3., 4.4.4., 4.4.5. fejezetek**). A mezőgazdasági célból

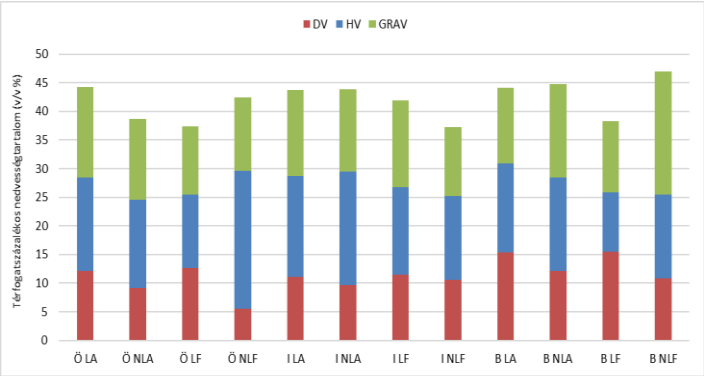
leggyakrabban alkalmazott talajnedvesség megismerésére a tömegszázalékos értékeket megadó ún. **szárítókamrás (gravimetriás) vizsgálat** számít. Ezt egy hasonló, térfogatszázalékos értékeket mérő módszerrel egészítettünk ki, a **talajvíztartóképesség** vizsgálatával. A két paraméter együttes vizsgálata lehetővé teszi, hogy a kultúrnövény számára felvehető talaj vízháztartással kapcsolatos összefüggéseit is megismerjük a **diszponibilis víztartalom** mérésével (Iversen et al., 2003).



24. ábra: Talajminták (n=3/változó) nedvességtartalma (g/100 cm³).
Talajművelési eljárások összehasonlítása – 'Hajagos-hegy' (2019. tavasz).
Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, A=Alsó, F=Felső)

A szárítókamrás vizsgálat eredményei alapján átlagosan a B kezelés értékei mutattak magasabb víztartalmat a tavaszi mintavétel során (**24. ábra**) és ezt megerősítik a térfogatszázalékos mérés eredményei is (**25. ábra**), ahol a legnagyobb különbség a DV esetén közel 10 százalékos volt a legalacsonyabb Ö értékeknél. Az Ö kezelésnél történik a legintenzívebb gyomszabályozás (Művelési naplók – **3. táblázat**) mely azt eredményezi, hogy nem árnyékolja és szigeteli le a talajfelszínt növényzet, így mind a párolgás, mind a felmelegedés intenzitása (a sötét talajfelszín magasabb albedójából adódóan) és mértéke is magasabb lehet.

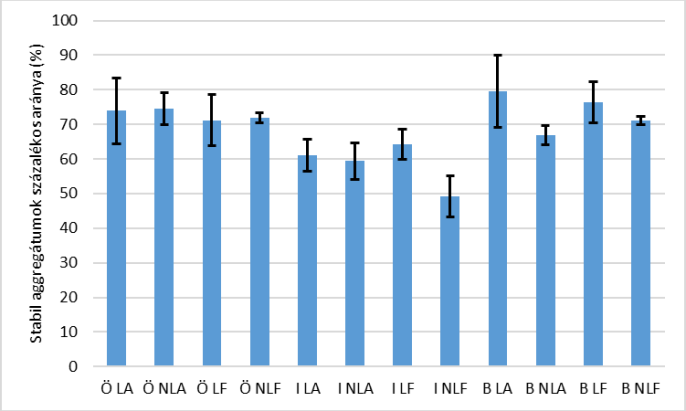
Megfigyelhető még, hogy a DV értékek kivétel nélkül magasabbnak bizonyultak a lazított (L) kezelésnél vett mintáknál, mind az A mind az F mélységek esetén. A **talajszellőztetés**nek köszönhetően feltételezhetően kedvezőbb lett a háromfázisú talaj frakcióinak aránya, azáltal hogy javult a szerkezete. A lazítás hatására, a talaj a növény számára több felvehető nedvességtartalmat képes biztosítani. Feltételezhetően a talajlazításnak köszönhető javulás, a talaj tömörödöttségének alakulásában és az azt közvetetten befolyásoló aggregátumstabilitás értékekben is megmutatkozik (Dunai & Tóth, 2015) amennyiben sikeres volt a talajszellőztetés.



25. ábra: Talaj vízvisszatartó képesség (n=1/változó): diszponibilis víz (DV), a holt víz (HV) és a gravitációs víz (GRAV) százalékos aránya.

Művelési eljárások összevetése – 'Hajagos-hegy' (2019. tavasz).
(Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, A=Alsó, F=Felső)

A makro **aggregátumstabilitás**i értékek a talaj nedvességtartó képességére utalhatnak, magasabb értékek mellett jobb nedvesség viszonyokra számíthatunk, amennyiben más potenciálisan befolyásoló tényezők is fennálnak (pl.: humusztartalom, talajbiológiai élet, kedvezőbb talajkémia adottságok (pH, mésztartalom)) (Barthès & Roose, 2002; Bissonnais et al., 2007). Az intenzívebb talajbolygatás negatív hatása mellett az egyes peszticidek (kifejezetten a herbicidek és inszekticidek) csökkenthetik az aggregátumstabilitás növelésében szerepet játszó mikroorganizmusok (gombák, baktériumok, mikorrhizák) és fauna alkotók (giliszták) számát és aktivitását (Siegrist et al., 1998), így az I kezelésnél tapasztalható alacsonyabb értékek (**26. ábra**) e komplex hatással állhatnak összefüggésben. A másik két kezelés esetében (Ökológiai (Ö) és Biodinamikus (B) herbicidek és inszekticidek korlátozottan vagy egyáltalán nem alkalmazhatók (Bavec et al., 2009).



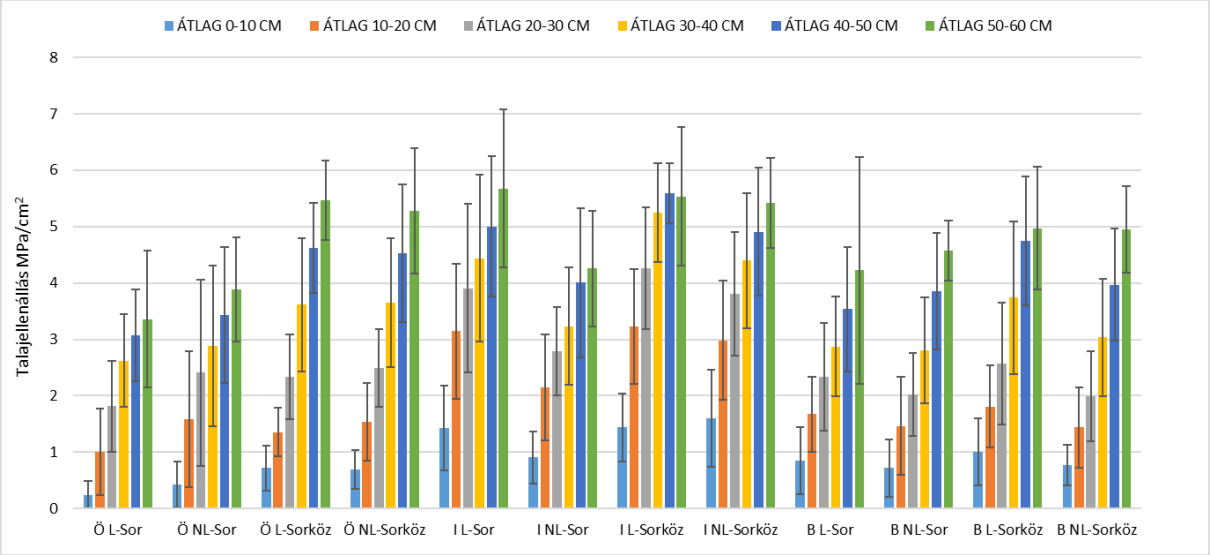
26. ábra: Stabil makroaggregátumok százalékos aránya és az adatok szórása (n=3/változó).
Művelési eljárások összevetése – 'Hajagos-hegy' (2019. tavasz).
(Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, A=Alsó, F=Felső)

Dunai (2017) az alacsonyabb intenzitású művelés mellett magasabb százalékos arányt tapasztalt az általunk azonos módon vizsgált makroaggregátumok esetében, ezt saját vizsgálati eredményeink összevetése is igazolja (Művelési naplók – **3. táblázat** és **26. ábra**). Az összes

traktorforgalom Ö:13, I:21, B:10 míg a talajbolygatással járó munkaműveletek száma Ö:3 I:5 B:1 volt. Valamennyihez hozzászámolható a talajszellőztető gép által 2017. szeptemberében megtett plusz egy menetszám. A legmagasabb menetszámú és legintenzívebben művelt terület (I) mutatja a legalacsonyabb értékeket, míg a legkevésbé bolygatott terület a legmagasabbakat, ám közel azonosakat az Ö kezelés értékeivel (B LA / I LA p=0,03, B NLF / I NLF p=0,01, O NLF / I NLF p=0,01), O NLF / B NLF p=1,00). A menetszámok (1,30:2,10:1,00) vagy a talajbolygatással járó műveletek (3,00:5,00:1,00) számának egymáshoz viszonyított aránya azonban nem áll egyenes arányosságban az aggregátumstabilitási értékeknél tapasztalt kezelésenként átlagolt eredményekkel (1,00:0,74:1,00).

Megfigyelhető a **26. ábrán** továbbá, hogy a lazítás az I és B kezeléseknél emelkedő értékeket hozott a stabil aggregátumok tekintetében, azonban ezek nem szignifikánsak (B LA / B NLA p=0,33, I LF / I NLF p=0,14). Az emelkedő értékek amennyiben feltételezhetően a javuló talajszerkezet okán nagyobb intenzitású és mértékű mikrobiális aktivitásnak köszönhető (Pohl et al., 2012). A hatás másfél évvel a kezelést követően került megvizsgálásra, így feltételezhetően az ekkor tapasztalt állapot stabilnak és nem csak időszakosnak mondható.

A **talajpenetrométer**es vizsgálat eredményei felbontva 10 cm-es szakaszokra mutatják meg az F és A mélységek tömörödöttségi viszonyait (**27. ábra,** illetve **M7**.). Látható, hogy jelentősen nagyobb értékeket (eredményeztek az I kezelés művelési gyakorlatai (menetszám-taposási kár, tömörítést eredményező talajművelési eljárások) és ezen a lazítás sem segített (0-40 cm: I LA / I NLA p=1,00; 40-60 cm: I LA / I NLA p=0,98). Sőt egyes esetekben még jelentősen (**9. táblázat**) rosszabb eredményeket is leolvashatunk az ábráról az L kezelésnél.



27. ábra: Talajpenetrációs ellenállás mértéke 0-60 cm mélységben – átlagolt értékek (n=10/változó, n=20/kezelés)
Talajművelési eljárások hatása a szőlő rizoszféra biotikus/abiotikus tényezőire – 'Hajagos-hegy' (2019. nyár).
(Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított,
Sor=Szőlő sor, Sorköz=Szőlő sorok között)

Azon esetek melyekben a lazított (L) területről vett minták magasabb ellenállást mutattak a 18-ból 11, és ebből hét alkalommal a különbség 15%≤. Hét alkalommal azonban javulást eredményezett a szellőztető kezelés és ebből három esetben a különbség 15%≤. Mind három érték az Ö kezelésnél található, annak is a fenti 0-30 cm-es mélységű talajtartományában.

9. táblázat: A 27. ábrán bemutatott NL és L alkezelések talajpenetrációs ellenállás eredményeinek a hányados értékei (NL:L kezelésenként és mélység tartományonként) 10-10 cm-ként kategorizálva.
(Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus)

Kezelések	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm	50-60 cm
Ö (Ö NL:Ö L)	1,17	1,32	1,18	1,05	1,04	1,04
I (I NL:I L)	0,87	0,80	0,81	0,79	0,84	0,86
B (B NL:B L)	0,80	0,83	0,82	0,88	0,94	1,04

Ez az eredmény előzetes várakozásainkkal ellentétes, lehetséges hogy a szellőztetést végző gép taposása újabb talajtömörítő hatásként lépett fel a területen és nem tudta hatékonyan a beavatkozással kompenzálni ezt.

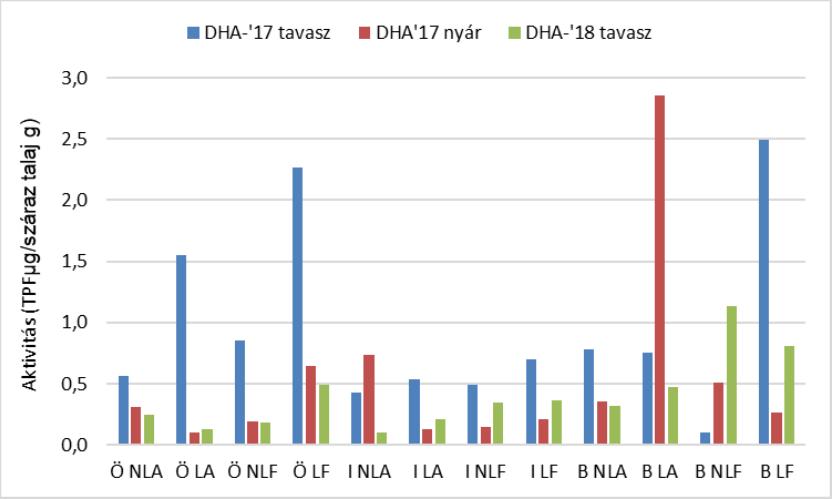
A bővített talajanalízisből származó agrokémiai adatsort elemezve, az ültetvények talajai semleges kémhatással, gyengén meszes, kis sótartalmú talajokkal rendelkeznek. A humusztartalom az I és Ö kezelés minkét mélységében gyenge, míg a B kezelés két mélységében közepes szintű. A nitrogén ellátottság valamennyi kezelésben gyenge, a foszfor jó vagy igen jó (B F), a kálium pedig valamennyi esetben igen jó. A nátrium szint az I F, Ö F és B A kezeléseknél magas, a többinél megfelelő. A magnézium, kén cink és réz tartalom jó vagy kielégítő, ez utolsó esetében túl magas valamennyi esetben (**M13.**). A kismértékben eltérő pH értékek, az Mn, Zn mikroelem mennyiségek figyelembe véve, hogy egyik kezelésnek sem része műtrágya alkalmazás mely jelentős módosító hatásként léphetne fel, a termőhely természetes heterogenitásának köszönhetőek. A kezelések okozta körülmények befolyásolják azonban a mintázott mélységekben a humusz- (bolygatás-lebontást segítő körülmények), az Na (erózió következtében a termőréteg kopásával felszínhez közelebb kerül), az S és Cu (kontakt hatású növényvédőszer, melynek a kizárólag ezt a hatásmechanizmust alkalmazó ültetvényeknél (Ö, B, EXT) magasabb az éves kijuttatott mennyisége) tartalmat.

5.2.2. Biotikus tulajdonságok és a talajművelés

Enzimaktivitás

Várakozásaink szerint a DHA enzimaktivitás a humusz és talajvíztartalommal, az aggregátumstabilitás értékekkel pozitív korrelációban, illetve a talajtakaró növényzettel, annak bolygatásával lehet összefüggésben. Mindemellett azon paraméterek melyek a fentiekre, vagy

magára az enzimet kiválasztó szervezetekre kihatással lehetnek (pl.: agrokemikáliák, traktor-menetszám és talajtömörödöttség), hathatnak ezen értékekre.



28. ábra: Dehidrogenáz (DHA) enzimaktivitás értékek három mintavételi időpontból – Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy' (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, A=Alsó, F=Felső)

A **28. ábrá**ról leolvasható, hogy a kezelések többségénél (75%-ban) a 2017. tavaszi időpontban volt a legmagasabb a DHA intenzitás. A tavaszi, nyárhoz képest hűvösebb időjárás melletti magasabb értékek a Kotroczó et al. (2017) által megfigyelt tendenciákkal egyeznek, azonban a 2018. tavaszi minták alacsony értékei ezt már nem erősítik meg.

A lazított kezelés (L) csak 2017 őszén került beállításra, ekkor lett elvégezve a beavatkozás, így csak a 2018-as eredmények azok, melyeket e kezelés tükrében értékelhetünk. Ez alapján elmondható, hogy a kezelésen belüli, gyakorlatilag ismétlésként kezelhető 2017. tavaszi és nyári minták eredményeiben megfigyelhető különbségek igen jelentősek (a legnagyobb különbség 2.268% a B NLF-B LF esetében). A 2018. tavaszi mintáknál pedig a lazítás nem okozott trend jellegű eltérést, főként nem a mélyebb (A) zónában, ahol elsősorban a lazító hatásának betudható változások várhatóan beállnak. Feltételezhetően e mélyebb zónában nem az anaerob környezeti feltételek, hanem az elérhető szervesanyag mennyisége jelenti a limitáló tényezőt.

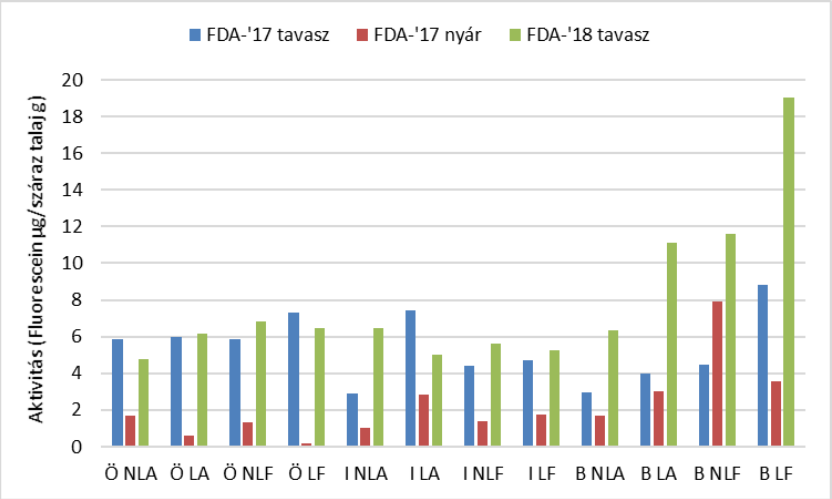
Kezelésenként értékelve, ahol nem történt lazítás ott az Ö terület több 40% mínusz és 50% plusz, míg a B terület közel azonos vagy több mint 200% plusz aktivitás értékeket ért el az I terület eredményeihez viszonyítva (**10. táblázat**). Ez alapján a DHA aktivitást mind az NL mind az L kezelések esetén a B ültetvényben tapasztaltuk a legmagasabbnak, ami előzetes várakozásainknak megfelelő eredmény.

10. táblázat: A hat kezelés három mintavételi időpontban kapott DHA aktivitás (TPF µg/száraz talaj g) eredményei, kezelésenként átlagolva az 28. ábra eredményei alapján – Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy'
(Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított)

	Ö NL		**I NL**		**B NL**	
Mintavétel	**Átlagok** (Ö NLA+Ö NLF)/2	**Arányszám** (I=1, Ö:I)	**Átlagok** (I NLA+I NLF)/2	**Arányszám** (I=1)	**Átlagok** (B NLA+B NLF)/2	**Arányszám** (I=1, B:I)
2017. tavasz	0,71	1,54	0,46	1	0,44	0,97
2017. nyár	0,25	0,57	0,44	1	0,43	0,97
2018. tavasz	0,22	0,96	0,23	1	0,73	3,20
	Ö L		**I L**		**B L**	
	Átlagok (Ö LA+Ö LF)/2	**Arányszám** (I=1, Ö:I)	**Átlagok** (I LA+I LF)/2	**Arányszám** (I=1)	**Átlagok** (B LA+B LF)/2	**Arányszám** (I=1, B:I)
2017. tavasz	1,91	3,08	0,62	1	1,62	2,62
2017. nyár	0,37	2,14	0,17	1	1,56	9,04
2018. tavasz	0,31	1,09	0,29	1	0,64	2,24

Az agrokémiai adatokkal történő összevetés alapján egyik paraméterrel sem találtunk kapcsolatot a DHA aktivitás mértékével, ami a kezeléseken belül tapasztalt eltérések tükrében nem váratlan eredmény, melyek minden bizonnyal a mintavétel vagy feldolgozás során vétett módszertani hiányosságok miatt ältak elő. A minták alaposabb homogenizációjával és szitálásával feltehetőleg javítani lehetett volna a mért értékek pontosságán.

Az FDA enzimaktivitás eredménysorát a többi vizsgált paraméterrel összevetve a DVSZ (5.2.1 fejezet) százalékos aránya a pozitív korrelációt mutatott (R=0,58, p=0,045) a 2018. tavaszi adatokkal, azonban az azt megelőző két mintavételi időpontból származó eredményekkel nem. Az FDA és DHA enzimaktivitások elemzése, a 2017. őszi és 2018. tavaszi FDA és a DHA 2018. tavaszi minták között pozitív korrelációt (R=0,84, p=0,01 illetve R=0,72 p=0,01) mutatott.



29. ábra: Fluoreszcein diacetát (FDA) enzimaktivitás értékek három mintavételi időpontból – Művelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy' (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, A=Alsó, F=Felső)

Az 2017. és 2018. tavaszi értékek összevetve láthatóan magasabbak voltak ennél az ültetvénynél mint a nagyobb arányú homokfrakcióval rendelkező 'Badacsonyi' területnél, mely igazolhatja az Adam & Duncan (2001) által leírtakat, miszerint a magas homok és agyag tartalmú talajokban nehéz az FDA mérést indikátorként alkalmazni, mert alacsony értékeket adnak.

A 2017. tavaszi eredmények alapján az Ö, míg a 2017. nyári és 2018. tavaszi eredmények alapján a B kezelés szerepelt kiugróan jól (**29. ábra**). Előnyét ez utóbbi 2018-as mintavételi időpontban növelni tudta, és megmutatkozni látszanak a talajszellőztetés hatásai is, bár a talajszellőztetéshez kapcsolódó várakozásainkkal ellentétesen a sekélyebb (F) mélységben jelentkezett ez a hatás hangsúlyosabban.

Az FDA enzimaktivitásnál mért értékek jelentősen kisebb, ám még mindig jelentős eltéréseket mutattak 2017-es, még nem „szellőztetett" NL és L minták összevetésekor (**11. táblázat**). A legnagyobb különbség 169%-os volt.

11. táblázat: A hat kezelés három mintavételi időpontban kapott FDA enzimaktivitás (µg/száraz talaj g) eredményei, kezelésenként átlagolva az 29. ábra eredményei alapján – Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy'
(Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított)

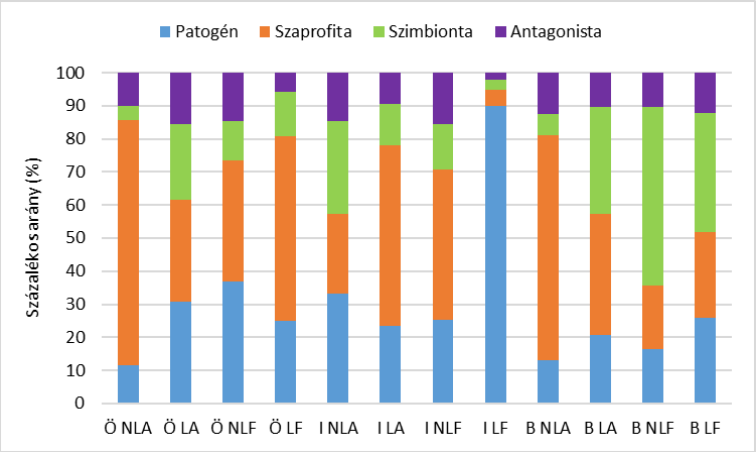
	Ö NL		**I NL**		**B NL**	
Mintavétel	**Átlagok** (Ö NLA+Ö NLF)/2	**Arányszám** (I=1, Ö:I)	**Átlagok** (I NLA+I NLF)/2	**Arányszám** (I=1)	**Átlagok** (B NLA+B NLF)/2	**Arányszám** (I=1, B:I)
2017.tavasz	5,87	1,61	3,65	1	3,72	1,02
2017.nyár	1,50	1,23	1,22	1	4,82	3,93
2018.tavasz	5,80	0,96	6,04	1	8,98	1,49
	Ö L		**I L**		**B L**	
	Átlagok (Ö LA+Ö LF)/2	**Arányszám** (I=1, Ö:I)	**Átlagok** (I LA+I LF)/2	**Arányszám** (I=1)	**Átlagok** (B LA+B LF)/2	**Arányszám** (I=1, B:I)
2017.tavasz	6,65	1,10	6,05	1	6,42	1,06
2017.nyár	0,39	0,17	2,30	1	3,27	1,42
2018.tavasz	6,32	1,23	5,14	1	15,07	2,93

Egyes agrokémiai adatok a 2017. tavaszi és 2017. nyári eredményekkel korreláltak, azonban a 2018. tavaszival nem. Az agrokémiai adatok potenciálisan gyors változása és a paraméterek közötti lineáris kapcsolatok korlátozottságának tudatában, visszafogott következtetések levonása lehetséges a paraméterek között végzett korreláció-számításainknak, azonban érdemesnek tartottuk a kalkulációk elvégzését. A Mg tartalommal pozitív korrelációt mutattak a 2017.tavaszi (R=0,44 p=0,09) és 2017.nyári (R=0,47 p=0,07) FDA eredmények, mely a Mg a klorofill szintézisben, növényi stressztoleranciában és különböző enzimatikus folyamatokban betöltött modulátor szerepe okán, feltételezhetően a rizoszféra nagyobb biológiai aktivitását jelzi (Senbayram et al., 2016). A foszfor tartalom is minkét mintavételi időpontban (2017.tavasz:

R=0,55 p=0,28; 2017.nyár: R=0,38 p=0,15) pozitív összefüggést mutatott, ezt a foszformobilizációs, szervesanyag mineralizáló folyamatok magyarázhatják, melyeket az intenzívebb mikrobiális aktivitás indukál (az általunk vizsgált enzimek mellett foszfatáz enzimek) (Gáspár et al., 2012).

Újgenerációs shotgun metagenomikai vizsgálatok

A négy, funkció szerint csoportosított, szőlő rizoszférából azonosított gomba csoportot, a teljes (nagyobb abundanciával jelentkező) közösséghez viszonyított százalékos arányuk szerint ábrázoltuk az **30. ábrán**.



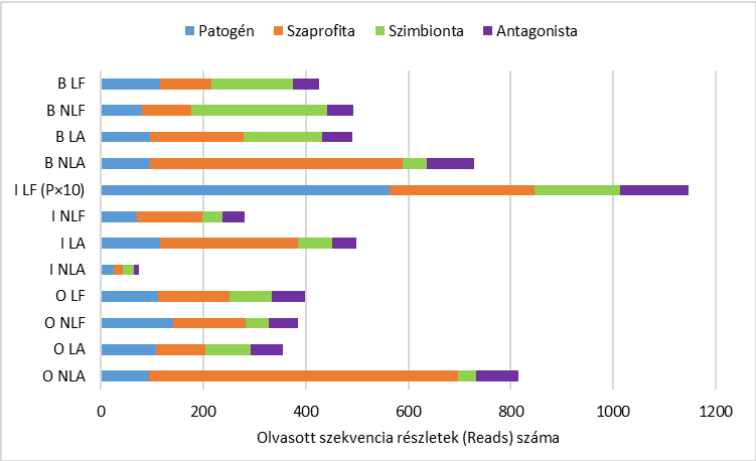
30. ábra: A detektált nagy denzitású (minimum 10 szekvencia részlet/reads) gombafajok százalékos aránya a vizsgált szőlőültetvények rizoszférájában – Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy' – 2018. tavasz (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, A=Alsó, F=Felső)

Az L mintáinak eredményét összevetve az NL kezelések eredményeivel nem figyelhetünk meg következetesen kirajzolódó mintázatot, egyik csoportnál sem. Azonban a legszembetűnőbb minta (I LF) eredménye, mely drasztikusan nagyobb arányban tartalmazta patogén törzsek DNS-ét, mindenképpen kiemelve értékelendő. A faj, melynek dominanciája egymaga ily mértékben módosította a kezelésnél tapasztalható arányt, az ún. almafarákot (Apple canker) okozó *Neonectria ditissima (syn. Neonectria galligena)*, szélesebb körben ismert anamorf, ivartalan formájának megnevezése *Cylindrocarpon heteronema* (Halleen et al., 2004). Elsősorban a *Cylindrocarpon* fajokat teszik felelőssé (korábban elsősorban a *Cylindrocarpon destructans fajt* (Úrbez-Torres et al., 2014)) a világszerte egyik legjelentősebb szőlőkárosítóként fellépő tőkepusztulást okozó tünetkomponensért, a feketelábúság betegségért (Black foot disease) (Bertsch et al., 2013). Weber (2014) más gyümölcs fajokat is súlyosan károsító gombafajnál működő és a jövőben akár szélesebb körben is alkalmazható növényvédelmi beavatkozásnak a különböző rezes kezeléseket írja le, többek között akár a rézoldatba áztatását is a növénynek telepítés előtt. Az I kezelés esetében mértük a legalacsonyabb rézmennyiséget a talajban. E lemosódott perzisztens növényvédőszer hatóanyag így itt tud a legkisebb mértékben kontrol hatást kiváltani a *Neonectria*

ditissima kórokozóval szemben is. Az, hogy miért kizárólag a lazított (I) mintánál jelent meg domináns mennyiségben valószínűsíthetően nem faj, hanem tünet specifikus (Halleen, 2015), a kezelés olyan abiotikus körülményeket indukált, mely a patogén fajok arányának növekedését eredményezte. Az abundanciában őt követő három másik faj is patogén volt ennél a mintánál (abundanciában csökkenő sorrendben: *Fusarium oxysporum*, *Pestalotiopsis fici*, *Neopestalotiopsis sp*. 37M). Lehetséges, hogy ennél a területnél a gyökérszaggatással, „metszéssel" járó talajszellőztetés azzal, hogy a gyökérszakadások nyomán a vékonyabb gyökérzeten sok apró sebfelületet eredményez, lehetőséget biztosított e fajoknak a bejutásra, és ezáltal feltehetőleg (vizsgálataink nem terjedtek ki e paraméterre) az érintett gyökerek pusztulását okozták a réz hatóanyag kontrolljának hiányában.
E közvetett hatás amennyiben bizonyosságot nyerne, a termesztők akkor is csak korlátozottan, sőt mind korlátozottabban alkalmazhatnának ilyen irányú réz hatóanyagú növényvédőszereket: Az Európai Unió ugyanis, éppen e hatóanyag felhasználhatóságának korlátozása felé tett és még tesz várhatóan a közeljövőben lépéseket (Anastassiadou et al., 2020), így mindenképpen alternatív megoldásokat lenne szükséges találni a termelőknek.

Az antagonistáknak besorolt gombafajok aránya a művelési eljárások között kiegyensúlyozott volt (**30. ábra**), a szimbionták aránya azonban eltéréseket mutatott. Ez várakozásainkkal és a Schmid et al. (2011) által leírtakkal is egyező megállapítás, az egyes gombafajok funkciónkénti besorolás szerinti aránya is módosul a közösségszerkezet mellett. B kezelésből vett három mintánál meghaladta a 30 százalékot az arányuk, egy esetben az ötvenet is (53,9). Azonban a B NLA mintánál, tehát a nem szellőztetett (NL) kezelésnél jóval alacsonyabb (6,3%) volt az arányuk. Ez feltehetőleg nem a tömörödöttebb, levegőtlenebb talajnak, és így kedvezőtlenebb közegnek tudható be, hisz a talajellánállásra vonatkozó adatok ezt nem támasztják alá. A B NLA mintavételi mélységében (30-50 cm) a tömörödöttség alacsonyabb a hat kezelés átlagánál.

Az antagonistáknak azonban nem csak közösségen belüli arányuk alacsony ennél a mintánál, hanem az abundanciájuk is (**31. ábra**). Ezen kezelésnél az egyik legalacsonyabb a patogének aránya is mely, magyarázhatja az antagonista fajok közösségen belüli arányának csökkenését, mint ahogyan csupán a növénytakaró, vagy a művelésmód változtatása is (Brinkmann et al., 2019).



31. ábra: A detektált nagy denzitású (minimum 10 szekvencia részlet/reads) gombafajok abundanciája a vizsgált szőlőültetvények rizoszférájában (P×10=az I LF kezelésnél a patogén (P) fajok száma olyan magas volt, hogy a leolvashatóság érdekében tízzel osztott értékkel került feltüntetésre az ábrán) – Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy' – 2018. tavasz (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, A=Alsó, F=Felső)

Az I NLA kezelés mintájánál a DNS kivonás bár azonos időpontban és módon történt a mintavételtől kezdve az egész folyamat nem volt olyan sikeres, mint a többi minta esetében. Annak ellenére sem, hogy öt alkalommal is ismételt kivonás történt eltérő módszerekkel és kivonó kitekkel. Ennek eredményeképp a fajok abundanciájára vonatkozóan és a funkció szerinti csoportok egymáshoz viszonyított arányában sem szabad messzemenő következtetéseket levonni e minta eredményei alapján. Ezt a diverzitás értékek kalkulációjára általunk alkalmazott béta diverzitás index (PcoA, Bray-Curtis) is megmutatta 20,8 és 51,2%-os eltérésekkel.

Az I ültetvény lazított (L) és nem lazított (NL) kezelései között rajzolódik ki a legélesebb különbség, mindkét mélység esetében. Úgy tűnik a lazítás javította a gombák életkörülményeit és növelte relatív egyedszámukat. Ez magyarázható esetleg e növekedést nagy arányban produkáló patogén fajok számára megjelenő elhalt növényi szervesanyagnak, mely a lazítás hajszálgyökér metsző hatásából fakad, vagy esetleg a megnövekedett oxigén tartalom a talajban indukált olyan folyamatokat melyek úgy módosították a környezetet, hogy az a gombák (főként a patogének) számára kedvezőbbek voltak.

A Shannon-féle alfa diverzitás értékek alapján a közösség számosságával is kalkulált diverzitás a legmagasabb az Ö ültetvény esetében volt, míg B ültetvény négy mintájából három magas, azonban egy (NLF) a közepesen szereplő I értékkel (NLF) együtt alacsonyabb értéket mutatott, míg az I NLA a legalacsonyabbat. A diverzitás és közösségösszetétel változás ilyen, az ökológiai, biodinamikus és konvencionális (esetünkben ahhoz a herbicid és szisztémikus növényvédőszer alkalmazás miatt közelebb álló integrált (I)) művelési irányonkénti eltérését tapasztalta (Morrison-Whittle et al., 2017). Hendgen et al. (2018) azonban nem találtak különbségeket mikor hozzánk hasonlóan, integrált, ökológiai és biodinamikus ültetvényeket vetettek össze a gomba diverzitás

tekintetében, pedig az eltérő sorköz és sortakarás jelentette előnyös, gyökérben és szerves anyagban gazdag közegtől ezt várták ez utóbbi két kezelésnél. Leírták viszont, hogy egyértelmű gomba-közösségmódosító hatása volt a kezeléseknek, az egyes közösségek funkcionális csoportosítására azonban nem tértek ki.

A fenti eredmények számos tanulmány által kialakított várakozásainkat igazolták, miszerint az intenzívebb talajbolygatás, a herbicid felhasználás és különböző növényvédőszerek alkalmazása jelentette különbségek, melyek a művelési eljárások között fennálnak módosítják a gomba közösségek struktúrája mellett a különböző ökológiai funkciót betöltő csoportok egymáshoz viszonyított arányát és így a talaj szuppreszivitását is.

A kultúrnövény tápanyagellátottságát vizsgálva a kezelések közötti különbségek detektálásának céljából levélanalízist végeztünk a szőlő lombjából 2018 nyarán, a szüreti időszakban vett mintákból, melynek eredménye a **12. táblázat**ban található.

Látható, hogy a N, P, K, és a Cu tartalomban is jelentős eltérések mutatkoznak. Az I ültetvény esetén a N tartalom optimális és alacsony szint határán, a P a három terület közül egyedül itt alacsony, míg a K kifejezetten alacsony volt (**M17.**). Az elemtartalmak közötti arányeltolódás is az I ültetény esetén volt a legjelentősebb mértékű (**M18.**), míg az N/K és K/Mg arány az Ö és B, L és NL kezeléseinél is megfelelő volt, ennél egyik esetben sem (**M19.**). Az N/P arány az I ültetvénynél úgy mutat megfelelő értékeket, hogy az N tartalom az optimális tartomány aljába, míg a P az alacsony tartományba esett.

A lazítás (L) nem eredményezett jelentős különbségeket a tápanyagtartalomban, és ami változás tapasztalható az a mérési bizonytalanságon belül volt (10%). Viszont mind a N- mind a K-ellátottság alapján elmondható, hogy a legrosszabb tápanyagellátottsági mutatókkal az I kezelés rendelkezik, úgy, hogy egyik ültetvény esetében sem történt a közelmúltban szerves vagy szervetlen trágyázás. Azzal hogy habár közel azonos életkorú ültetvények, ám eltérő szőlőfajták levélanalízis eredményeit vizsgáltuk, nem tökéletesen összevethetőek az adatok, azonban ilyen mértékű eltérés már nem a fajták közötti eltérésekből fakad (Casanova-Gascón et al., 2018).

12. táblázat: Levélanalízis alapú tápanyagellátottsági vizsgálatok eredményei.
Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy'
(Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított)
(NAIK-SZBKI-BADACSONY-AKKREDITÁLT LABORATÓRIUM – 2018. NYÁR)

	Ö L	Ö NL	I L	I NL	B L	B NL
N (%)	2,18	2,33	1,92	1,84	2,24	2,14
P (%)	0,16	0,16	0,15	0,15	0,32	0,24
K (%)	0,93	0,99	0,55	0,54	1,17	1,11
Na (%)	58,8	69,8	52	56,8	55,5	80,8
Ca (%)	3,47	3,38	2,96	2,79	3,49	3,27
Mg (%)	0,22	0,2	0,28	0,21	0,27	0,33
Fe (mg/kg)	180	202	144	145	147	315
Mn (mg/kg)	46,9	50,7	78,3	71,3	79,4	76,6
Cu (mg/kg)	849	848	128	173	513	606
Zn (mg/kg)	20,9	16,4	24	18,4	15,2	18

A művelési eljárások során alkalmazott növényvédőszerek hatásmechanizmusa alapján történő megkülönböztetés magyarázhatja, hogy a kizárólag kontakthatású réz és kén hatóanyagú növényvédőszerekkel kezelt Ö és B ültetvények levélmintái miért mutattak kiugróan magas értékeket a felszívódó szerekkel is kezelt, és így arányaiban a fenti hatóanyagokkal kevésbé terhelt ültetvény mintáival összevetve (**12. táblázat és M17.**). A réz mennyisége az Ö ültetvényben volt legnagyobb, több mint 560, míg a B több mint 370%-os mennyiségben az I ültetvénynél tapasztalthoz képest (az **12. táblázat**ban szereplő L és NL kezelések eredményeinek ültetvényenkénti átlagolásával (pl.: (Ö L+Ö NL):2) számított eredmény).

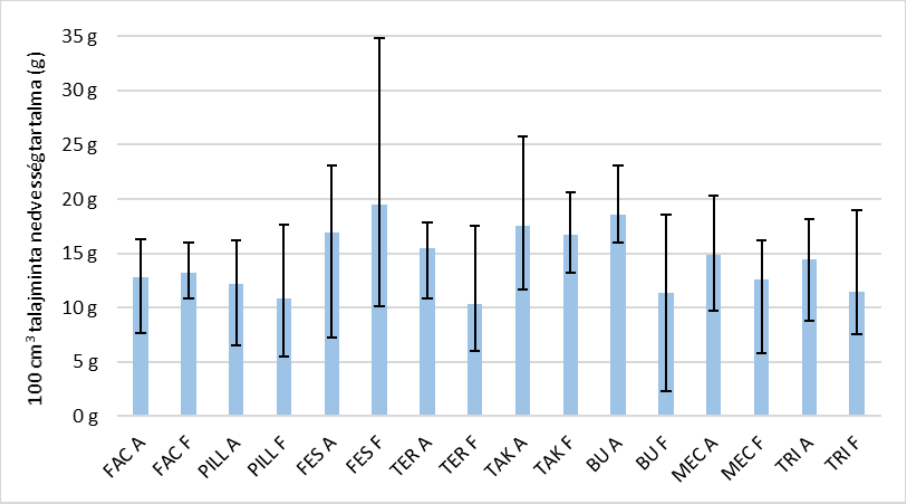
Ez a különbség azonban nem hasonló arányban jelenik meg a talajmintáknál (**M9.**), ott a B mutatja a legmagasabb (több mint 50%+ az I kezelés átlagaihoz képest) és az Ö legalacsonyabb értékeket (több mint 50%- eltérés az a I kezelés átlagaihoz képest). Feltehetőleg nem minden évjáratban azonos a kezelés, így a réz felhalmozódás a talajban sem arányos a 2018-ban mért különbségek mértékével.

5.3. Eróziónak kitett ültetvény sorköztakarási és talajművelési eredményei

5.3.1. Abiotikus viszonyok alakulása eróziós területen

A mezőgazdaságban az agrárkörnyezetgazdálkodási (AKG) vagy ökológiai gazdálkodási (ÖKO) programok kötelező ún. *Bővített talajanalízis*éhez végzett talajnedvesség vizsgálat a már előzőekben leírt **szárítókamrás** (gravimetriás) **vizsgálat**, ez azonban a növény számára nem vagy nehezen felvehető holtvíztartalmat (HV) is kimutatja a 105°C-on történő szárítás következtében. Azonban az összehasonlíthatóságot és a talajszerkezet jellegének megismerését jól szolgálja e paraméter ismerete, kiegészítve és összevetve a vezetőképességen alapuló mérési eredményekkel

(Filep et al., 2010), melyeket az általunk alkalmazott GROW szenzorok (4.4.4. fejezet) szolgáltattak.

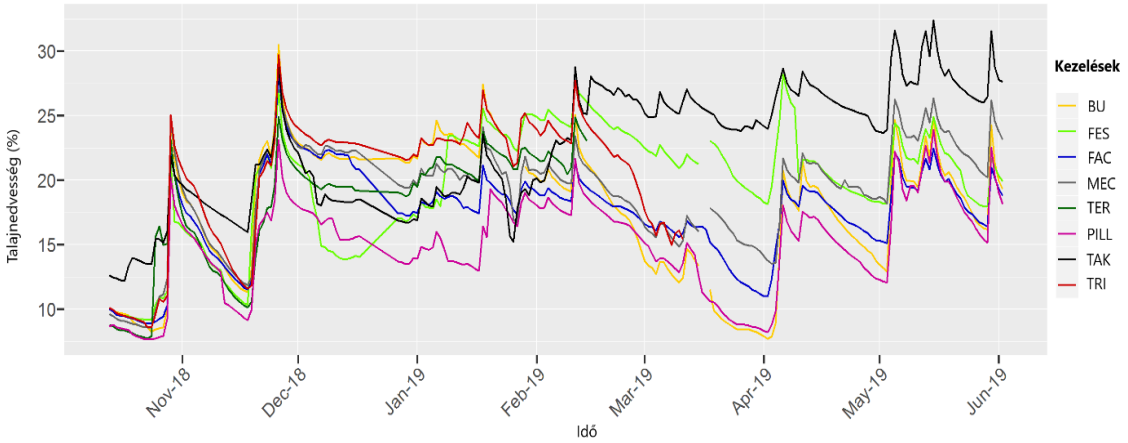


32. ábra: Talajminták (n=3/változó) nedvességtartalma (g/100 cm3) gravimetriás módszerrel meghatározva (s=3 ismétlés értékeiből számolt).
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony' (2019. tavasz).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

A szárítókamrás vizsgálat eredményei alapján a FES, TAK, TER (A) és a BU (A) kezelések értékei mutattak nagyobb víztartalmat (egyik kezelés között sem volt szignifikáns a különbség) a tavaszi mintavétel során (**32. ábra**). Azonban a FES (és minimális mértékben, de megfigyelhető ez a FAC kezelés eredményeinél is) esetében a sekélyebb mélységből, addig a többi esetében a mélyebb zónából vett mintákban volt ez így.

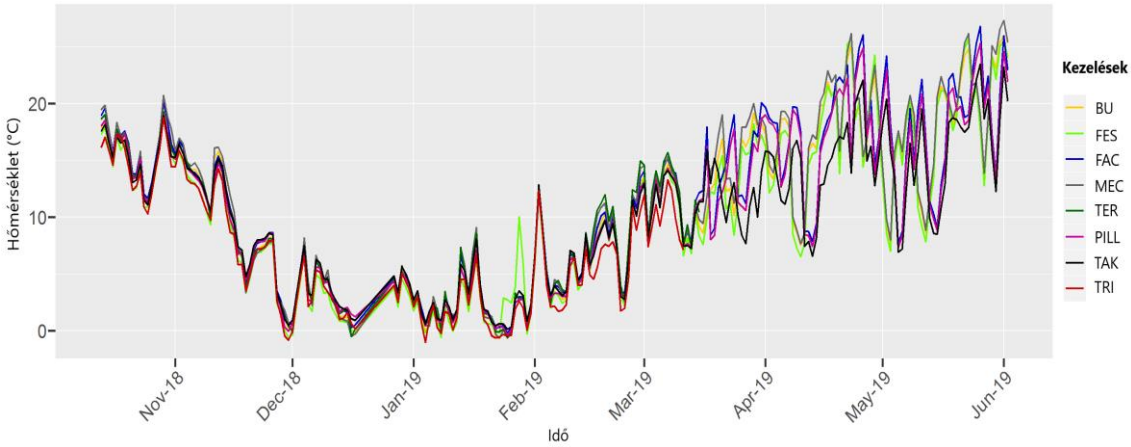
A relatíve magas (19-73%-os) szórás-értékek az eróziónak történő kitettségnek köszönhetőek. Minden bizonnyal a mintavételből adódik mindez, mivel a három-három mintát kezelésenként a völgyből, az emelkedő közepéből, illetve a dombtetőről vettük (**9. ábra a 4.1.3 fejezetben**).

A kezelések közül a **vezetőképességen alapuló mérés**i eredményeknél a legjelentősebb időbeli változékonyságot a FES kezelés mutatta (**33. ábra**). Az idő melegedésével az addig kedvező értékek intenzíven elkezdtek romlani, feltételezhetően a kevesebb nyári csapadék miatt (mélyebb rétegek alacsonyabb talajnedvesség értékeinek köszönhetően kisebb kapilláris nyomás).



33. ábra: Talajnedvesség adatok 0-8 cm mélységben (22.000 mérési adat, ebből ábrázolva a napi átlagok: 96 adat/nap) – GROW Observatory.
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony' – 2018. november-2019. június között (FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

Ugyanezen szenzorok talajközeli hőmérsékletet bemutató eredményei arra engednek következtetni, hogy a fenti jelenség mellett közrejátszhat a gyengébb szigetelő, árnyékoló hatása is e takarónövényeknek, csupán a kopáron tartott MEC kezelés mutatott magasabb talajközeli hőmérsékleti értékeket (**34. ábra**). Van olyan szakirodalmi forrás azonban, mely kifejezetten az alacsony csapadék mennyiséggel és talajnedvesség értékekkel rendelkező, domboldalakra telepített ültetvények talajtakaró növényének javasolják kisebb párologtatással jellemezhető *Festuca* fajokat (Guerra & Steenwerth, 2011). A téli időszakot követően kiemelkedően jó értékeket mutatott a TAK kezelés, melynél a napi ingadozás kisebb mértékű mint az összes többi esetében. Ez feltételezhetően az intenzív transzspiráció hiányának tudható be. A mulcsozás talajfedő hatásával csökkenti a párolgást és nem engedi nappal felmelegedni a talajt (White, 2015). Így a TAK kezelésnél tapasztalt kedvező értékek a szakirodalom alapján támasztott várakozásainkkal megegyeztek.



34. ábra: Talajközeli hőmérséklet (°C) adatok 10 cm-re a talajfelszíntől (22.000 mérési adat, ebből ábrázolva a napi átlagok: 96 adat/nap) – GROW Observatory.
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony' – 2018. november-2019. június között (FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

Negatív korreláció mutatkozott a talajnedvesség és a hőmérséklet között valamennyi kezelés esetén, kivéve a TAK-ot, ahol ez enyhén pozitív volt (R=0,2 p=0,00).

A csapadék eseményeket követő **száradások intenzitásá**t összegző **13. táblázat**ban szereplő adatok alapján következtethetünk a takarónövények jelentette vízkonkurencia és a magasabb albedó következtében kialakuló intenzívebb párolgásra is. E száradás index esetén a legkisebb intenzitású száradással és értékkel jellemezhető kezelés bír a legjobb talajnedvesség őrző képességgel.

13. táblázat: A száradás intenzitása a vizsgált talajmélységben a GROW szenzorok által mért talajnedvességek alapján.

Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'(2018. november-2019. június között). (FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé)

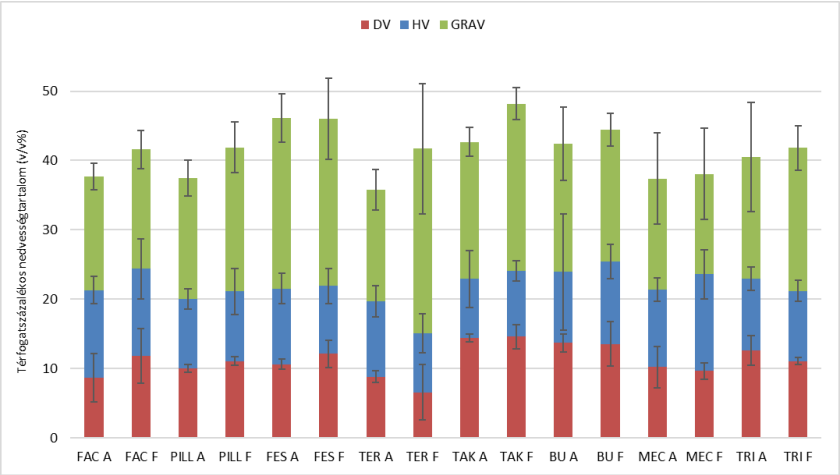
Kezelés	Száradás index	SD
BU	0,0110	$1,70 \cdot 10^{-4}$
TRI	0,0102	$2,39 \cdot 10^{-4}$
TER	0,0097	$6,07 \cdot 10^{-4}$
FES	0,0081	$5,54 \cdot 10^{-4}$
MEC	0,0077	$3,20 \cdot 10^{-4}$
FAC	0,0065	$9,54 \cdot 10^{-5}$
PILL	0,0063	$2,10 \cdot 10^{-4}$
TAK	0,0055	$1,54 \cdot 10^{-3}$

A száradás intenzitás nem mutatott nagy ingadozást szezonálisan, a kezelések közti különbségek végig megmaradtak. Az alapján, hogy nem volt szignifikáns kapcsolat a száradás és hőmérséklet között, arra következtethetünk, hogy a talajba-szivárgás, a takarónövény vízigényének és a talajfelszín szélnek való kitettségének eltérő mértéke jobban befolyásolta azt.

A térfogatszázalékos értékeket mérő módszer, melyet ennél az ültetvénynél is alkalmaztunk a **talaj víztartóképesség** értékeit mutatja meg, emellett is a növénytermesztő számára kiemelten fontos, a kultúrnövény számára felvehető, diszponibilis víztartalom (DV) arányát. A DV, a talajok kötöttsége (KA) (R=0,45 p=0,08) és humusztartalma (R=0,49 p=0,05) között erős kapcsolatot találtunk, mely a szakirodalom által leírt várható kapcsolatot így visszaigazolta (Schmidt, 2011). A legmagasabb össz-térfogatszázalékos nedvességtartalom értékek (DV+HV+GRAV) összhangban a gravimetriás és a MEC kezelésre vonatkozóan a vezetőképesség alapú méréssel, a FES, TAK és BU kezeléseknél olvashatóak. A legjobb DV értékek a TAK és a BU kezeléseknél figyelhetőek meg (**35. ábra**). A TER kezelés a legalacsonyabb értéket hozza a diszponibilis víz (DV) esetében, és az összesített (DV+HV+GRAV) eredményei is a legalacsonyabbak között vannak (TER F / BU F p=0,44, TER F / TAK F p=0,24). Ez az eredmény megerősíti a Varga et al.

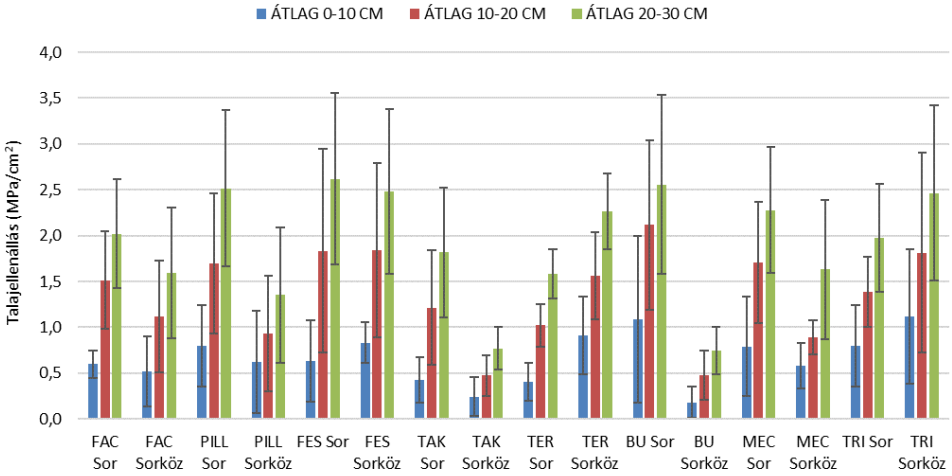
(2012) által leírtakat a természetes „gyomflóra”, *Festuca* vagy pillangós fajokhoz képest jelentősebb vízigényével kapcsolatban.

Általánosságban megfigyelhető, hogy a mintavételi mélység szerint az F mélységből vett minták nagyobb vízkapacitás értékeket mutatnak, azonban a DV értéknél ez a különbség már kiegyenlítődik vagy akár meg is fordul.



35. ábra: Talaj vízvisszatartó képesség (n=3/változó): diszponibilis víz (DV), a holt víz (HV) és a gravitációs víz (GRAV) százalékos aránya.
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – ’Badacsony’ (2019. nyár).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

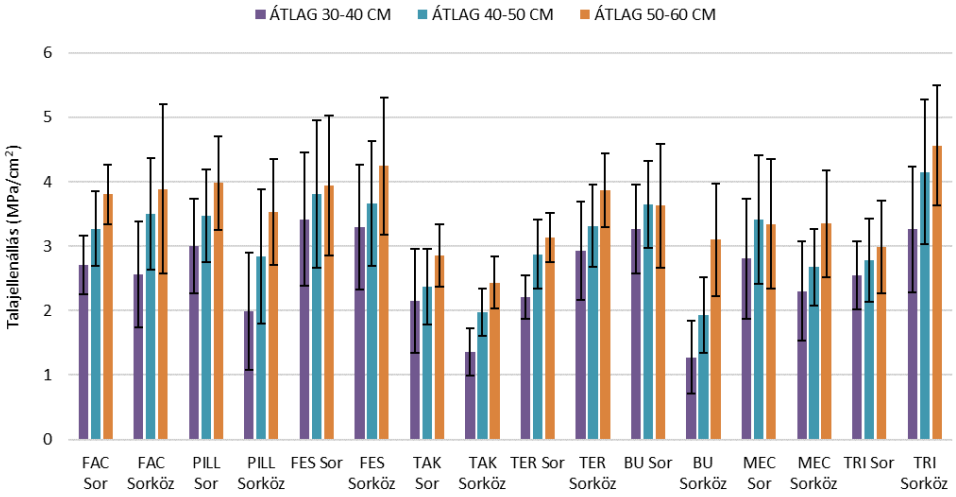
A **penetrációs ellenállás**, a talajtömörödöttség szőlő sorokban és sorközökben mért átlagolt eredményei (**36. ábra**) nincsenek szignifikánsan igazolható pozitív korrelációban a a méréskori (gravimetriás) talajnedvesség értékekkel (R=0,41 p=0,11).



36. ábra: Talajpenetrációs ellenállás mértéke 0-30 cm mélységben – átlagolt értékek (n=10/kezelés).
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – ’Badacsony’ (2019. nyár).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, Sor=Szőlősor, Sorköz=Szőlő sorok között)

Azonban a két mért és az átlagolt penetrométer eredménysor szorosabb korrelációs értékeket eredményezett (R=0,34<) a méréskori gravimetriás talajnedvesség értékekkel, de csak a sorközben mért adatok önnállóan azok, melyek megbízhatóak (p=0,09; R=0,43).

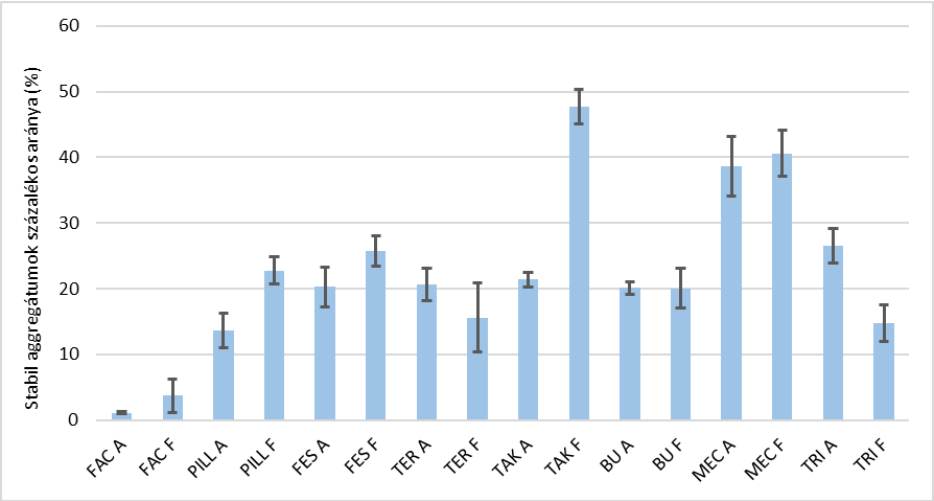
A **36. és 37. ábrák**on (illetve az **M8.**-on) megfigyelhető, hogy a TER kezelés alacsony talajellenállás értéket mutat (20-30 cm tartomány: TER Sorköz / BU Sorköz p=0,00; TER Sorköz / TAK Sorköz p=0,00; TER Sor / FES Sor p=0,08), . Ez feltehetőleg annak köszönhető, hogy itt kisebb menetszámmal elvégezhetők a talajtaposással járó munkálatok, hiszen nem történik talajbolygatás sem. Alacsony értékeket mutat még a BU kezelés a sorközben (szignifikánsan alacsonyabbat mint a BU Sor, FAC Sor, FES Sorköz és Sor, MEC Sor, PILL Sor, TAK sor, TER Sorköz, TRIT Sorköz és Sor), ami feltételezhetően az időszaki takarásból fakadó, gyakrabban elvégzett lazító talajmunkának köszönhető. Ezt alátámasztja az, hogy a legmélyebb (50-60 cm) vizsgált zónában, ahova ez a lazító hatás már nem, de a művelőeszköz által gyakorolt taposó, tömörítő hatás elér, a talajellenállás már nem a legalacsonyabb értékeket mutatja, megelőzi a TER mindkét és a TRI Sor kezelése is.



37. ábra: Talajpenetrációs ellenállás mértéke 30-60 cm mélységben – átlagolt értékek (n=10/változó, n=20/kezelés).
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'(2019. nyár).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, Sor=Szőlősor, Sorköz=Szőlő sorok között)

Előzetes, a szakirodalomban leírtak (Gispert et al., 2013; Muscas et al., 2017) alapján támasztott várakozásainkkal szemben az **aggregátumstabilitás**i adatokkal (**38. ábra**) nem korreláltak sem a talajpenetrométeres adatsorok (R=-0,08> p=0,44<), sem a talajnedvességi adatok (R=0,30 p=0,26), sem a humusz adatok (R=0,20 p=0,45). Pozitív kapcsolatot találtunk azonban az agrokémiai adatok (**M10.** és **M11.**) közül a nitrát/nitrit (p=0,01 R=0,64) és szénsavas mész tartalommal (R=0,39 p=0,14), míg a magnézium tartalommal negatívat (R=-0,50 p<0,05). A

Ca és Mg tartalom amennyiben megfelelő arányban van pozitív hatással lehet az aggregátumstabilitásra (Zhang & Norton, 2002).



38. ábra: Stabil makroaggregátumok százalékos aránya és az adatok szórása (n=3/változó).
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'(2019. tavasz).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

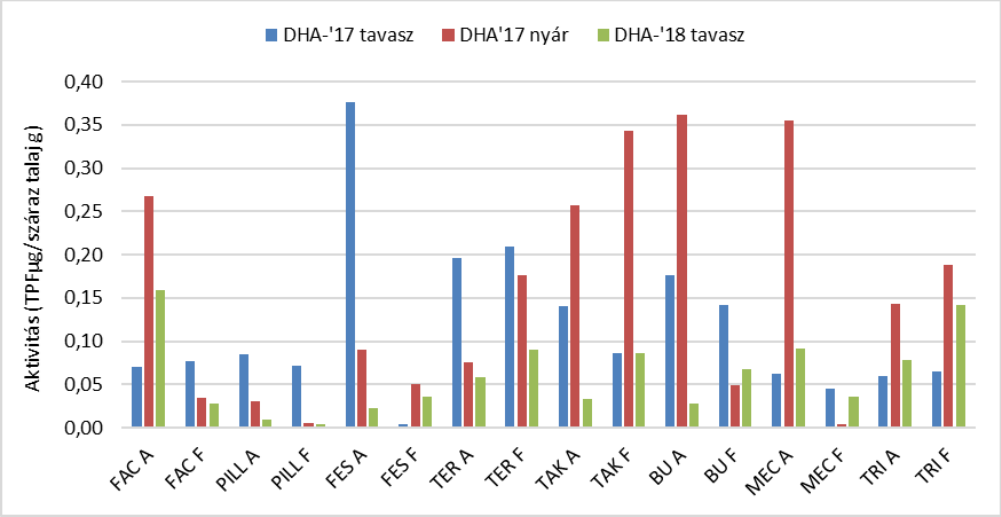
Eredményeink alapján az eróziós szempontból érdekes felszínközeli zónából (F) vett minták közül a FAC, a TER és a TRI is kifejezetten rosszul szerepeltek. A TAK kezelés várakozásunknak megfelelően jó eredményt hozott, azonban meglepetést jelentettek a MEC kezelés ugyancsak kiemelkedően jó eredményei. A **humusztartalom** (**M10**. és **M11.**) mint ismert makro-aggregátumstabilitási értékekkel pozitívan korreláló paraméter, csak a TAK kezelésnél bizonyult ilyen szempontból megbízható jelzőértéknek.

Karami et al. (2012) leírása és Barthès & Roose (2002) szabadföldön különböző talaj típusokon, különböző módszerekkel végzett kísérleti eredményei alapján a magasabb aggregátumstabilitási értékek jobb erózió ellenálló képességét mutatják egy talajnak, kifejezetten intenzívebb csapadék események esetén. Ez alapján az, hogy a MEC kezelésben intenzív eróziós folyamat tapasztalható, melynek következtében több mint 30 cm-es van a kordonkar-talajfelszín távolsága között, azonos sor dombtetőn és völgyben elhelyezkedő részeinél, ellentmondásban van a magas aggregátumstabilitás adatokkal. A mégis tapasztalhatóan jobb erózió gátló hatásra, magyarázatul szolgálhat azonban a többi paraméterben rosszabbul szereplő kezelés esetében az, hogy az állandó és időszakos növényborítottság akkor is védelmet nyújt az erózióval szemben (Biddoccu et al., 2016), ha maga a kezelés talaja kopáron kevésbé lenne erre képes ezen kezeléseknél, mint a MEC esetében.

A bővített talajanalízisből származó agrokémiai adatsor alapján, az ültetvény kezeléseinek talajai semleges kémhatással, gyengén meszes, kis sótartalmú talajokkal rendelkeznek. A humsztartalom a FAC F, TAK A és TAK F kivételével gyenge, ezeknél közepes. A nitrogén elátottság valamennyi

esetben gyenge, a foszfor és kálium igen jó. A nátrium tartalom a BU F és MEC A, MEC F minták kivételével megfelelő, ezeknél magas. A magnézium a FES F és MEC A kivételével jó, ezeknél közepes. A kén, mangán, cink és réz mennyisége minden esetben jó vagy kielégítő (**M14. és M15.**).

5.3.2. Biotikus viszonyok alakulása eróziós terület kezeléseinél

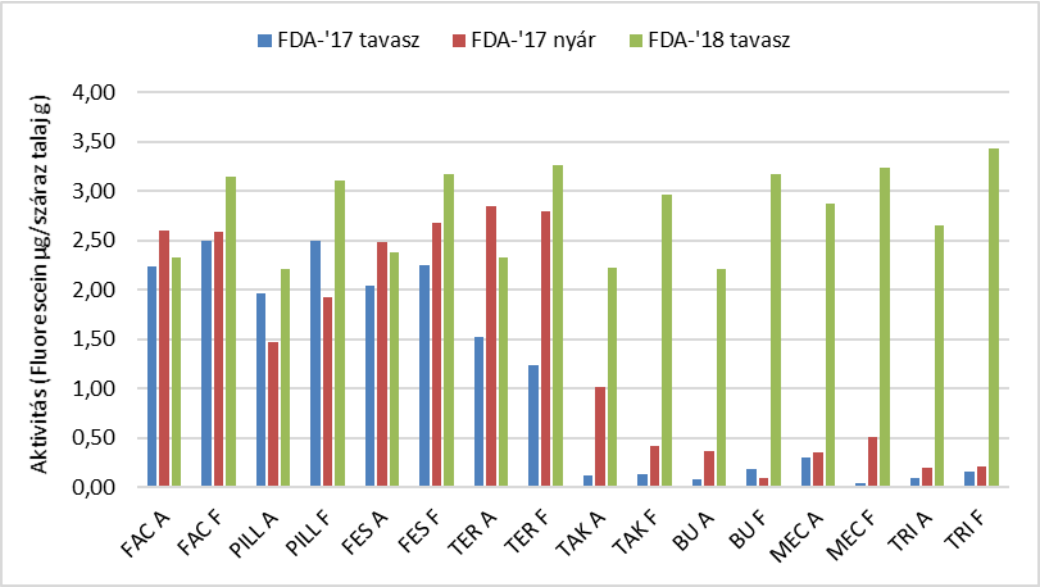


39. ábra: Dehidrogenáz (DHA) enzimaktivitás értékek három mintavételi időpontból.
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

A talajtakarási kezelések hatását a szervesanyagtartalomra és az azt jelző, azzal kapcsolatban álló **DHA enzimaktivitás**ra elsősorban a talaj felszínközeli zónájában mérhetjük. Ez a mélység (általunk felsőként jelölt (F)) a takarónövényzetek gyökerei által jól átjárt, illetve mulcsból származó szervesanyaggal a mélyebb zónáknál jobban ellátott. A **39. ábra** eredményei olyan nagymértékű szélsőségeket mutatnak, melyek a vizsgálati módszer egy-egy esetben mutatott pontatlanságára utalhatnak. A kiugró értékek ugyanis a többi, potenciális pozitív kapcsolatban álló paraméterrel (talajnedvesség, humusztartalom, gyökértömeg) nem jeleznek hasonló mértékű elkülönülést. A 2018-as nyári eredmények a legkiegyensúlyozottabbak a három mintavételi időpont közül, és a nagyobb humusztartalommal és talajnedvességértékekkel rendelkező TAK kezelés közel olyan magas DHA aktivitást mutatott, mint a takarónövényzet által biztosított rizoszférával rendelkezők. Ezzel párhuzamosan megfigyelhető, hogy az ezektől mentes MEC kezelésben alacsonyabb értékeket kaptunk.

Ahogy az **5.2.2 fejezetben** is már leírásra került, a DHA enzimaktivitás a humusz és talajvíztartalommal, az aggregátumstabilitás értékekkel pozitív korrelációban állhat, illetve a talajtakaró növényzettel, annak bolygatásával lehet összefüggésben. A fentiek mellett számításba szükséges még venni azokat a paramétereket melyek a fentiekre, vagy magára az enzimet

kiválasztó szervezetekre kihatással lehetnek egy talajtakarási kísérletnél (pl.: szervesanyag mennyisége, talajtakarónövények gyökértömege, traktor-menetszám és talaj-tömörödöttség).

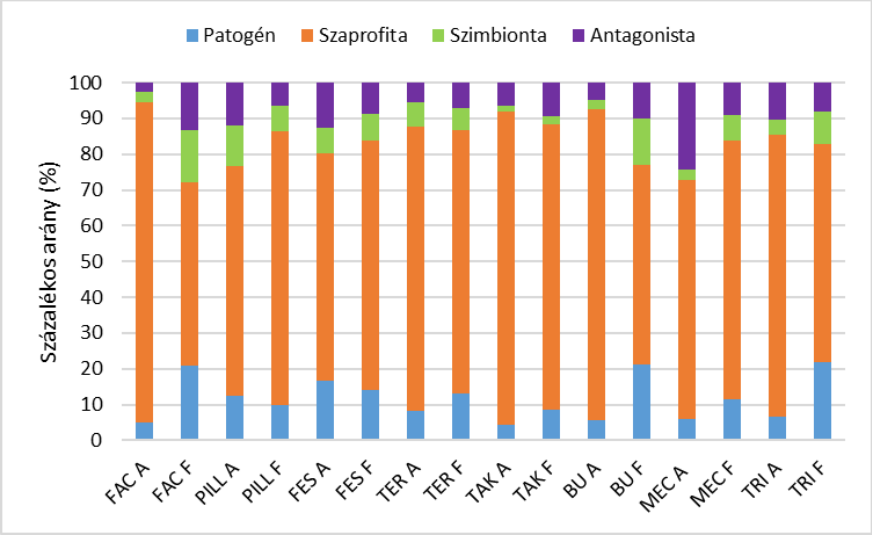


40. ábra: Fluoreszcein diacetát (FDA) enzimaktivitás értékek három mintavételi időpontból.
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

Bandick & Dick (1999) különböző művelésmódokat összehasonlító vizsgálataik során úgy találták, hogy a talajművelési eljárásokkal bolygatott talajnál az állandó növénytakaró magasabb, a vetett talajtakaró pedig még magasabb enzimaktivitás (nem csak FDA) értékeket eredményezett. Ezt elsősorban a növényi gyökerek által kiváltott rizoszféra effektussal magyarázták. A talajtakaró növények közül jól szerepeltek a *Festuca* fajok és a pillangós fajok is. Emellett erős korrelációt írtak le az **FDA aktivitás** értékek és a szerves széntartalom között is.

Az általunk talált kapcsolat a $CaCO_3$ és az FDA enzimaktivitás (**40. ábra**) között erősen negatív (2017 tavasz: R=-0,68 p=0,00; 2017 nyár: R=-0,81 p=0,00) volt. A mésztartalommal való ilyen irányú összefüggéssel inkább szemben álló eredményekről számoltak be. A mésztartalom növekedésével, emelkedő pH mellett 13 enzimnél nagyobb, míg egy enzimnél, a savas foszfatáznál alacsonyabb aktivitást tapasztaltak (Acosta-Martínez & Tabatabai, 2000). Mások nagyobb méretű talaj-makro-aggregátumokat és biológiailag stabilabb talajokat írtak le (Dunai, 2017). Magasabb szénsavas mésztartalommal azonban csak a lepusztult termőrétegű MEC kezelésű parcella rendelkezett (**M11**.). Ezzel a paraméterrel az általunk mértenzimaktivitás eredmények nem korreláltak. A semlegesnél magasabb pH-tartomány azonban már nem számít optimálisnak a mikrobák, főként nem gombák számára, így a mésztartalom is ott kedvezőbb a mikrobiális tevékenységnek a kezelések közül, ahol az az alacsonyabb régióba esik. A mészben

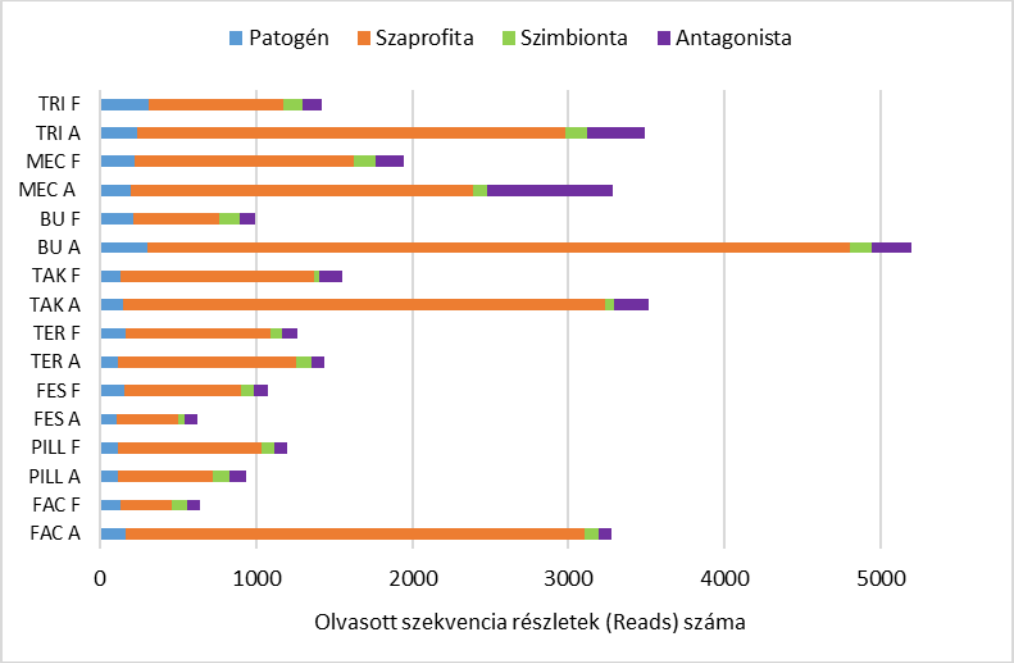
gazdagabb talajképző kőzet eróziós folyamatok miatt bekövetkező felszínre kerülésének újabb negatív következményére mutat rá ez az összefüggés.



41. ábra: A detektált nagy denzitású (minimum 10 szekvencia részlet/reads) gombafajok százalékos aránya a vizsgált szőlőültetvények rizoszférájában.
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony' (2018. tavasz).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

Az **újgenerációs metagenomikai vizsgálat**ainkeredménysora három kezelésnél mutat 20% feletti arányt a patogén törzsek közösségen belüli arányának vizsgálatakor (FAC F, BU F és TRI F) és kifejezetten alacsony értékeket (kevesebb mint 5%) pedig a FAC A, és a TAK A esetében (**41. ábra**).

Kiemelkedő értéket mutatott a MEC A kezelésnél a potenciális antagonista gombafajok aránya, mely közel 25%-osnak bizonyult. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a rizoszférában a növény az intenzív fizikai bolygatás, gyökérmetszés mellett megjelenő nagyszámú patogén gombák ellensúlyozására az antagonisták számának növekedését indukálta (Vinale et al., 2008).



42. ábra: A detektált nagy denzitású (minimum 10 szekvencia részlet/reads) gombafajok abundanciája a vizsgált szőlőültetvények rizoszférájában.
Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony' (2018. tavasz).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

Az **42. ábrán** látható, hogy a patogén fajok száma ennél a kezelésnél (MEC A) kifejezetten magas volt, a 16 kezelésből csak a BU és TRI kezelések előzték meg, a szaprofitonok száma, pedig az 5. legnagyobb volt. A BU és TRI kezelések is intenzív talajbolygatás alá esnek a MEC-en kívül az összes többihez viszonyítva, hiszen itt időszakos talajtakarás történik, így a magágy-előkészítés, a vetés, az aratás/kaszálás és ezt követően a tarlóval a talajfelszín beforgatása, mely magas szaprofiton arányt eredményez a mélyebb rétegekben is. A FAC A, TAK A, BU A kezeléseknél a szaprofita arány több mint 85%-os volt, mely jelzi, hogy ezeknél a parcelláknál az elsődleges ellátandó funkció a rizoszférában a szervesanyag lebontó tevékenység volt. Ez a FAC A esetében annyiban különül el a másik kettőtől, hogy itt sem gyökérmetszés, sem intenzív szervesanyag leforgatás nem történik folyamatosan. Azonban a vizsgálatot megelőző évben a mézontófű beforgatásra került ősszel, így nagymennyiségű lebontandó szerves anyag állt rendelkezésre a talaj e rétegében.

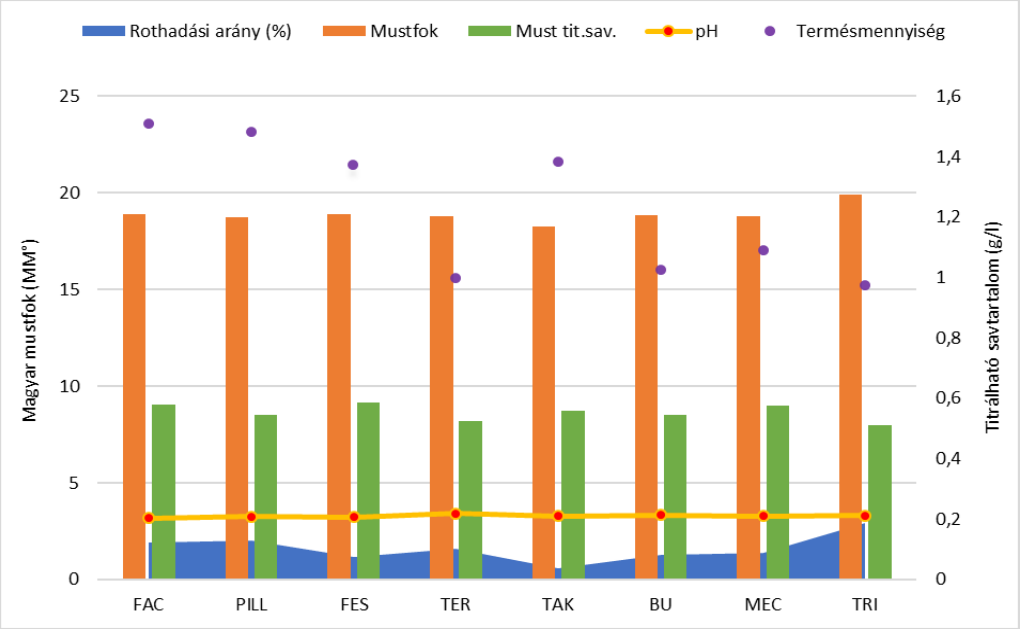
Ugyanerre az okra vezethető vissza minden bizonnyal az is, hogy a FAC F, BU F és TRI F kezelések egymással közel azonos mintázatot mutatnak az **42. ábrán**. Mindhárom kezelés a közelmúltban bolygatva lett és a mélyebb rétegbe szervesanyag került leforgatásra, míg a felszínközeli zónába a tavaszi időszakban takarónövényt vetettek a mintavételt megelőzően.

A szimbionták kis mennyisége a gyökérmentes TAK, MEC, illetve a sekély gyökérzetű FES kezeléseknél várakozásainknak megfelelő, a MEC F-nél tapasztalt relatív magas denzitás azonban azzal ellentétes. Feltehetőleg a szőlő azáltal, hogy ebben a zónában nincsen más

növényekkel kompetíció a tápanyagért és vízért, a számára előnyös együttműködést a gombával intenzíven ki tudta alakítani. A domináns faj a *Rhizophagus irregularis* (korábbi megnevezésén *Glomus intraradices*) volt, mely a legtöbb mezőgazdasági kultúrnövénnyel képes mikorrhizális kapcsolatot kialakítani és emellett a növény foszfor felvételét is bizonyítottan szabályozni (Cavagnaro et al., 2005).

5.3.3. Termésátlagok és termés minőség

A szőlőtermesztő számára a tőke és ültetvénykondíció felmérésére a legkézenfekvőbb módszer a többéves termés monitoring, mely azonos környezeti adottságok mellett mutatja a tőkék vitalitását és így közvetetten az ültetvény állapotát. A Muscas et al. (2017) által leírtak szerint a mechanikai műveléshez képest a talajtakaró növényzetek különböző módon csökkenthetik a termés mennyiséget (fürtszám vagy fürttömeg változás) és módosíthatják a beltartalmi értékeit (pl.: cukortartalom). Esetükben a vetett fűfélék, mint talajtakarók növelték a mustfokot. Ez alapján azt a következtetést vonták le, hogy a talajtakaró növények alkalmazása, párhuzamosan a termésmennyiség csökkenésével, egyszerre növeli a termés minőséget és csökkenti a növényvédelmi kitettséget, a javuló tápanyagellátottság közvetett hatásként jelentkező jobb tőkekondíció okán.



43. ábra: 2015-2019-es évjáratokban mért termésmennyiségi és minőségi eredmények kezelésenként. – Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony' (2018. tavasz).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)

Az öt év átlaga alapján levonható következtetések már megbízhatóan mutatják, hogy a talajtakarási eljárások hogyan hatnak a termés mennyiségre és minőségre (**43. ábra**). A

legjelentősebbnek mondható különbségek a termésmennyiségben jelentkeztek. Főleg ha összevetjük azokat a többi, jelentősebb eltérést nem mutató paraméter eredményeivel. Közel azonos mustfokot, titrálható savtartalmat és pH szintet mutató termést tudott beérlelni eltérő mennyiség mellett a szőlő a különböző kezeléseknél. A TER a BU és a TRI, illetve a MEC kezelések alkottak egy kisebb hozamot produkáló csoportot. A korrelációszámítás pozitív kapcsolatot mutatott a termésmennyiség és a talaj nitrát, nitrit tartalma között (R=0,43, p=0,01). Amennyiben nem csak a többi paraméter vizsgálati évét vesszük figyelembe, hanem több évet, látható hogy nincs ilyen összefüggés. A legnagyobb nitrát és nitrit tartalommal (**M11.**) rendelkező TAK és MEC kezelés közül előbbi nagy, míg utóbbi kis termésmennyiséget produkált több év átlagában. A talaj növény számára elérhető víztartalmának (DV) és a kellő mértékű felvehető nitrogén tartalom együttes rendelkezésre állása okozhatta a TAK kezelés jobb szüreti eredményeit.

5.4. Talajművelési intenzitás összehasonlítása – 'Szent György-hegy'

5.4.1. Az abiotikus tulajdonságok alakulása

Az ültetvény **talajellenállás**át a Szent György-hegyi ültetvényeknél is vizsgáltuk, azonban itt a rugós penetrométer eredményei nem lebonthatók mélységre, csupán egy értéket adnak, azonban összehasonlításra a kezelések között alkalmasak. Az INT ültetvényben 3,9; az EXT-nél 4,1; míg a FEL-nél 4,8 MPa/cm^2 értékeket mértünk a talaj 0-20 cm-es zónájában. A szerkezet-nélküli homoktalajon az intenzívebben bolygatott talajú ültetvény így a legjobb értékekkel rendelkezett, kis mértékben az EXT és nagymértékben jobbal a FEL ültetvényekhez hasonlítva.

Az **agrokémiai eredmények**et annak tükrében szükséges értékelni, hogy egyik ültetvény esetében sem végeztek a közelmúltban tápanyag utánpótlást, így az esetleges különbségek eredetét a területek eltérő tőszámból adódó, különböző mértékű terheltségében érdemes keresni. A három ültetvény mindkét mintavételi mélységben gyengén savas kémhatással, gyengén meszes és kis sótartalmú talajokkal rendelkezik. Az INT területen mért humusztartalom mindkét mintavételi mélységben alacsonyabb, mint a másik kettő ültetvény azonos mélységeiben. A nitrogén szint egységesen alacsony, a foszfor az INT F és FEL F esetében jó, míg a többinél igen jó, a kálium pedig a FEL F (jó) kivételével igen jó. A nátrium, kén, mangán és cink tartalom egységesen megfelelő, jó vagy kielégítő. A magnézium tartalom a FEL kezelés mindkét mélységében gyenge, míg a többinél közepes volt (**M16.**)

Az összes kezelésben mért alacsony **humusz tartalom**, fizikai féleség alapján filoxéra immunisnak minősíthetjük a Szent György-hegyi ültetvények talajait (**7. táblázat és M12**.). Ez azt eredményezi, hogy a szőlőgyökértetű hiányában az egyetlen a szakirodalom által jelentős, szőlőt

károsító, talajalatti kártevő biztosíthat sebzésein keresztül bejutást a patogén kórokozóknak, a növényi táplálkozású, ún. tűfonálféreg (McKenry & Anwar, 2006).

A művelési intenzitást összevető kísérletnél a művelési eljárások növényvédelmi szempontból is különböztek. A FEL kezelésnél nem történt növényvédelmi beavatkozás a vizsgálatot megelőző több mint 10 évben, így érdemes összevetni a kontakt, réz és kén hatóanyagú **peszticidek**et alkalmazó EXT és INT ültetvényekkel a talajaik e két elemre vonatkozó adatait.

14. táblázat: Réz és kén tartalom az egyes kezelések talajaiban a mintázott mélységekben.
NAIK-SZBKI-Badacsonyi Kutatóállomás – Akkreditált laboratórium (2015. nyár)
(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott)

	INT F	**INT A**	**EXT F**	**EXT A**	**FEL F**	**FEL A**
SO_4-S (mg/kg)	29,52	34,52	46,29	41,77	28,71	19,19
Cu (mg/kg)	37,45	39,90	52,28	42,48	29,68	47,77

A **14. táblázat**ban látható, hogy a felszínközeli (F) mélységben a művelt területek nagyobb mennyiséget tartalmaznak a permetezéssel kijuttatott elemekből, főként az EXT kezelés melynél a függőleges irányú bolygatás hiányában lassabban jut le ez az alacsony mobilitású elem a mélyebb zónába (Loch & Nosticzius, 2004). A FEL terület azonban a mélyebb zónában tartalmaz magas mennyiségű rezet, minden bizonnyal a korábbi művelésből visszamaradt réztartalom e mélységben halmozódott fel és ezt a növényzet spontán fitoremediációs folyamat révén sem tudta mobilizálni (Mackie et al., 2012). A mért értékek az EU által meghatározott toxikus szintet (50 mg/kg) csak egy esetben haladják meg EXT F, azonban a Hollandia által meghatározottat (36 mg/kg) a FEL F kivételével valamennyi esetben. Azonban amennyiben ezeket más, európai szőlőültetvények talajairól végzett vizsgálatokkal vetjük össze, már egyik érték sem számít nagynak (Komárek et al., 2010).

5.4.2. A biotikus tulajdonságok alakulása

Annak ellenére, hogy a réztartalom nem számít kifejezetten magasnak az európai szőlőültetvények átlagához viszonyítva (Komárek et al., 2010), bizonyosan kihatással volt mind a gomba (Fleurat-Lessard et al., 2011), mind a baktérium közösségekre (Fernández-Calviño et al., 2010). A talajlakó gombák érzékenyebbek a rézre mint a baktériumok (Ge & Zhang, 2011), így a magasabb értékkel rendelkező ültetvényekkel e hatással számolni is szükséges, azonban a diverzitás értékekre a szakirodalom szerint nincsen hatással (Cavani et al., 2016; Keiblinger et al., 2018). A pH érték és bolygatás azonban a baktérium közösségre van jelentősebb hatással (Holland et al., 2016), illetve kihat a diverzitás értékekre is (Fernández-Calviño et al., 2010).

15. táblázat: A három terület mély (A=30-50 cm) rétegből vett rizoszféra mintáiból izolált gomba törzsek habitus-besorolása és közösséghez viszonyított százalékos arányuk
(2015. tavasz és nyár) (INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott)

Morfotípus	Habitus	INT		EXT		FEL	
		Tavasz	Nyár	Tavasz	Nyár	Tavasz	Nyár
***Acremonium* sp.**	Antagonista	0	0	1,63	0	3,76	2,03
***Alternaria* sp.**	Patogén	0	0	8,94	2,42	2,26	0
***Aspergillus* sp.**	Patogén	0	0	1,63	1,61	2,26	0
***Coniothyrium* sp.**	Antagonista	0	3,08	0	0	0	0
***Cylindrocarpon* sp.**	Patogén	34,06	13,08	27,64	12,90	27,82	13,51
***Doratomyces* sp.**	Szaprofita	0	0	0	0	1,50	0
Fusarium spp.	Patogén	47,83	59,23	36,59	35,48	30,83	28,38
F. oxysporum		30,43	50	13,01	18,55	10,53	15,54
F. solani		17,39	9,23	23,58	16,94	20,30	12,84
***Gliomastix* sp.**	Antagonista	0	0	1,63	4,03	2,26	3,38
***Myrothecium* sp.**	Antagonista	0	0	0	4,03	1,50	0
***Mortierella* sp.**	Szaprofita	0	0	1,63	1,61	0	2,70
***Mucor* sp.**	Szaprofita	0	0	0	2,42	0	2,03
***Oidiodendron* sp.**	Antagonista	0	0	0	0	2,26	2,70
***Paecilomyces* sp.**	Antagonista	0	0	1,63	0	3,01	0
***Penicillium* sp.**	Szaprofita	0	0	1,63	4,03	0	3,38
***Phaeoacremonium* sp.**	Patogén	10,87	13,08	5,69	10,48	11,28	17,57
***Pythium* sp.**	Patogén	0	0	4,07	8,87	3,01	12,84
***Torula* sp.**	Szaprofita	0	0	0	0	2,26	0
***Trichoderma* sp.**	Antagonista	7,25	11,54	7,32	9,68	5,26	7,43
***Verticillium* sp.**	Szaprofita	0	0	0	2,42	0,75	4,05
ÖSSZESEN		100	100	100	100	100	100

Hat nemzetséget patogénnek azonosítottunk a szakirodalmi források alapján a detektált 19-ből (Kovács et al., 2020). Ezek a következők voltak: *Acremonium*, *Aspergillus*, *Cylindrocarpon*, *Fusarium* (both *F. oxysporum* és *F. solani)*, *Phaeoacremonium* és *Pythium*. Közülük három (*Cylindrocarpon*, *Fusarium* és *Phaeoacremonium*) mind a hat, míg a *Pythium* az EXT és FEL kezelésekben került meghatározásra mind a két mintavételi időpontban (**15. táblázat**).

A szőlő rizoszférában Granett et al. (1998) szintén nagy denzitásban előforduló patogén törzsekként azonosították a *Fusarium* sp. és *Pythium* nemzetségeket. Különösen ritkának írták azonban le az általunk mind a hat mintában kimutatott *Trichoderma* törzset. A kórokozó gombák és a filoxéra károsítása közötti kapcsolat által okozott szőlő tőkepusztulásról szóló tanulmányukban a gyökértetvek számának szezonális ingadozását írták le, amely fordítottan arányos volt a kárkép mértékével. Ez alapján egy hipotézist állítottak fel, miszerint a gombák

nyáron kevésbé aktívak a magasabb hőmérséklet miatt, de ezt Omer et al. (1999) cáfolták. Az általuk végzett, *Fusarium oxysporum* törzsekkel végzett *in vitro* kísérlet azt mutatta, hogy a sporuláció, a növekedés és a fertőzőképesség a hőmérséklet hatására nőtt. Ezt az általunk *in situ*, szabadföldi mintákból vett eredmények megerősítették, nyáron nagyobb volt a faj denzitása, mint a tavasszal vett mintákban (**15. táblázat**).

A *Cylindrocarpon* csakúgy, mint a *Phaeoacremonium* fajok világszerte a szőlőültetvények egyik legjelentősebb kórképéért, a korai tőkeelhalásért felelős (Bertsch et al., 2013; Fleurat-Lessard et al., 2011) megállapították, hogy ezek a törzsek hasonló szezonális ingadozást mutatnak, mint a *Fusarium solani*, még magasabb abundancia mellett. A *Cylindrocarpon* és a *Pythium* ellentétes szezonális ingadozást mutatott (kevesebb a nyári és több a tavaszi mintákban), mely megegyezik a Van Coller et al. (2005) oltványiskolákban végzett vizsgálataik alapján leírtakkal.

Mindhárom ültetvényben a *Fusarium* nemzetség volt a legnagyobb denzitásban jelen, a nemzetséget képviselő két fajt pedig molekuláris diagnosztikai módszerekkel azonosítottuk tiszta tenyészetekből vett mintákból. A két faj közül a *Fusarium oxysporum* az INT kezelésben mutatott kiemelkedő arányt (30-50%), míg a *F. solani* a másik kettő kezeléshez képest az EXT-ben mutatott magasabb arányt.

16. táblázat: A gombanemzetségek habitus szerinti besorolása alapján (15. táblázat) kezelésenként a három csoport teljes közösséghez (100%) viszonyított százalékos aránya (2015. tavasz és nyár).
(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott)

	INT		**EXT**		**FEL**	
	Tavasz	**Nyár**	**Tavasz**	**Nyár**	**Tavasz**	**Nyár**
Opportunista patogén	92,75	85,38	84,55	74,2	78,21	76,35
Antagonista	7,25	14,62	12,2	17,74	18,04	15,54
Szaprofita	0	0	3,25	8,06	3,75	8,11

Az opportunista patogén gomba nemzetségek aránya az INT ültetvény esetén magasabb volt mint az EXT (Tavasz: +8.20 Nyár: +11.18%) és a FEL (Tavasz: +14.54, Nyár: +9.03%) esetében (**16. táblázat**), amelyek Hernandez & Menéndez (2019) által leírt eredmények is alátámasztanak.

A diverzitásra vonatkozó vizsgálatok (Shannon indexek: H' és J') a FEL kezelésben gyakorlatilag nem mutattak évszakhatást (1,86%), szemben az INT kezelésnél tapasztalt 7,37 és az EXT kezelésnél tapasztalt 10,35%-os ingadozással. Feltételezhetően ez talajfizikai és kémiai paraméterek kezelések közti azonossága mellett, kizárólag a kevésbé bolygatott és tömörödöttebb homoktalajok, éghajlathatásokat jobban kizáró tulajdonságának köszönhető.

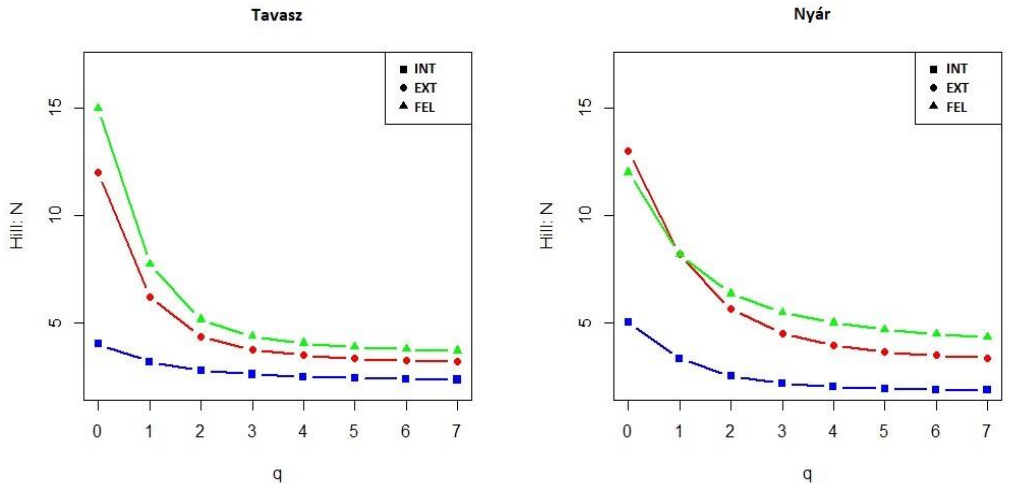
A nemzetségi szinten meghatározott Shannon-féle (H', J') **diverzitás** értékek alapján a gombaközösségek diverzitása az INT kezelésnél volt a legkisebb, 59-75%-al kisebb, mint az EXT és FEL kezeléseknél (**17. táblázat**).

17. táblázat: Nemzetség és telepszám alapján kalkulált diverzitás indexek (Shannon-féle H', Egyenletesség J') a három mintavételi terület, két mintavételi időpontjában (2015. tavasz és nyár).
(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott)

	INT		EXT		FEL	
	Tavasz	**Nyár**	**Tavasz**	**Nyár**	**Tavasz**	**Nyár**
Nemzetségek száma	4	5	12	13	15	12
Telepszám	138	130	123	124	133	148
Shannon index (H')	1.15	1.2	1.83	2.10	2.04	2.10
Shannon egyenletesség (J')	0.83	0.74	0.73	0.82	0.75	0.85

Ez az eredmény várakozásinknak megfelelő eltéréseket mutat és megegyezik a Varanda et al. (2016) és Winter et al. (2018) leírtakkal. Azonban Hagn et al. (2003) ezzel ellentétes eredményeket tapasztaltak talajművelési eljárások intenzitását összevető kísérleteikben.

A Hill diverzitás számolás adta értékeket (Nq) effektív, valódi diverzitás (true diversity) indexként egyre gyakrabban alkalmazzák napjainkban az ökológiai szempontú adatelemzéskor a fenti indexek mellett (Ma, 2018). Ezen értékek a FEL kezelésben enyhén (nem végig jól megkülönböztethetően) magasabbak voltak, mint az EXT-ben és mindkettő magasabb volt az INT kezelésben tapasztaltaknál mindkét mintavételi időpontban (tavasz, nyár) (**44. ábra**).



44. ábra: Hill diverzitás (Nq) értékek kezelésenként és mintavételi időpontonként ábrázolva.
balra: Tavasz, jobbra: Nyár (2015. nyár)
(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott) (Forrás: R Studio)

A Hill index adta eredmények tehát megerősítették, hogy a közösség alfa diverzitása a FEL kezelésben volt mindkét mintavételi időpontban a legmagasabb, kivéve a közösségen belül ritka fajokat, melyek közel vagy teljesen azonos arányban képviseltették magukat az EXT és FEL ültetvényekben a nyári mintavételkor.

A gombák mellett e területnél azonos mintákból a szabadonélő nematodák számát és táplálkozási csoportjainak arányát is megvizsgáltuk. Ez alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a számukat a talajművelési eljárások szignifikánsan módosítják, ám a táplálkozási csoportok egymáshoz viszonyított arányát nem (Kovács et al. 2020). Ezáltal a növényvédelmi kitettség azonos mértékű növénykárosító fonálférgek esetében, az opportunista patogén gomba törzsek arányán múlik, melyek a nematodák által a szőlő gyökérzetén okozott sebzéseken keresztül bejuthatnak és károsíthatnak.

6. KÖVETKEZTETÉSEK és JAVASLATOK

A három különböző talajművelést alkalmazó gazdálkodói gyakorlatot: **integrált (I), ökológiai (Ö) és biodinamikus (B)** eljárást összehasonlító vizsgálatsorozatunk eredményei alapján a kevesebb menetszámmal művelt, mechanikailag kevésbé bolygatott biodinamikus (B) ültetvény a szőlő számára a másik két kezeléshez képest több felvehető diszponibilis víztartalmat (DV) biztosított.

Ugyanez, illetve az ökológiai (Ö) kezelés mutatta a jobb értékeket az aggregátumstabilitási értékek vizsgálatakor szemben az intenzívebb talajbolygatással és egyes peszticidek (kifejezetten a herbicidek és inszekticidek) alkalmazásával kezelt integrált (I) kezeléssel. A makro aggregátumok stabilitási értékét a szakirodalom a talajbiológiai és így a talaj „egészségi" állapottal hozza összefüggésbe, mintegy indikátorként tekinthető a bekövetkező változások kimutatására, nyomon követésére. Emellett a jobb aggregátumstabilitási értékekkel rendelkező ültetvények talajai az erózióval szemben is ellenállóbbak. Az integrált (I) kezelés művelési gyakorlata (menetszám-taposási kár, tömörítést eredményező talajművelési eljárások) jelentősen nagyobb tömörödöttséget, talajellenállás értékeket is eredményezett és ezen a talajszellőztetés sem változtatott.

A DHA enzimaktivitást mely a lebontó tevékenységek indexálására alkalmas, akár történt lazítás (L) akár nem (NL), a biodinamikus (B) ültetvényben tapasztaltuk a legmagasabbnak az előzetes várakozásoknak megfelelően. A szervesanyag mennyiség közvetett kimutatása mellett, az azt lebontó mikrobák mineralizációs folyamatokban betöltött képességének vizsgálatára alkalmazott FDA enzimaktivitás vizsgálat eredményei a 2017. tavaszi eredmények alapján az Ö, míg a 2017. nyári és 2018. tavaszi eredmények alapján a B kezelés szerepelt kiugróan jól. A talajnak csökkent felvehető tápanyag szolgáltató képessége összefüggésben lehet a levélanalízis eredmények alapján az integrált művelési eljárásnál (I) tapasztalt legrosszabb nitrogén és a kálium ellátottsággal, tekintve hogy egyik ültetvény esetében sem történt a közelmúltban szerves vagy szervetlen trágyázás.

Eredményeink alapján az intenzívebb talajbolygatás; a herbicid felhasználás és különböző növényvédőszerek alkalmazásában jelentkező különbségek a gazdálkodó számára kedvezőtlenül módosítják a különböző ökológiai funkciót betöltő habitusukban elkülönülő gomba csoportok egymáshoz viszonyított részarányát és így a rizoszféra-talajnak a potenciális patogéneket elnyomó képességét, azaz a talaj szuppreszivitását is. Az integrált lazított felszínközeli minták (I LF) jóval nagyobb arányban tartalmazták a patogén törzsek DNS-ét. A faj melynek dominanciája egymaga a legjelentősebb mértékben módosította a kezelésnél tapasztalható arányt, a *Neonectria ditissima (syn. Neonectria galligena)*, szélesebb körben ismert anamorf, ivartalan formájának megnevezése

Cylindrocarpon heteronema. Az abundancia vizsgálatában ezt követő három másik faj is patogén gomba volt. Lehetséges, hogy ezen a területen a gyökérszaggatással, „metszéssel” járó talajszellőztetés, azzal, hogy a gyökérszakadások nyomán a vékonyabb gyökérzeten sok apró sebfelületet eredményez, lehetőséget biztosított a potenciális patogén fajok bejutására is. Ezt az összefüggést érdemes lenne tovább tanulmányozni.

Az általunk elsőként vizsgált **talajszellőztetés** hatására a növények számára felvehető diszponibilis víztartalom (DV) értékek kivétel nélkül többnek bizonyultak, mind az A (0-30 cm) mind pedig az F (30-60 cm) mélységek esetén. A talajszellőztetést követően feltehetőleg javult a talaj fizikai-szerkezeti összetétele, még akkor is ha a talajellenállás vizsgálati eredményei szerint a tömörödöttséget nem tudta csökkenteni az eljárás. A lazítás nem csak a hozzáférhető levegő(oxigén)-tartalmat javította, de nőtt a növény számára felvehető nedvesség-tartalom is. A talaj levegő és oxigén tartalmának növelésével az egyébként legmagasabb talajellenállás értékeket mutató integált (I) és a jobb értékekkel rendelkező biodinamikus (B) kezeléseknél, egyértelműen emelkedő értékeket eredményezett a stabil aggregátumok mennyiségében. Ez feltételezhetően a nem lazítotthoz (NL) képest nagyobb intenzitású és mértékű mikrobiális aktivitásnak volt köszönhető. A hatás másfél évvel a kezelést követően került megvizsgálásra, így az ekkor tapasztalt állapot stabilnak és nem csak időszakosnak mondható. A talajszellőztetés két mélységben (A, F) is vizsgált tartós lazító hatásának igazolásához azonban további tartamhatású vizsgálatokra van szükség.

Az **eróziónak kitett ültetvényben alkalmazott sorköztakarási és talajművelési összehasonlító tartamkísérlet** eredményei közül a gravimetriás talajnedvesség adatok a FES, TAK, TER (A) és a BU (A) kezelésekben mutattak nagyobb víztartalmat a tavaszi mintavétel során (minden bizonnyal az erózió miatt jelentkező magas szórással). A vezetőképességen alapuló mérési eredményeknél a legjelentősebb időbeli változékonyságot az egyébként jól szereplő FES kezelés mutatta, melynél az idő melegedésével az addig kedvező értékek intenzíven elkezdtek romlani. A kezelések csapadékeseményeket követő száradási intenzitása alapján a TAK kezelés mutatta a legjobb értéket, míg a FES a rosszabbul szereplő kezelések közé került. Minden bizonnyal ez a kezelés megfelelő csapadék mennyiség mellett képes jó takarónövényként szolgálni a szőlőtermesztők elvárásai szerint.

A talajvíztartóképesség értékeinél a növénytermesztőnek kiemelten fontos, a kultúrnövény által felvehető, diszponibilis víztartalom (DV) arányának az ismerete. A DV amellett, ahogy azt az általunk is elvégzett korrelációszámítások is igazolták, függ a talajok kötöttségétől (KA) ($R=0,45$ $p=0,08$) és humusz-tartalmától ($R=0,49$ $p=0,05$), összefüggésben áll a talajműveléssel és sorköztakarással. A legmagasabb össz-térfogatszázalékos nedvességtartalom értékek

(DV+HV+GRAV) a FES, TAK és BU kezeléseknél olvashatók. A legjobb felvehető víztartalom (DV) értéket a takarás (TAK) és a búza (BU) kezelések, míg a legkisebb értéket a területre jellemző gyomösszetétel (TER) kezelés hozta a diszponibilis víz (DV) esetében, és az összesített (DV+HV+GRAV) eredményei is a legkissebbek között voltak. A vezetőképességen alapuló mérési eredményeknél is a legjobbak között szerepelt-e két kezelés, a száradás intenzitás (víztartó képesség) alapján pedig kiemelkedően előnyösnek bizonyult az elhalt növényi szervesanyaggal történő takarás (TAK). Eredményeink így igazolták a szakirodalomban foglaltakat, mely szerint a természetes gyepalkotók (gyomflóra) jelentős vízkonkurenciát jelenthetnek a szőlő számára sorköztakaró-növényként. A talajnedvesség szempontjából legjobb talajtakarási megoldásnak összegezve a takarás (TAK) és a búza (BU). Mindez úgy tekinthető, hogy a legmagasabb talajnedvesség értékeket és felvehető víztartalmat biztosítják a szőlő számára.

A talajnedvesség értékekek alapján rosszul szereplő természetes gyeptakaró (TER kezelés) azonban alacsony talajellenállás értékeket mutatott, minden bizonnyal annak köszönhetően, hogy itt kisebb menetszámmal elvégezhetők a talajtaposással járó munkálatok, hiszen nem történik talajbolygatás sem. Az alacsonyabb menetszámnak köszönhető alacsonyabb költségszint, illetve a jobb (kisebb) tömörödöttség értékek azonban árnyalják e kezelés, eróziónak kitett ültetvényeken való alkalmazásának elvetésére irányuló érveket. Az olyan években vagy olyan területeken ahol a kultúrnövény számára elérhető nedvességtartalom a legkritikusabb paraméter ott ellenjavalt legalábbis minden sorköz ilyen módon történő takarása. Akkor azonban amikor az e kezelés jelentette vízkonkurencia elviselhető mértékű, a fent leírt előnyeit kihasználhatja a gazdálkodó és előnyére alkalmazhatja ültetvényén.

Az aggregátumstabilitási értékek vizsgálatánál, az eróziós szempontból érdekes felszínközeli zónából (F) vett minták közül a Facélia (FAC), a területre jellemző gyomflóra (TER) és a tritikálé (TRI) is kifejezetten rosszul szerepeltek ennél, a talajeróziós ellenálló képességet kifejező paraméternél, míg a TAK kezelés jó eredményt hozott. Ez abban az esetben lehet fontos, amennyiben a kezelések valamilyen okból feltörésre kerülnek, és a kopár felületű talajok még jelentősebb mértékben kitettek az eróziónak.

A talajbiológiai élet aktivitását jelző enzimaktivitásra befolyásoló hatások elsősorban a talajtakarási kezelések takarónövényzetek gyökerei által jól átjárt, illetve mulcsból származó szervesanyaggal jobban ellátott általunk felsőként (F) jelölt rétegben mérhetők. A DHA vizsgálatnál a szervesanyag takaróval rendelkező takarás (TAK) kezelés mutatott magas értéket. Erős negatív kapcsolatot találtunk a $CaCO_3$ és az FDA enzimaktivitás között (2017.tavasz: R=-0,68 p=0,00; 2017.nyár: R=-0,81 p=0,00). A mészben gazdagabb talajképző kőzet eróziós

folyamatok általi felszínre kerülésének egy negatív következményére mutat ez esetben az összefüggés.

Az újgenerációs metagenomikai vizsgálatok három kezelésnél mutatnak 20% feletti arányt a patogén törzsek közösségen belüli mennyiségét vizsgálva (FAC F, BU F és TRI F) és kifejezetten alacsony értékeket (kevesebb mint 5%) pedig a FAC A, és a TAK A esetében találtunk. Az ilyen felmérés és ez az eredmény abban segítheti a gazdálkodót, hogy mérlegelhesse a kockázat mértékét ami jelentkezik, amennyiben gyökérsebzéssel járó felszínbolygatást (mechanikai talajművelés jelentős szőlőgyökeret tartalmazó talajzónákban) alkalmaz, és így a szőlőt a felszínalatti kórokozó gombák támadásának kiteszi. A legjelentősebb talajbolygatás az időszaki talajtakarást biztosító búza (BU) és tritikálé (TRI) kezeléseknél jelentkezik, így az eredmény mely ezeknél a többinél magasabb patogén arányt eredményez figyelmeztető és számításba veendő információ.

Kiemelkedő értéket mutatott a MEC A kezelésnél a potenciális antagonista gombafajok aránya, mely közel 25%-osnak bizonyult. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a rizoszférában a növény az intenzív fizikai bolygatás, gyökérmetszés mellett megjelenő nagyszámú patogén gombák ellensúlyozására az antagonisták számának növekedését indukálhatja. A szaprofitonok mennyisége valamennyi esetben ott mutatott nagyobb mennyiséget, ahol a szervesanyagok talajba forgatása történik.

A szimbionták a több növényi gyökérzettel rendelkező kezelésekben általában nagyobb mennyiséget mutattak. Kivételt jelentett, mikor a szőlő azáltal, hogy nem került más növényekkel kompetícióba a vízért, a számára előnyös együttműködést a gombával erősebben kialakította. Domináns fajként a *Rhizophagus irregularis*-t azonosítottuk, mely a legtöbb mezőgazdasági kultúrnövénnyel képes mikorrhizális kapcsolatot kialakítani és emellett a növény foszfor felvételét is bizonyítottan képes szabályozni.

A kultúrnövény vitalitását jelző szüreti paraméterek vizsgálatával úgy találtuk, hogy közel azonos mustfokot, titrálható savtartalmat és pH szintet mutató termést tudott beérlelni eltérő mennyiség mellett is a szőlő a különböző kezeléseknél. A TER a BU és TRI, illetve a MEC kezelések alkottak egy alacsonyabb hozamot produkáló csoportot. Ez alapján termés mennyiségi vagy minőségi szempontok nem szükséges hogy korlátozzák a gazdálkodót abban hogy mely sorköztakarási, talajművelési eljárást választja.

A talajművelési intenzitás összehasonlításául szolgáló ültetvények vizsgálatának mind a három ültetvénye filoxéra immunisnak minősíthető szerkezetnélküli homok-talajokkal rendelkezik, melyek közül a FEL művelési mód mutatta a legnagyobb talajellenállás értéket, azon túl, hogy mindegyik tömörödöttnek minősíthető.

A közelmúltban bármilyen tápanyagutánpótlást nélkülöző ültetvényben az agrokémiai adatok vizsgálatakor a legjelentősebb különbségeket a réztartalom elemzésénél észleltük. A felszínközeli (F) mélységben a művelt területek (INT, EXT) nagyobb mennyiséget tartalmaznak a permetezéssel kijuttatott elemből, főként az EXT kezelésnél, melynél a függőleges irányú bolygatás hiányában lassabban jut le ez az alacsony mobilitású elem a mélyebb zónába. A FEL terület azonban a mélyebb zónában tartalmaz magas mennyiségű rezet, minden bizonnyal a korábbi művelésből (több mint tíz éve nem történt növényvédelem) visszamaradt réztartalom e mélységben halmozódott fel és ezt a növényzet spontán fitoremediációs folyamat révén sem tudta mobilizálni. A mért értékek az EU által meghatározott toxikus szintet (50 mg/kg) csak egy esetben haladják meg az EXT F-nél, azonban a Hollandia által meghatározott (36 mg/kg) értéket a FEL F kivételével valamennyi esetben. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy amennyiben más, európai szőlőültetvények talajairól végzett vizsgálatokkal vetjük össze eredményeinket, akkor már egyik érték sem számít nagynak.

A rizoszféra mintákból tenyésztéses és PCR eljárásokkal azonosított opportunista patogén gomba nemzetségek aránya az INT ültetvénynél nagyobb volt, mint az EXT (tavasz: +8.20 nyár: +11.18%) és a FEL (tavasz: +14.54, nyár: +9.03%) esetében várakozásainknak megfelelően. A nemzetség szinten meghatározott Shannon féle (H', J') diverzitás értékek alapján a gombaközösségek diverzitása az INT kezelésnél volt a legkisebb, 59-75%-al kisebb mint az EXT és FEL kezeléseknél. Ezek alapján elmondható, hogy az intenzívebb talajbolygatás csökkenti a fenti abiotikus adottságokkal jellemezhető szőlőültetvények rizoszférájának szuppresszivitását. A termelő számára így amellett, hogy nyilvánvaló gazdaságossági szempontok is mellette szólnak a relatíve nagy energia igényű talajbolygatással járó művelési gyakorlatok csökkentésének, újjabb mérlegelendő érvként jelenik meg a fenti ültetvénykondíciót potenciálisan befolyásoló szempont.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az elvégzett kísérletek eredményei alapján tett főbb megállapítások közül az alábbi új tudományos eredményeket emelem ki:

1. Az integrált művelési eljárás az ökológiai és a biodinamikus művelésekhez viszonyítva csökkenti ($p<0,05$) az aggregátumstabilitást, a stabil makro-aggregátumok százalékos részarányát.
2. A sorközben mért talajellenállás adatok és a talajnedvesség adatok pozitív korrelációban állnak ($R=0,43$ $p=0,09$); az alacsonyabb menetszámmal megművelt, kisebb talajellenállás értékekkel jellemezhető természetes gyeptakarójú kezelés talaja azonban alacsonyabb talajnedvesség értékekkel rendelkezik a rajta található növénytakaró vízhasználata miatt (száradási együttható: 0,0097).
3. Magyarországon először jellemeztünk a hagyományos agrofizikai, -kémiai és biológiai módszerek mellett, újgenerációs shotgun metagenomikai módszerekkel szőlő rizoszféra gomba közösséget a szőlőültetvényekben alkalmazott talajművelési és talajtakarási eljárásokkal összefüggésben.
4. Újgenerációs shotgun metagenomikai és tenyésztéses mikológiai vizsgálatokkal is igazoltuk, hogy a talajok intenzívebb bolygatása csökkenti a talaj szuppresszivitását, növeli a patogén gomba fajok közösségen belüli arányát.
5. Először vizsgáltuk a talajszellőztetés hatását a diszponibilis víztartalom (DV) mennyiségére szőlőültetvényekben. A kezelés hatására a DV nőtt mind a 0-30 cm, mind pedig a 30-60 cm-es mélységekben, így a talaj a növény számára több felvehető nedvességet tudott biztosítani.
6. Standardizált alapfeltételek mellett (azonos korú tőkék, alany és nemes fajta, művelésmód, metszés mód, rügyterhelés, zöldmunka és szüreti időpont) a különböző talajtakarási eljárások közül a TER, MEC, BU, TRI kezelések az átlagnál kisebb, míg a FAC, PILL, FES és TAK kezelések az átlagot meghaladó termésmennyiséget adtak.
7. Az általunk dominánsként, a badacsonyi ültetvénynél minden kezelés rizoszférájában kimutatott Rhizophagus irregularis szimbionta gomba, az eróziónak kitett területen a pillangós (PILL) és a gabona talajtakarónövények (BU, TRI) valamint a mechanikai művelés (MEC) mellett nagyobb abundanciával fordult elő.

8. NEW SCIENTIFIC RESULTS

Among the main findings of the experiments performed, I highlight the following new scientific findings:

1. The integrated cultivation method reduces ($p < 0.05$) the aggregate stability and the percentage of stable macro-aggregates compared to the organic and the biodynamic cultivations.
2. The soil resistance data measured between rows and the soil moisture data were positively correlated ($R = 0.43$ $p = 0.09$), however, the soil of the natural grass cover treatment with lower soil resistance values with lower number of turns, had low soil moisture values due to the vegetation cover (drying coefficient: 0.0097).
3. For the first time in Hungary the grape rhizosphere fungal community were characterized, with nextgen shotgun metagenomic methods, beside the traditional agrophysical, chemical and biological methods, in connection with the tillage and mulching methods applied in the vineyards.
4. Next generation shotgun metagenomic and culture mycological studies have also shown that more intense soil disturbance of the vineyard reduces soil suppressivity and increases the proportion of pathogenic fungal species within the community.
5. Our study is the first on the effect of soil aeration on the amount of disposable water content in vineyards. As a result of the treatment it increased at both 0-30 cm and 30-60 cm depths, so the soil could provide more moisture to the plant.
6. Under standardized basic conditions (same: age of vine, rootstock and noble variety, cultivation method, pruning method, bud load, canopy management and harvest time) are affected by different soil cover methods like TER, MEC, BU, TRI less than average, while FAC, PILL, FES, and TAK treatments were above the average in yield.
7. The symbiont fungus *Rhizophagus irregularis* has been detected in the rhizosphere of all treatments as the dominant in the vineyard at Badacsony hill. It appeared with greater abundance in the erosion-exposed plantation if legumes (PILL), cereal cover crops (BU, TRI) and mechanical cultivation (MEC) were applied.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőim Prof. Dr. Biró Borbála és Prof. Dr. Kocsis László felé akik szakmai iránymutatásukkal és támogatásukkal lehetővé tették a kutatói munka elvégzését és e dolgozat elkészültét.

Köszönöm továbbá a kutatási helyszínek rendelkezésre bocsátóinak, gazdáknak és intézeteknek, illetve azok munkatársainak a támogató hozzáállását, a területek, eszközök rendelkezésre bocsátását.

A kutató és eredményeket szintetizáló munka számos fázisa nem valósulhatott volna meg kutató társaim nélkül, akik a közös terep, labor és irodai munkálatok során segítették munkámat!

Doktori értekezésem bírálóinak köszönöm a dolgozat javítására tett javaslataikat és építőjellegű kritikáikat!

Köszönöm családomnak, hogy a tanulmányi és kutatói munka kezdetétől a végéig biztattak és támogatták munkámat!

Végezetül köszönöm azoknak a hazai és külföldi kutatóknak, akik inspiráló munkásságukkal irányt mutatnak a környezeti szempontból is fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokat keresőknek, mind az akadémiai szférában, mind a gazdaságokban!

A kutatás az Európai Unió és a Magyar Kormány támogatásával az Európai Regionális Fejlesztési Alap és a Széchenyi 2020 program társfinanszírozási konstrukciójában a GINOP-2.3.2-15-2016-00054 azonosító számú projekt keretében valósult meg.

M1. IRODALOMJEGYZÉK

1. Ábrahám R., Érsek T., Kuroli G., Németh L., & Reisinger P. (2011). Növényvédelem. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_08_Novenyvedelem/ch01s04.html
2. Acosta-Martínez, V., & Tabatabai, M. A. (2000). Enzyme activities in a limed agricultural soil. Biology and Fertility of Soils, 31(1), 85–91. https://doi.org/10.1007/s003740050628
3. Adam, G., & Duncan, H. (2001). Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. Soil Biology and Biochemistry, 33(7), 943–951. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00244-3
4. Agrios, G. (2005). Plant Pathology—5th Edition. Academic Press. https://www.elsevier.com/books/plant-pathology/agrios/978-0-08-047378-9
5. Agtmaal, M. van. (2015). Suppression of soil-borne plant pathogens. 152. https://edepot.wur.nl/345218
6. Alabouvette, C. (1986). Fusarium-wilt suppressive soils from the Châteaurenard region: Review of a 10-year study. Agronomie, 6(3), 273–284. https://doi.org/10.1051/agro:19860307
7. Alef, K., & Nannipieri, P. (Szerk.). (1995). 7—Enzyme activities. In Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry (o. 311–373). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-012513840-6/50022-7
8. Anastassiadou, M., Bernasconi, G., Brancato, A., Cabrera, L. C., Greco, L., Jarrah, S., Kazocina, A., Leuschner, R., Magrans, J. O., Miron, I., Nave, S., Pedersen, R., Reich, H., Rojas, A., Sacchi, A., Santos, M., Stanek, A., Theobald, A., Vagenende, B., & Verani, A. (2020). Modification of the existing maximum residue levels for copper compounds in fresh herbs and edible flowers. EFSA Journal, 18(7), e06180. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6180
9. Anderson, I. C., & Cairney, J. W. G. (2004). Diversity and ecology of soil fungal communities: Increased understanding through the application of molecular techniques. Environmental Microbiology, 6(8), 769–779. https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00675.x
10. Andrássy, I. (1988). Kertészeti növények fonálféreg kártevői. Agronematológiai kézikönyv. Mezőgazdasági Kiadó. https://antikva.hu/botanika/kerteszeti-novenyek-fonalferegkartevoi-agronematologiai-ke-e9
11. Apró, M., Cseh, E., Gáborjányi, R., & Takács, A. P. (2014). Leggyakoribb vírusbetegségek a hazai szőlőültetvényekben. Kertészet és Szőlészet, 63(29), 16-19.
12. Arx, J. A. von. (1987). Plant pathogenic fungi. (Köt. 87). von Arx, J.A. Plant Pathogenic Fungi; Lubrecht & Cramer Ltd. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19871326377
13. Atkinson, G. F. (1892). Some Diseases of Cotton. Agricultural Experiment Station of the Agricultural and Mechanical College. https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=uaVIAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA3&ots=

HCiCEEHMiC&sig=2aAYN8XsCa8NuS_GQADItAnm1eE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

14. Badacsonyi Borvidék Hegyközségi Tanácsa. (2018). A Badacsony oltalom alatt álló eredetmegjelölés termékleírása. Magyarország kormánya. https://boraszat.kormany.hu/download/2/74/12000/Badacsony%20OEM%202-v%C3%A1ltozat%20korr.pdf
15. Bai, Z., Caspari, T., Gonzalez, M. R., Batjes, N. H., Mäder, P., Bünemann, E. K., de Goede, R., Brussaard, L., Xu, M., Ferreira, C. S. S., Reintam, E., Fan, H., Mihelič, R., Glavan, M., & Tóth, Z. (2018). Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 265, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.028
16. Baker, K., & Cook, R. J. (1974). Biological control of plant pathogens. In Biological control of plant pathogens. W.H. Freeman and Company. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19741622425
17. Bakker, P. A. H. M., Berendsen, R. L., Doornbos, R. F., Wintermans, P. C. A., & Pieterse, C. M. J. (2013). The rhizosphere revisited: Root microbiomics. Frontiers in Plant Science, 4. https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00165
18. Bandick, A. K., & Dick, R. P. (1999). Field management effects on soil enzyme activities. Soil Biology and Biochemistry, 31(11), 1471–1479. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00051-6
19. Barthès, B., & Roose, E. (2002). Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. CATENA, 47(2), 133–149. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00180-1
20. Bavec, M., Grobelnik Mlakar, S., Rozman, Č., Pazek, K., & Bavec, F. (2009). Sustainable Agriculture Based on Integrated and Organic Guidelines: Understanding Terms: The Case of Slovenian Development and Strategy. Outlook on Agriculture, 38, 89–95. https://doi.org/10.5367/000000009787762824
21. Beauregard, M. S., Hamel, C., Atul-Nayyar, & St-Arnaud, M. (2010). Long-Term Phosphorus Fertilization Impacts Soil Fungal and Bacterial Diversity but not AM Fungal Community in Alfalfa. Microbial Ecology, 59(2), 379–389. https://doi.org/10.1007/s00248-009-9583-z
22. Benheim, D., Rochfort, S., Robertson, E., Potter, I. D., & Powell, K. S. (2012). Grape phylloxera (Daktulosphaira vitifoliae) – a review of potential detection and alternative management options. Annals of Applied Biology, 161(2), 91–115. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00561.x
23. Bényei, F., & Lőrincz, A. (2005). Borszőlőfajták, csemegeszőlő-fajták és alanyok—Fajtaismeret és -használat. Mezőgazda Kiadó.
24. Berg, G., & Smalla, K. (2009). Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere. FEMS Microbiology Ecology, 68(1), 1–13. https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2009.00654.x
25. Berlanas, C., Berbegal, M., Elena, G., Laidani, M., Cibriain, J. F., Sagües, A., & Gramaje, D. (2019). The Fungal and Bacterial Rhizosphere Microbiome Associated With Grapevine

Rootstock Genotypes in Mature and Young Vineyards. Frontiers in Microbiology, 10. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01142

26. Bertsch, C., Ramírez-Suero, M., Magnin-Robert, M., Larignon, P., Chong, J., Abou-Mansour, E., Spagnolo, A., Clément, C., & Fontaine, F. (2013). Grapevine trunk diseases: Complex and still poorly understood. Plant Pathology, 62(2), 243–265. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02674.x
27. Bianchi, F. J. J. A., Mikos, V., Brussaard, L., Delbaere, B., & Pulleman, M. M. (2013). Opportunities and limitations for functional agrobiodiversity in the European context. Environmental Science & Policy, 27, 223–231. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.12.014
28. Biddoccu, M., Ferraris, S., Opsi, F., & Cavallo, E. (2016). Long-term monitoring of soil management effects on runoff and soil erosion in sloping vineyards in Alto Monferrato (North–West Italy). Soil and Tillage Research, 155, 176–189. https://doi.org/10.1016/j.still.2015.07.005
29. Biró, Borbála. (2020). Talajtan biogazdálkodóknak II. Talajbiológia, talajfunkció. Nemzeti Agrár Kamara. https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/3351-talajtan-biogazdalkodoknak-ii/file
30. Biró, Borbála. (2006). A környezeti állapot megőrzésének, indikálásának és helyreállításának mikrobiológiai eszközei a növény-talaj rendszerben. D.Sc. értekezés, 105.
31. Biró, Borbala, Köves-Péchy, K., Tsimilli-Michael, M., & Strasser, R. J. (2006). Role of Beneficial Microsymbionts on the Plant Performance and Plant Fitness. In K. G. Mukerji, C. Manoharachary, & J. Singh (Szerk.), Microbial Activity in the Rhizoshere (o. 265–296). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-29420-1_14
32. Bissonnais, Y. L., Blavet, D., Noni, G. D., Laurent, J.-Y., Asseline, J., & Chenu, C. (2007). Erodibility of Mediterranean vineyard soils: Relevant aggregate stability methods and significant soil variables. European Journal of Soil Science, 58(1), 188–195. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00823.x
33. Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. Trends in Ecology & Evolution, 14(6), 224–228. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01583-3
34. Bouma, J., Stoorvogel, J., Alphen, B. J. van, & Booltink, H. W. G. (1999). Pedology, Precision Agriculture, and the Changing Paradigm of Agricultural Research. Soil Science Society of America Journal, 63(6), 1763–1768. https://doi.org/10.2136/sssaj1999.6361763x
35. Bratek Z., Fodor F., Király I., Nyitrai P., Parádi I., Rácz I., Rudnóy S., Solti Á., Szigeti Z., & Tamás L. (2013). A növényi anyagcsere élettana (Digitális Tankönyvtár). Eötvös Loránd Tudományegyetem. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_novenyi_anyagcsere/ch12.html
36. Brinkmann, N., Schneider, D., Sahner, J., Ballauff, J., Edy, N., Barus, H., Irawan, B., Budi, S. W., Qaim, M., Daniel, R., & Polle, A. (2019). Intensive tropical land use massively shifts soil fungal communities. Scientific Reports, 9(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-019-39829-4
37. Brkljača, M., Kulišić, K., & Andersen, B. (2019). Soil dehydrogenase activity and organic carbon as affected by management system. Agriculturae Conspectus Scientificus, 84(2), 135-142–142.

38. Bruggen, A. H. C. van, & Finckh, M. R. (2016). Plant Diseases and Management Approaches in Organic Farming Systems. Annual Review of Phytopathology, 54(1), 25–54. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-100123

39. Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Russell, L. J. (2015). Biochemistry and Molecular Biology of Plants, 2nd Edition | Wiley (Second Edition). John Wiley & Sons, Ltd. https://www.wiley.com/en-us/Biochemistry+and+Molecular+Biology+of+Plants%2C+2nd+Edition-p-9780470714218

40. Buddhika, U. V. A., & Abeysinghe, S. (2021). Secondary Metabolites from Microbes for Plant Disease Management. In K. P. Singh, S. Jahagirdar, & B. K. Sarma (Szerk.), Emerging Trends in Plant Pathology (o. 331–342). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6275-4_15

41. Burns, K. N., Bokulich, N. A., Cantu, D., Greenhut, R. F., Kluepfel, D. A., O'Geen, A. T., Strauss, S. L., & Steenwerth, K. L. (2016). Vineyard soil bacterial diversity and composition revealed by 16S rRNA genes: Differentiation by vineyard management. Soil Biology and Biochemistry, 103, 337–348. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.09.007

42. Buzás I. (Szerk.). (1990). Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata (Sz. 1–2). INDA 4231. https://www.mta-taki.hu/hu/aton

43. Capó-Bauçà, S., Marqués, A., Llopis-Vidal, N., Bota, J., & Baraza, E. (2019). Long-term establishment of natural green cover provides agroecosystem services by improving soil quality in a Mediterranean vineyard. Ecological Engineering, 127, 285–291. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.008

44. Casanova-Gascón, J., Martín-Ramos, P., Martí-Dalmau, C., & Badía-Villas, D. (2018). Nutrients Assimilation and Chlorophyll Contents for Different Grapevine Varieties in Calcareous Soils in the Somontano DO (Spain). Beverages, 4(4), 90. https://doi.org/10.3390/beverages4040090

45. Castañeda, L. E., & Barbosa, O. (2017). Metagenomic analysis exploring taxonomic and functional diversity of soil microbial communities in Chilean vineyards and surrounding native forests. PeerJ, 5, e3098. https://doi.org/10.7717/peerj.3098

46. Cavagnaro, T. R., Smith, F. A., Smith, S. E., & Jakobsen, I. (2005). Functional diversity in arbuscular mycorrhizas: Exploitation of soil patches with different phosphate enrichment differs among fungal species. Plant, Cell & Environment, 28(5), 642–650. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01310.x

47. Cavani, L., Manici, L. M., Caputo, F., Peruzzi, E., & Ciavatta, C. (2016). Ecological restoration of a copper polluted vineyard: Long-term impact of farmland abandonment on soil bio-chemical properties and microbial communities. Journal of Environmental Management, 182, 37–47. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.050

48. Chapelle, E., Mendes, R., Bakker, P. A. H., & Raaijmakers, J. M. (2016). Fungal invasion of the rhizosphere microbiome. The ISME Journal, 10(1), 265–268. https://doi.org/10.1038/ismej.2015.82

49. Charkowski, A. O. (2016). Opportunistic Pathogens of Terrestrial Plants. In C. J. Hurst (Szerk.), The Rasputin Effect: When Commensals and Symbionts Become Parasitic (Köt. 3,

o. 147–168). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28170-4_7

50. Chen, S., Waghmode, T. R., Sun, R., Kuramae, E. E., Hu, C., & Liu, B. (2019). Root-associated microbiomes of wheat under the combined effect of plant development and nitrogen fertilization. Microbiome, 7(1), 136. https://doi.org/10.1186/s40168-019-0750-2
51. Chou, M.-Y. (2018). Vineyard floor management in the finger lakes region: Physiological and microbial perspectives. Dissertation, 151. https://core.ac.uk/download/pdf/195373174.pdf
52. Clark, C. M., Cleland, E. E., Collins, S. L., Fargione, J. E., Gough, L., Gross, K. L., Pennings, S. C., Suding, K. N., & Grace, J. B. (2007). Environmental and plant community determinants of species loss following nitrogen enrichment. Ecology Letters, 10(7), 596–607. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01053.x
53. Colazo, J. C., & Buschiazzo, D. (2015). The Impact of Agriculture on Soil Texture Due to Wind Erosion. Land Degradation & Development, 26(1), 62–70. https://doi.org/10.1002/ldr.2297
54. Cordovez, V., Carrion, V. J., Etalo, D. W., Mumm, R., Zhu, H., van Wezel, G. P., & Raaijmakers, J. M. (2015). Diversity and functions of volatile organic compounds produced by Streptomyces from a disease-suppressive soil. Frontiers in Microbiology, 6. https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01081
55. Csikászné Krizsics A. (2008). A termés mennyiség, a termés minőség és a levelek tápelem tartalmának összefüggése különféle alanyokra oltott Cabernet sauvignon szőlőfajtán. 156. https://konyvtar.uni-pannon.hu/doktori/2008/Csikaszne_Krizsics_Anna_dissertation.pdf
56. Dandurishvili, N., Szegedi, E., Eliashvili, P., Giorgobiani, N., Khmel, I., Vainstein, A., & Chernin, L. (2009). In vitro and in planta suppression of oncogenic strains of Agrobacterium vitis and Agrobacterium tumefaciens by bacterial biocontrol agents. In Vitro and in Planta Suppression of Oncogenic Strains of Agrobacterium Vitis and Agrobacterium Tumefaciens by Bacterial Biocontrol Agents., 43, 225–229.
57. Dane, H., & Hopmans, J. W. (2002). Water retention and storage. In In: Methods of soil analysis, Part 4 (o. 671-757.). Soil Science Society of America Inc.
58. De Corato, U. (2021). Soil Microbiome Manipulation Gives New Insights in Plant Disease-Suppressive Soils from the Perspective of a Circular Economy: A Critical Review. Sustainability, 13(1), 10. https://doi.org/10.3390/su13010010
59. Deak, T. (2007). Handbook of Food Spoilage Yeasts. CRC Press.
60. Dick, R. P., Breakwell, D. P., & Turco, R. F. (1997). Soil Enzyme Activities and Biodiversity Measurements as Integrative Microbiological Indicators. In Methods for Assessing Soil Quality (o. 247–271). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c15
61. Dipu, S., Anju, A., & Salom Gnana Thanga, V. (2015). Root Soil (R/S) Ratio in Plants used for Phytoremediation of Different Industrial Effluents. 3, 10–14. https://doi.org/10.12691/ijebb-3-1-2
62. Döring, J., Collins, C., Frisch, M., & Kauer, R. (2019). Organic and Biodynamic Viticulture Affect Biodiversity and Properties of Vine and Wine: A Systematic Quantitative Review. American Journal of Enology and Viticulture, 70(3), 221–242. https://doi.org/10.5344/ajev.2019.18047

63. Dövényi, Z. (Szerk.). (2010). Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet.

64. Dunai, A. (2017). A szerves- és ásványi trágyázás, valamint a különböző talajművelési módok hatásainak vizsgálata egyes talajfizikai paraméterekre tartamkísérletben. Doktori értekezés. https://doi.org/10.18136/PE.2017.647

65. Dunai, A., Makó, A., & Barna, G. (2013). A talajok légáteresztő képessége. Agrokémia És Talajtan, 62(2), 415–426. https://doi.org/10.1556/agrokem.62.2013.2.17

66. Dunai, A., & Tóth, Z. (2015). Szerves- és műtrágyázás tartamhatása a talajaggregátumok stabilitására agyagbemosódásos barna erdőtalajon. Agrokémia és Talajtan, 64(1), 29–52.

67. Edwards, J., Norng, S., Powell, K. S., & Granett, J. (2007). Relationships between grape phylloxera abundance, fungal interactions and grapevine decline. Acta Horticulturae, 733, 151–157. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.733.16

68. Elsas, J. D. van, Trevors, J. T., Rosado, A. S., & Nannipieri, P. (2019). Modern Soil Microbiology, Third Edition. CRC Press.

69. Erb, M., & Lu, J. (2013). Soil abiotic factors influence interactions between belowground herbivores and plant roots. Journal of Experimental Botany, 64(5), 1295–1303. https://doi.org/10.1093/jxb/ert007

70. Fadiji, A. E., Ayangbenro, A. S., & Babalola, O. O. (2021). Shotgun metagenomics reveals the functional diversity of root-associated endophytic microbiomes in maize plant. Current Plant Biology, 25, 100195. https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100195

71. Feliciano, A. J., & Gubler, W. D. (2001). Histological investigations on infection of grape roots and shoots by Phaeoacremonium spp. Phytopathologia Mediterranea, 40, S387–S393. JSTOR.

72. Fernández-Calviño, D., Martín, A., Arias-Estévez, M., Bååth, E., & Díaz-Raviña, M. (2010). Microbial community structure of vineyard soils with different pH and copper content. Applied Soil Ecology, 46(2), 276–282. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.08.001

73. Ferris, H., & McKenry, M. V. (1974). Seasonal Fluctuations in the Spatial Distribution of Nematode Populations in a California Vineyard. Journal of Nematology, 6, 8.

74. Filep G., Füleky G., & Stefanovics P. (2010). Talajtan. Mezőgazda Kiadó. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Talajtan/ch12s03.html

75. Fleurat-Lessard, P., Dédaldéchamp, F., Thibault, F., Béré, E., & Roblin, G. (2011). Antifungal effects of iron sulfate on grapevine fungal pathogens. Scientia Horticulturae, 130(3), 517–523. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.004

76. Garbeva, P., Postma, J., Veen, J. A. V., & Elsas, J. D. V. (2006). Effect of above-ground plant species on soil microbial community structure and its impact on suppression of Rhizoctonia solani AG3. Environmental Microbiology, 8(2), 233–246. https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2005.00888.x

77. Garcia, L., Celette, F., Gary, C., Ripoche, A., Valdés-Gómez, H., & Metay, A. (2018). Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review. Agriculture, Ecosystems & Environment, 251, 158–170. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.030

78. Gaskins, M. H., Albrecht, S. L., & Hubbell, D. H. (1985). Rhizosphere bacteria and their use to increase plant productivity: A review. Agriculture, Ecosystems & Environment, 12(2), 99–116. https://doi.org/10.1016/0167-8809(85)90071-4

79. Gáspár G., Csathó P., Fodor N., & Kovács G. J. (2012). Charachterisation and modelling of phosphorus cycle of different soils using winter rape [Dokumentáció]. OTKA Kutatási Jelentések | OTKA Research Reports; OTKA. http://real.mtak.hu/12071/

80. Ge, C.-R., & Zhang, Q.-C. (2011). Microbial Community Structure and Enzyme Activities in a Sequence of Copper-Polluted Soils. Pedosphere, 21(2), 164–169. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(11)60114-8

81. Giné, A., Carrasquilla, M., Martínez-Alonso, M., Gaju, N., & Sorribas, F. J. (2016). Characterization of Soil Suppressiveness to Root-Knot Nematodes in Organic Horticulture in Plastic Greenhouse. Frontiers in Plant Science, 7. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00164

82. Girvan, M. S., Bullimore, J., Pretty, J. N., Osborn, A. M., & Ball, A. S. (2003). Soil Type Is the Primary Determinant of the Composition of the Total and Active Bacterial Communities in Arable Soils. Applied and Environmental Microbiology, 69(3), 1800–1809. https://doi.org/10.1128/AEM.69.3.1800-1809.2003

83. Gispert, M., Emran, M., Pardini, G., Doni, S., & Ceccanti, B. (2013). The impact of land management and abandonment on soil enzymatic activity, glomalin content and aggregate stability. Geoderma, 202–203, 51–61. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.03.012

84. Glits M., & Folk G. (2001). Kertészeti növénykórtan. Mezőgazda Kiadó.

85. Gómez Expósito, R., de Bruijn, I., Postma, J., & Raaijmakers, J. M. (2017). Current Insights into the Role of Rhizosphere Bacteria in Disease Suppressive Soils. Frontiers in Microbiology, 8. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02529

86. Granett, J., Bisabri-Ershadi, B., & Carey, J. (1983). Life tables of Phylloxera on resistant and susceptible grape root-stocks. Entomologia Experimentalis et Applicata, 34, 13–19. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1983.tb03284.x

87. Granett, J., Omer, A. D., Pessereau, P., & Walker, M. A. (1998). Fungal infections of grapevine roots in phylloxera-infested vineyards. Vitis, 37(1), 39–42.

88. Granett, Jeffrey, Walker, M. A., Kocsis, L., & Omer, A. D. (2001). Biology and Management of Grape Phylloxera. Annual Review of Entomology, 46(1), 387–412. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.387

89. Guerra, B., & Steenwerth, K. (2011). Influence of Floor Management Technique on Grapevine Growth, Disease Pressure, and Juice and Wine Composition: A Review. American Journal of Enology and Viticulture, 63, 149–164. https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10001

90. György, K. (2004). Hasznos mikroorganizmusok. Biokultúra, 2004(2).

91. Hagn, A., Pritsch, K., Schloter, M., & Munch, J. C. (2003). Fungal diversity in agricultural soil under different farming management systems, with special reference to biocontrol strains of Trichoderma spp. Biology and Fertility of Soils, 38(4), 236–244. https://doi.org/10.1007/s00374-003-0651-0

92. Halleen, F., Schroers, H. J., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2004). Novel species of Cylindrocarpon (Neonectria) and Campylocarpon gen. Nov. Associated with black foot disease of grapevines (Vitis spp.). Studies in Mycology, 50(2), 431–455.

93. Halleen, Francois. (2015). Characterisation of cylindrocarpon spp. Associated with black foot disease of grapevine. Dissertation, 132.

94. Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., & Ahmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: A review. Annals of Microbiology, 60(4), 579–598. https://doi.org/10.1007/s13213-010-0117-1

95. Heath, M. C. (1981). A Generalized Concept of Host-Parasite Specificity. Phytopathology, 71(11), 1121. https://doi.org/10.1094/Phyto-71-1121

96. Hendgen, M., Hoppe, B., Döring, J., Friedel, M., Kauer, R., Frisch, M., Dahl, A., & Kellner, H. (2018). Effects of different management regimes on microbial biodiversity in vineyard soils. Scientific Reports, 8(1), 9393. https://doi.org/10.1038/s41598-018-27743-0

97. Hernandez, M. M., & Menéndez, C. M. (2019). Influence of seasonality and management practices on diversity and composition of fungal communities in vineyard soils. Applied Soil Ecology, 135, 113–119. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.11.008

98. Hoitink, H. a. J., & Boehm, M. J. (1999). BIOCONTROL WITHIN THE CONTEXT OF SOIL MICROBIAL COMMUNITIES: A Substrate-Dependent Phenomenon. Annual Review of Phytopathology, 37, 427–446. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.37.1.427

99. Holland, T. C., Bowen, P. A., Bogdanoff, C. P., Lowery, T. D., Shaposhnikova, O., Smith, S., & Hart, M. M. (2016). Evaluating the diversity of soil microbial communities in vineyards relative to adjacent native ecosystems. Applied Soil Ecology, 100, 91–103. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.12.001

100. Hoorman, J. J. (2016). Role of Soil Fungus. https://ohioline.osu.edu/factsheet/anr-37

101. Huber, L., Hoffmann, M., Rühl, E. H., & Kirchmair, M. (2009). Disease suppressiveness of vineyard soils infested with grape phylloxera. Acta Horticulturae, 816, 41–52. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.816.7

102. Iversen, B. V., Moldrup, P., Schjønning, P., & Jacobsen, O. H. (2003). Field Application of a Portable Air Permeameter to Characterize Spatial Variability in Air and Water Permeability. Vadose Zone Journal, 2(4), 618–626. https://doi.org/10.2136/vzj2003.6180

103. Jakucs E., & Vajna L. (2003). Mikológia. Agroinform Kiadó. https://www.libri.hu/konyv/jakucs_erzsebet.mikologia.html

104. Jenser G., Mészáros Z., & Sáringer G. (1998). A szántóföldi és kertészeti növények kártevői. Mezőgazda Kiadó.

105. Jugovics, L. (1968). A Balaton -felvidék és a Tapolcai-medence bazaltterületeinek felépítése, Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése az 1968. Évről. 233–235.

106. Kalocsai, R., Giczi, Z., Schmidt, G., & Szakál, P. (2006). A talajvizsgálati eredmények értelmezése. https://docplayer.hu/397214-A-talajvizsgalati-eredmenyek-ertelmezese.html

107. Karami, A., Homaee, M., Afzalinia, S., Ruhipour, H., & Basirat, S. (2012). Organic resource management: Impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties. Agriculture, Ecosystems & Environment, 148, 22–28. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.10.021

108. Kátai, J. (2011). Alkalmazott talajtan (Digitális Tankönyvtár). Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_02_Alkalmazott_talajtan/ch02s05.html
109. Katznelson, H., Lochhead, A. G., & Timonin, M. I. (1948). Soil Microorganisms and the Rhizosphere. Botanical Review, 14(9), 543–587.
110. Keiblinger, K. M., Schneider, M., Gorfer, M., Paumann, M., Deltedesco, E., Berger, H., Jöchlinger, L., Mentler, A., Zechmeister-Boltenstern, S., Soja, G., & Zehetner, F. (2018). Assessment of Cu applications in two contrasting soils—Effects on soil microbial activity and the fungal community structure. Ecotoxicology, 27(2), 217–233. https://doi.org/10.1007/s10646-017-1888-y
111. Keinath, A. P., & Fravel, D. R. (1992). Induction of soil suppressiveness to verticillium wilt of potato by successive croppings. American Potato Journal, 69(8), 503–513. https://doi.org/10.1007/BF02853839
112. Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate Stability and Size Distribution. In Methods of Soil Analysis (o. 425–442). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c17
113. Kiffer, E., & Morelet, M. (2011). The Deuteromycetes - Mitosporic Fungi: Classification and Generic Keys. CRC Press.
114. Kinkel, L. L., Schlatter, D. C., Bakker, M. G., & Arenz, B. E. (2012). Streptomyces competition and co-evolution in relation to plant disease suppression. Research in Microbiology, 163(8), 490–499. https://doi.org/10.1016/j.resmic.2012.07.005
115. Király, Z. (1968). A növényi betegségellenállóság élettana. Akadémia Kiadó.
116. Kirchhoff, M., Rodrigo-Comino, J., Seeger, M., & Ries, J. B. (2017). Soil erosion in sloping vineyards under conventional and organic land use managements (Saar-Mosel Valley, Germany). Cuadernos de Investigación Geográfica, 43(1), 119–140. https://doi.org/10.18172/cig.3161
117. Kocsis I. (2012). Talajtan és Agrokémia. Eszterházy Károly Főiskola. https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/3188/Talajtan_es_agrokemia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
118. Kocsis L. (2010). Szőlőalanyok egyes fiziológiai jellemzőinek és biotikus tényezőinek értékelése. MTA Doktori értekezés, 138.
119. Komárek, M., Čadková, E., Chrastný, V., Bordas, F., & Bollinger, J.-C. (2010). Contamination of vineyard soils with fungicides: A review of environmental and toxicological aspects. Environment International, 36(1), 138–151. https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.10.005
120. Korthals, G. W., Bongers, T., Kammenga, J. E., Alexiev, A. D., & Lexmond, T. M. (1996). Long-term effects of copper and ph on the nematode community in an agroecosystem. Environmental Toxicology and Chemistry, 15(6), 979–985. https://doi.org/10.1002/etc.5620150621
121. Kotroczó, Z., Biró, B., Kocsis, T., Veres, Z., Tóth, J. A., & Fekete, I. (2017). Hosszú távú szerves anyag manipuláció hatása a talaj biológiai aktivitására. Talajvédelem, Talajvédelem, Okszerű talajhasználat-Talajvédelem(Különszám), 73–83.

122. Kovács, B., Dobolyi, C., Sebők, F., Kocsis, L., & Tóth, Z. (2020). Effect of Vineyard Floor Management on Seasonal Changes of Cultivable Fungal Diversity in the Rhizosphere. Agriculture, 10(11), 534. https://doi.org/10.3390/agriculture10110534
123. Kovács, B., Kocsis, L., Szabó, P., Szakálas, J., Seres, A., & Nagy, P. I. (2020). Extenzív, intenzív és felhagyott ültetvények talajkezelési gyakorlatainak hatása a fonálféreg denzitásra szőlőültevények rizoszférájában. Talajvédelem, Talajhasználat – funkcióképesség(Különszám), 133–143.
124. Kovács, B., Pacsai, B., Stankovics, P., Márton, B., Szabó, P., & Kocsis, L. (2020). Szenzoros talajnedvesség és talajközeli hőmérséklet felmérés különböző, talajvédelmi célból alkalmazott takarónövényzettel és mulcstakaróval rendelkező szőlőültetvényben. Tavaszi Szél Konferencia Absztrakt Kötet: „Mi és a tudomány jövője”, 46.
125. Kovács, B., Varga, P., Májer, J., Németh, C., Szabó, P., & Kocsis, L. (2018). Sustainable soil management in the Badacsony Wine District. Ecocycles, 4(2), 80–84. https://doi.org/10.19040/ecocycles.v4i2.115
126. Kozma, P. (1993). A szőlő és termesztése II.: Köt. A szőlő szaporítása és termesztéstechnológiája. Akadémia Kiadó. https://www.scribd.com/document/394158542/Kozma-Pal-A-Sz%C5%91l%C5%91-Es-Termesztese-IIOCR
127. Kredics, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Kevei, F., & Nagy, E. (2003). Influence of Environmental Parameters on Trichoderma Strains with Biocontrol Potential. Food Technology and Biotechnology, 41, 37–42.
128. Kurakov, A. V., Lavrent’ev, R. B., Nechitailo, T. Yu., Golyshin, P. N., & Zvyagintsev, D. G. (2008). Diversity of facultatively anaerobic microscopic mycelial fungi in soils. Microbiology, 77(1), 90–98. https://doi.org/10.1134/S002626170801013X
129. Kyselková, M., Kopecký, J., Frapolli, M., Défago, G., Ságová-Marečková, M., Grundmann, G. L., & Moënne-Loccoz, Y. (2009). Comparison of rhizobacterial community composition in soil suppressive or conducive to tobacco black root rot disease. The ISME Journal, 3(10), 1127–1138. https://doi.org/10.1038/ismej.2009.61
130. Lauri, A., & Mariani, P. O. (2009). Potentials and limitations of molecular diagnostic methods in food safety. Genes & Nutrition, 4(1), 1–12. https://doi.org/10.1007/s12263-008-0106-1
131. Leslie, J., & Summerell, B. (2006). The Fusarium laboratory manual. Blackwell Publishing.
132. Lewis, W. H., & Ettema, T. J. G. (2019). Culturing the uncultured. Nature Biotechnology, 37(11), 1278–1279. https://doi.org/10.1038/s41587-019-0300-2
133. Li, Y., Wang, C., Wang, T., Liu, Y., Jia, S., Gao, Y., & Liu, S. (2020). Effects of Different Fertilizer Treatments on Rhizosphere Soil Microbiome Composition and Functions. Land, 9(9), 329. https://doi.org/10.3390/land9090329
134. Liang, H., Wang, X., Yan, J., & Luo, L. (2019). Characterizing the Intra-Vineyard Variation of Soil Bacterial and Fungal Communities. Frontiers in Microbiology, 10. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01239
135. Loch J., & Nosticzius Á. (2004). Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Agrokemia_es_novved_kemia/ch02s09.html

136. Lőrincz A., Sz Nagy L., & Zanathy G. (2015). Szőlőtermesztés. Mezőgazda Kiadó. https://scholar.google.com/scholar?q=sz%C5%91l%C5%91termeszt%C3%A9s+l%C5%91rincz&hl=hu&as_sdt=0%2C5&as_ylo=1900&as_yhi=2015
137. Ma, Z. (Sam). (2018). Chapter 8—Measuring Microbiome Diversity and Similarity with Hill Numbers. In M. Nagarajan (Szerk.), Metagenomics (o. 157–178). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102268-9.00008-2
138. Mackie, K. A., Müller, T., & Kandeler, E. (2012). Remediation of copper in vineyards – A mini review. Environmental Pollution, 167, 16–26. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.03.023
139. Maeder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. Science, 296(5573), 1694–1697. https://doi.org/10.1126/science.1071148
140. Makó, A., Varga, T., Hernádi, H., Labancz, V., & Barna, G. (2017). Talajminták lézeres szemcseanalízisének módszertani tapasztalatai. Agrokémia És Talajtan, 66(1), 223–250. https://doi.org/10.1556/0088.2017.66.1.13
141. Marasco, R., Rolli, E., Fusi, M., Michoud, G., & Daffonchio, D. (2018). Grapevine rootstocks shape underground bacterial microbiome and networking but not potential functionality. Microbiome, 6(1), 3. https://doi.org/10.1186/s40168-017-0391-2
142. Marschner, P., Crowley, D., & Yang, C. H. (2004). Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type. Plant and Soil, 261(1), 199–208. https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000035569.80747.c5
143. Mazzola, M., & Freilich, S. (2016). Prospects for Biological Soilborne Disease Control: Application of Indigenous Versus Synthetic Microbiomes. Phytopathology®, 107(3), 256–263. https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-16-0330-RVW
144. McKenry, M. V., & Anwar, S. A. (2006). Nematode and Grape Rootstock Interactions Including an Improved Understanding of Tolerance. Journal of Nematology, 38(3), 312–318.
145. McNear Jr., D. H. (2013). Roots, Soil And Everything In Between. Nature Education Knowledge, 4(3)(1). https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/the-rhizosphere-roots-soil-and-67500617/#
146. Mendes, R., Garbeva, P., & Raaijmakers, J. M. (2013). The rhizosphere microbiome: Significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiology Reviews, 37(5), 634–663. https://doi.org/10.1111/1574-6976.12028
147. Morrison-Whittle, P., Lee, S. A., & Goddard, M. R. (2017). Fungal communities are differentially affected by conventional and biodynamic agricultural management approaches in vineyard ecosystems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 246, 306–313. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.022
148. Muscas, E., Cocco, A., Mercenaro, L., Cabras, M., Lentini, A., Porqueddu, C., & Nieddu, G. (2017). Effects of vineyard floor cover crops on grapevine vigor, yield, and fruit quality, and the development of the vine mealybug under a Mediterranean climate. Agriculture, Ecosystems & Environment, 237, 203–212. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.035

149. Nagy, P. (2009). Case studies using nematode assemblage analysis in terrestrial habitats. In Nematodes as environmental indicators (o. 172–187). CABI. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093184813

150. Navarrete, A. A., Cannavan, F. S., Taketani, R. G., & Tsai, S. M. (2010). A Molecular Survey of the Diversity of Microbial Communities in Different Amazonian Agricultural Model Systems. Diversity, 2(5), 787–809. https://doi.org/10.3390/d2050787

151. Nihorimbere, V., Ongena, M., Smargiassi, M., & Thonart, P. (2011). Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. BASE, 15(2). https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=7578

152. Odelade, K. A., & Babalola, O. O. (2019). Bacteria, Fungi and Archaea Domains in Rhizospheric Soil and Their Effects in Enhancing Agricultural Productivity. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(20). https://doi.org/10.3390/ijerph16203873

153. Oehl, F., Laczko, E., Bogenrieder, A., Stahr, K., Bösch, R., van der Heijden, M., & Sieverding, E. (2010). Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. Soil biology & biochemistry, Vol. 42, 724–738. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.01.006

154. Oehl, Fritz, Sieverding, E., Ineichen, K., Ris, E.-A., Boller, T., & Wiemken, A. (2005). Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. New Phytologist, 165(1), 273–283. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01235.x

155. Okur, N., ÇENGEL, M., Göçmez, S., & Hüsnü, H. (2009). Microbial biomass and enzyme activity in vineyard soils under organic and conventional farming systems. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33. https://doi.org/10.3906/tar-0806-23

156. Omer, A. D., Granett, J., & Wakeman, R. J. (1999). Pathogenicity of Fusarium oxysporum on Different Vitis Rootstocks. Journal of Phytopathology, 147(7–8), 433–436. https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1999.tb03846.x

157. Os, G. J. van, & Ginkel, J. H. van. (2001). Suppression of Pythium root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. Soil Biology and Biochemistry, 33(11), 1447–1454. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00053-0

158. Pal, K. K., & McSpadden, G. B. (2006). Biological Control of Plant Pathogens. The Plant Health Instructor. https://doi.org/10.1094/PHI-A-2006-1117-02

159. Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Meusburger, K., Montanarella, L., Lugato, E., & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. Environmental Science & Policy, 54, 438–447. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012

160. Pancher, M., Ceol, M., Corneo, P. E., Longa, C. M. O., Yousaf, S., Pertot, I., & Campisano, A. (2012). Fungal Endophytic Communities in Grapevines (Vitis vinifera L.) Respond to Crop Management. Appl. Environ. Microbiol., 78(12), 4308–4317. https://doi.org/10.1128/AEM.07655-11

161. Papp Z. (1997). A talaj és védelme (http://www.sze.hu/~radicsa/TALAJVEDELEM/TALAJVEDELEM_1.pdf). Széchényi István Főiskola Környezetmérnöki Tanszék. http://www.sze.hu/~radicsa/TALAJVEDELEM/TALAJVEDELEM_1.pdf

162. Parray, J. A., & Shameem, N. (2020). Chapter 3—Molecular mechanism of plant-microbe interactions. In J. A. Parray & N. Shameem (Szerk.), Sustainable Agriculture (o. 85–136). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817109-7.00003-1

163. Patocskai Z., Vidéki R., Szépligeti M., Bidló A., & Kovács G. (2008). Talajviszonyok a Szent György-hegyen. Talajvédelem, Különszám, 639–644.

164. Pe'er, G., Bonn, A., Bruelheide, H., Dieker, P., Eisenhauer, N., Feindt, P. H., Hagedorn, G., Hansjürgens, B., Herzon, I., Lomba, Â., Marquard, E., Moreira, F., Nitsch, H., Oppermann, R., Perino, A., Röder, N., Schleyer, C., Schindler, S., Wolf, C., … Lakner, S. (2020). Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges. People and Nature, 2(2), 305–316. https://doi.org/10.1002/pan3.10080

165. Pohl, M., Graf, F., Buttler, A., & Rixen, C. (2012). The relationship between plant species richness and soil aggregate stability can depend on disturbance. Plant and Soil, 355(1), 87–102. https://doi.org/10.1007/s11104-011-1083-5

166. Posta K. (2013, november 15). Természet-technológiai beavatkozások hatása arbuszkuláris mikorrhiza gombaközösségekre szántóföldi és kertészeti kultúrákban. https://doi.org/10/P%C3%A1ldi%20Emil%20b%C3%ADr%C3%A1lata.pdf

167. Postma, J., Scheper, R. W. A., & Schilder, M. T. (2010). Effect of successive cauliflower plantings and Rhizoctonia solani AG 2-1 inoculations on disease suppressiveness of a suppressive and a conducive soil. Soil Biology and Biochemistry, 42(5), 804–812. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.01.017

168. Poudel, R., Jumpponen, A., Schlatter, D. C., Paulitz, T. C., Gardener, B. B. M., Kinkel, L. L., & Garrett, K. A. (2016). Microbiome Networks: A Systems Framework for Identifying Candidate Microbial Assemblages for Disease Management. Phytopathology®, 106(10), 1083–1096. https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-16-0058-FI

169. Pozo, M. J., & Azcón-Aguilar, C. (2007). Unraveling mycorrhiza-induced resistance. Current Opinion in Plant Biology, 10(4), 393–398. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.05.004

170. Quince, C., Walker, A. W., Simpson, J. T., Loman, N. J., & Segata, N. (2017). Shotgun metagenomics, from sampling to analysis. Nature Biotechnology, 35(9), 833–844. https://doi.org/10.1038/nbt.3935

171. Raaijmakers, J. M., & Mazzola, M. (2016). Soil immune responses. Science, 352(6292), 1392–1393. https://doi.org/10.1126/science.aaf3252

172. Raaijmakers, J. M., Paulitz, T. C., Steinberg, C., Alabouvette, C., & Moënne-Loccoz, Y. (2009). The rhizosphere: A playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. Plant and Soil, 321(1), 341–361. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9568-6

173. Reinhold-Hurek, B., Bünger, W., Burbano, C. S., Sabale, M., & Hurek, T. (2015). Roots Shaping Their Microbiome: Global Hotspots for Microbial Activity. Annual Review of Phytopathology, 53(1), 403–424. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102342

174. Rodrigo-Comino, J. (2018). Five decades of soil erosion research in "terroir". The State-of-the-Art. Earth-Science Reviews, 179, 436–447. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.014

175. Rosenberg, E., & Zilber-Rosenberg, I. (2016). Microbes Drive Evolution of Animals and Plants: The Hologenome Concept. MBio, 7(2). https://doi.org/10.1128/mBio.01395-15

176. Rouatt, J. W., Katznelson, H., & Payne, T. M. B. (1960). Statistical Evaluation of the Rhizosphere Effect. Soil Science Society of America Journal, 24(4), 271–273. https://doi.org/10.2136/sssaj1960.03615995002400040017x

177. Rousk, J., Bååth, E., Brookes, P. C., Lauber, C. L., Lozupone, C., Caporaso, J. G., Knight, R., & Fierer, N. (2010). Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. The ISME Journal, 4(10), 1340–1351. https://doi.org/10.1038/ismej.2010.58

178. Samson, R., Houbraken, J., & Thrane, U. (2010). Food and indoor fungi. CBS KNAW Biodiversity Center Utrecht.

179. Sánchez-Moreno, S., & Ferris, H. (2007). Suppressive service of the soil food web: Effects of environmental management. Agriculture, Ecosystems & Environment, 119(1), 75–87. https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.06.012

180. Santoyo, G., Hernández-Pacheco, C., Hernández-Salmerón, J., & Hernández-León, R. (2017). The role of abiotic factors modulating the plant-microbe-soil interactions: Toward sustainable agriculture. A review. Spanish Journal of Agricultural Research, 15(1), e03R01. https://doi.org/10.5424/sjar/2017151-9990

181. Schmid, F., Moser, G., Müller, H., & Berg, G. (2011). Functional and Structural Microbial Diversity in Organic and Conventional Viticulture: Organic Farming Benefits Natural Biocontrol Agents. Applied and Environmental Microbiology, 77(6), 2188–2191. https://doi.org/10.1128/AEM.02187-10

182. Schmidt, J. (2011). Földművelestan. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_05_Foldmuveles/ch02.html

183. Schnürer, J., & Rosswall, T. (1982). Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. Applied and Environmental Microbiology, 43(6), 1256–1261. https://doi.org/10.1128/AEM.43.6.1256-1261.1982

184. Schreiter, S., Ding, G.-C., Heuer, H., Neumann, G., Sandmann, M., Grosch, R., Kropf, S., & Smalla, K. (2014). Effect of the soil type on the microbiome in the rhizosphere of field-grown lettuce. Frontiers in Microbiology, 5. https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00144

185. Schumacher, T. E., Eynard, A., & Chintala, R. (2015). Rapid cost-effective analysis of microbial activity in soils using modified fluorescein diacetate method. Environmental Science and Pollution Research, 22(6), 4759–4762. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3922-4

186. Senbayram, M., Gransee, A., Wahle, V., Thiel, H., Senbayram, M., Gransee, A., Wahle, V., & Thiel, H. (2016). Role of magnesium fertilisers in agriculture: Plant–soil continuum. Crop and Pasture Science, 66(12), 1219–1229. https://doi.org/10.1071/CP15104

187. Shellito, P. J., Small, E. E., & Livneh, B. (2018). Controls on surface soil drying rates observed by SMAP and simulated by the Noah land surface model. Hydrology and Earth System Sciences, 22(3), 1649–1663. https://doi.org/10.5194/hess-22-1649-2018

188. Shi, S., Nuccio, E. E., Shi, Z. J., He, Z., Zhou, J., & Firestone, M. K. (2016). The interconnected rhizosphere: High network complexity dominates rhizosphere assemblages. Ecology Letters, 19(8), 926–936. https://doi.org/10.1111/ele.12630

189. Shukla, G., & Varma, A. (Szerk.). (2011). Soil Enzymology. Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14225-3

190. Siddiqui, S., Siddiqui, Z. A., & Ahmad, I. (2005). Evaluation of fluorescent Pseudomonads and Bacillus isolates for the biocontrol of a wilt disease complex of pigeonpea. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 21(5), 729–732. https://doi.org/10.1007/s11274-004-4799-z

191. Siddiqui, Z. A. (2007). Biocontrol of Alternaria triticina by plant growth promoting rhizobacteria on wheat. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 40(4), 301–308. https://doi.org/10.1080/03235400600587391

192. Siegel-Hertz, K., Edel-Hermann, V., Chapelle, E., Terrat, S., Raaijmakers, J. M., & Steinberg, C. (2018). Comparative Microbiome Analysis of a Fusarium Wilt Suppressive Soil and a Fusarium Wilt Conducive Soil From the Châteaurenard Region. Frontiers in Microbiology, 9. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00568

193. Siegrist, S., Schaub, D., Pfiffner, L., & Mäder, P. (1998). Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. Agriculture, Ecosystems & Environment, 69(3), 253–264. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(98)00113-3

194. Singh, D., Shi, L., & Adams, J. M. (2013). Bacterial diversity in the mountains of South-West China: Climate dominates over soil parameters. Journal of Microbiology, 51(4), 439–447. https://doi.org/10.1007/s12275-013-2446-9

195. Smart, D. R., Schwass, E., Lakso, A., & Morano, L. (2006). Grapevine Rooting Patterns: A Comprehensive Analysis and a Review. American Journal of Enology and Viticulture, 57(1), 89–104.

196. Stankovics, P., Montanarella, L., Kassai, P., Tóth, G., & Tóth, Z. (2020). The interrelations of land ownership, soil protection and privileges of capital in the aspect of land take. Land Use Policy, 99, 105071. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105071

197. Süle, S., Lehoczky, J., Jenser, G., Nagy, P., & Burr, T. J. (1995). Infection of Grapevine Roots by Agrobacterium vitis and Meloidogyne hapla. Journal of Phytopathology, 143(3), 169–171. https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1995.tb00253.x

198. Szabó I. M. (2008). Az általános talajtan biológiai alapjai (Sz. 1). Mundus Magyar Egyetemi Kiadó. https://www.mta-taki.hu/hu/aton

199. Szili-Kovács, T., Kátai, J., & Takács, T. (2011). Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében. 1. Módszerek. Agrokémia és Talajtan, 60, 273–286. https://doi.org/10.1556/Agrokem.60.2011.1.20

200. Sztahura, E. (2019, október 1). Amiről a talajvizsgálati eredmények beszélnek III. nak.hu. https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/kornyezetgazdalkodas/100477-amirol-a-talajvizsgalati-eredmenyek-beszelnek-iii

201. Szűcs, E., Horák, E., & Kovácsné Mérei, Z. (1981). Állókultúrák fenntartó műtrágyázási irányelvei. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ.

202. Trivedi, P., Delgado-Baquerizo, M., Trivedi, C., Hamonts, K., Anderson, I. C., & Singh, B. K. (2017). Keystone microbial taxa regulate the invasion of a fungal pathogen in agro-ecosystems. Soil Biology and Biochemistry, 111, 10–14. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.013

203. Tsimilli-Michael, M., Eggenberg, P., Biro, B., Köves-Pechy, K., Vörös, I., & Strasser, R. J. (2000). Synergistic and antagonistic effects of arbuscular mycorrhizal fungi and Azospirillum and Rhizobium nitrogen-fixers on the photosynthetic activity of alfalfa, probed by the polyphasic chlorophyll a fluorescence transient O-J-I-P. Applied Soil Ecology, 15(2), 169–182. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00093-7

204. Úrbez-Torres, J. R., Haag, P., Bowen, P., & O'Gorman, D. T. (2014). Grapevine Trunk Diseases in British Columbia: Incidence and Characterization of the Fungal Pathogens Associated with Black Foot Disease of Grapevine. Plant Disease, 98(4), 456–468. https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0524-RE

205. Van Coller, G. J., Denman, S., Crous, P. W., & Lamprecht, S. C. (2005). New perspective on soilborne diseases of grapevines in nurseries. Wineland, 11, 102–105.

206. Varanda, C. M. R., Oliveira, M., Materatski, P., Landum, M., Clara, M. I. E., & Félix, M. do R. (2016). Fungal endophytic communities associated to the phyllosphere of grapevine cultivars under different types of management. Fungal Biology, 120(12), 1525–1536. https://doi.org/10.1016/j.funbio.2016.08.002

207. Varga, P., Májer, J., Jahnke, G. G., Németh, C., Szőke, B., Sárdi, K., Varga, Z., Kocsis, L., & Salamon, B. (2012). Adaptive Nutrient Supply and Soil Cultivation Methods in the Upper Zone of Hillside Vineyards. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43(1–2), 334–340. https://doi.org/10.1080/00103624.2012.641463

208. Veres, Z., Kotroczó, Z., Fekete, I., Tóth, J. A., Lajtha, K., Townsend, K., & Tóthmérész, B. (2015). Soil extracellular enzyme activities are sensitive indicators of detrital inputs and carbon availability. Applied Soil Ecology, 92, 18–23. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.03.006

209. Veres, Z., Kotroczó, Z., Magyaros, K., Tóth, J. A., & Tóthmérész, B. (2013). Dehydrogenase Activity in a Litter Manipulation Experiment in Temperate Forest Soil. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica, 9(1), 25–33. https://doi.org/10.2478/aslh-2013-0002

210. Vida, C., Bonilla, N., de Vicente, A., & Cazorla, F. M. (2016). Microbial Profiling of a Suppressiveness-Induced Agricultural Soil Amended with Composted Almond Shells. Frontiers in Microbiology, 7. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00004

211. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). Trichoderma–plant–pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry, 40(1), 1–10. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002

212. Vincent, C., Hallman, G., Panneton, B., & Fleurat-Lessard, F. (2003). Management of Agricultural Insects with Physical Control Methods. Annual Review of Entomology, 48(1), 261–281. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112639

213. Wang, L., & Shi, Z. H. (2015). Size Selectivity of Eroded Sediment Associated with Soil Texture on Steep Slopes. Soil Science Society of America Journal, 79(3), 917–929. https://doi.org/10.2136/sssaj2014.10.0415

214. Wang, X., & Tang, C. (2018). The role of rhizosphere pH in regulating the rhizosphere priming effect and implications for the availability of soil-derived nitrogen to plants. Annals of Botany, 121(1), 143–151. https://doi.org/10.1093/aob/mcx138

215. Weber, R. W. S. (2014). Biology and control of the apple canker fungus Neonectria ditissima (syn. N. galligena) from a Northwestern European perspective. Erwerbs-Obstbau, 56(3), 95–107. https://doi.org/10.1007/s10341-014-0210-x

216. Whipps, J. M., & Lumsden, R. D. (1991). Biological control of Pythium species. Biocontrol Science and Technology, 1(2), 75–90. https://doi.org/10.1080/09583159109355188

217. White, R. E. (2015). Understanding Vineyard Soils. Oxford University Press.

218. Wieland, G., Neumann, R., & Backhaus, H. (2001). Variation of Microbial Communities in Soil, Rhizosphere, and Rhizoplane in Response to Crop Species, Soil Type, and Crop Development. Applied and Environmental Microbiology, 67(12), 5849–5854. https://doi.org/10.1128/AEM.67.12.5849-5854.2001

219. Wijdan, A. A. M., Bahrouz, A., & Sajid, A. S. (2018). Cultivation and Detection of Viable But Nonculturable (VBNC) Fungi in Soil by Using Yoghurt Whey Infusion Agar (YWIA). 2018 International Conference on Pure and Applied Science, 1–6. https://doi.org/10.14500/icpas2018.mim63

220. Willsey, T., Chatterton, S., & Cárcamo, H. (2017). Interactions of Root-Feeding Insects with Fungal and Oomycete Plant Pathogens. Frontiers in Plant Science, 8. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01764

221. Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D., Landa, B., Guzmán, G., Gómez, J. A., Guernion, M., Zaller, J. G., & Batáry, P. (2018). Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. Journal of Applied Ecology, 55(5), 2484–2495. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13124

222. Wood, D. E., Lu, J., & Langmead, B. (2019). Improved metagenomic analysis with Kraken 2. Genome Biology, 20(1), 257. https://doi.org/10.1186/s13059-019-1891-0

223. Wu, L., Jiang, Y., Zhao, F., He, X., Liu, H., & Yu, K. (2020). Increased organic fertilizer application and reduced chemical fertilizer application affect the soil properties and bacterial communities of grape rhizosphere soil. Scientific Reports, 10(1), 1–10. https://doi.org/10.1038/s41598-020-66648-9

224. Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G. M., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera—An Outline for Soil Ecologists. Journal of Nematology, 25(3), 315–331.

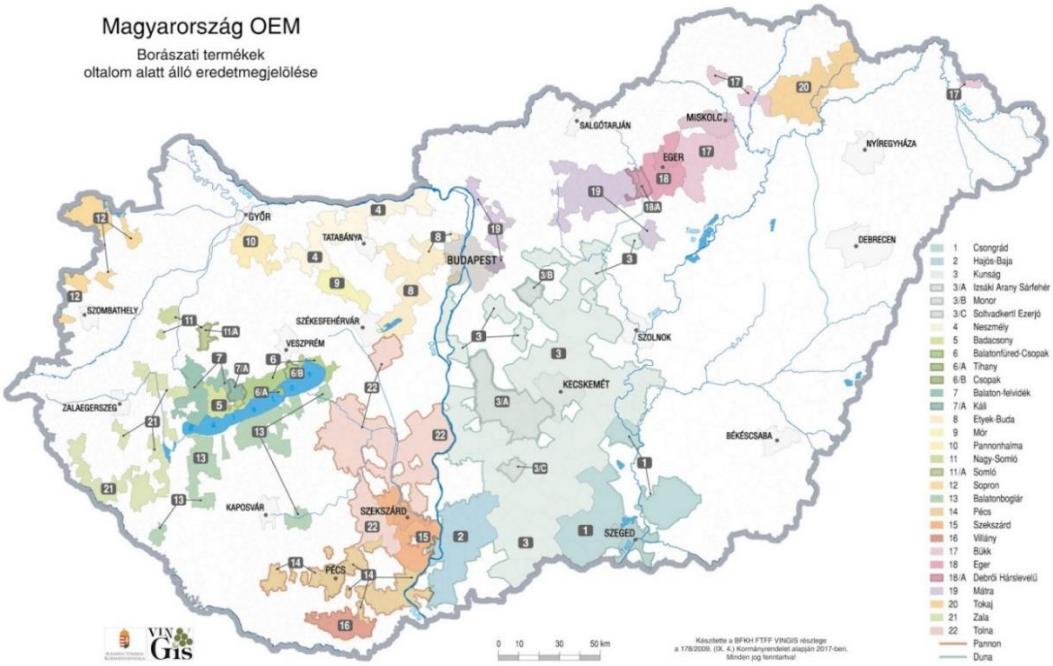
225. Yu, K., Pieterse, C. M. J., Bakker, P. A. H. M., & Berendsen, R. L. (2019). Beneficial microbes going underground of root immunity. Plant, Cell & Environment, 42(10), 2860–2870. https://doi.org/10.1111/pce.13632

226. Zhang, X. C., & Norton, L. D. (2002). Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. Journal of Hydrology, 260(1), 194–205. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00612-6

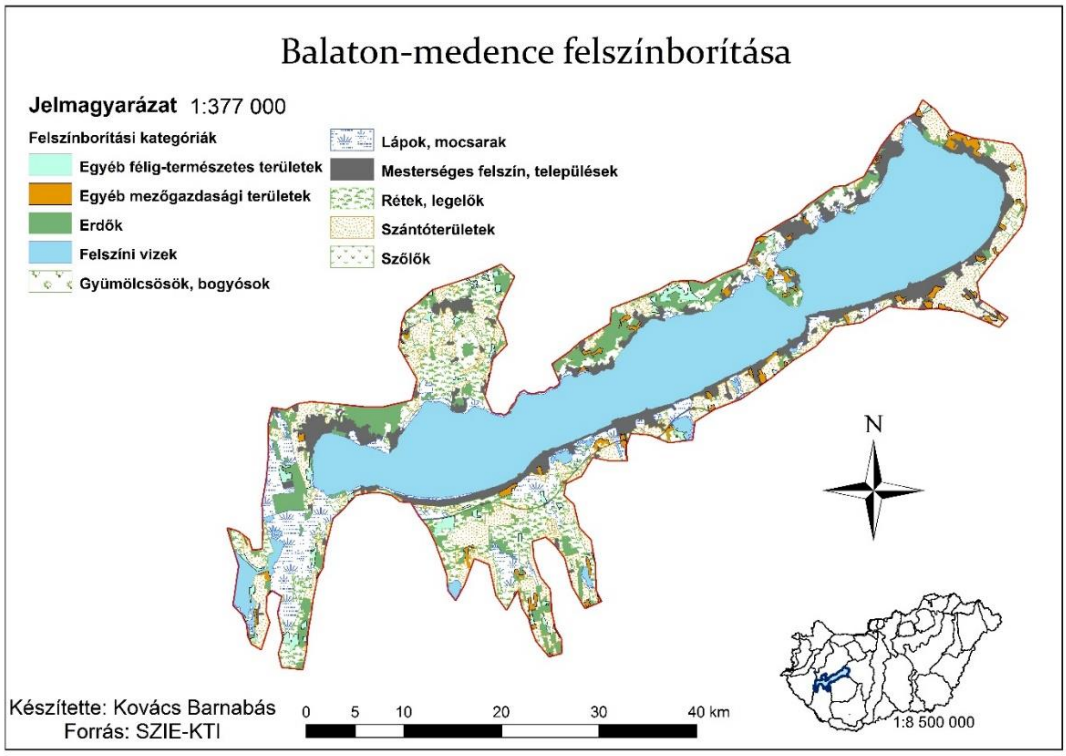
227. Zhang, Y., Li, S., Li, H., Wang, R., Zhang, K.-Q., & Xu, J. (2020). Fungi–Nematode Interactions: Diversity, Ecology, and Biocontrol Prospects in Agriculture. Journal of Fungi, 6(4), 206. https://doi.org/10.3390/jof6040206

228. Zobiole, L. H. S., Kremer, R. J., Oliveira, R. S., & Constantin, J. (2011). Glyphosate affects micro-organisms in rhizospheres of glyphosate-resistant soybeans. Journal of Applied Microbiology, 110(1), 118–127. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04864.x

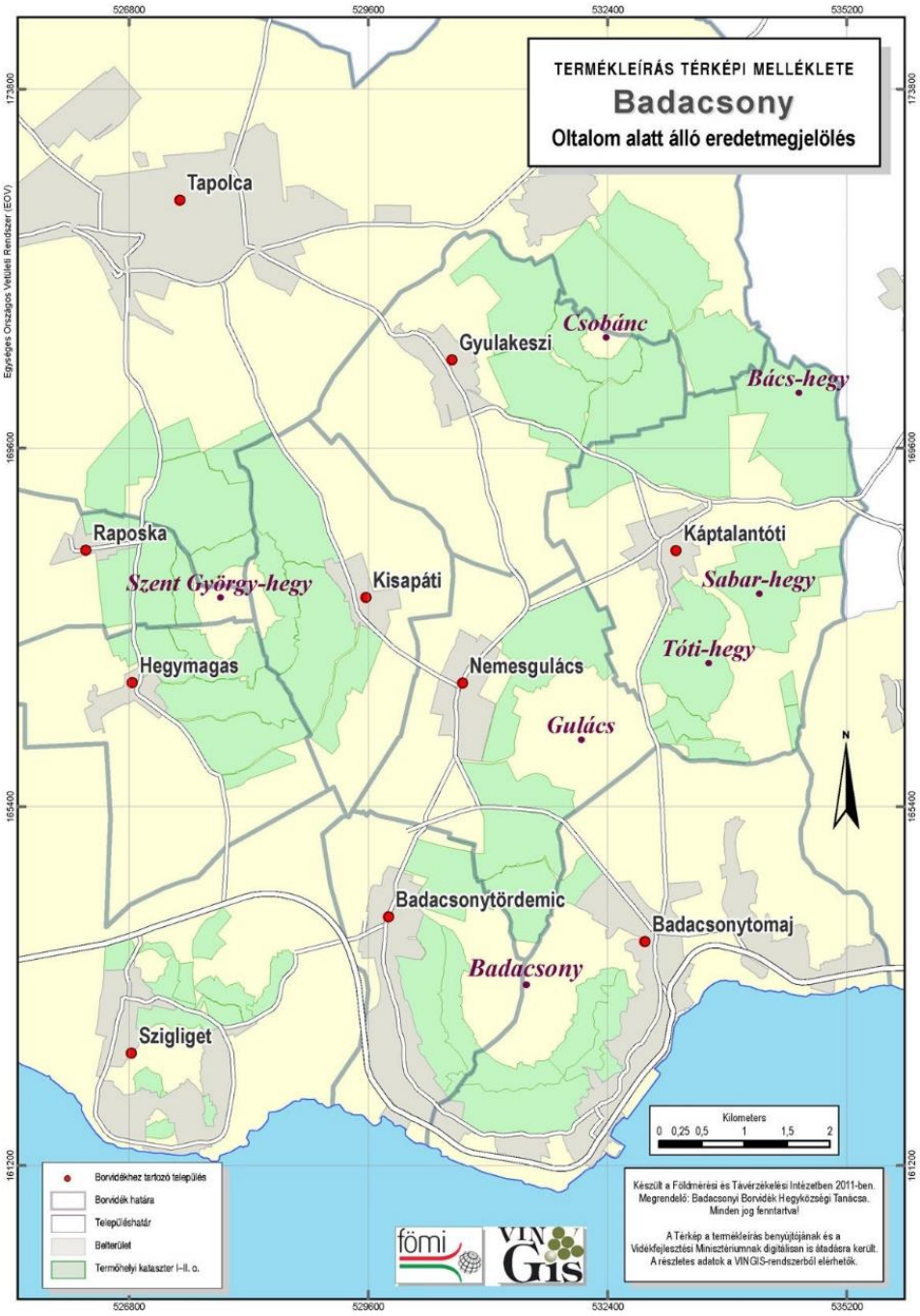
Mellékletek



M2. Magyarország OEM eredetmegjelölési leírással rendelkező területei
(FORRÁS: BADACSONYI BORVIDÉK HEGYKÖZSÉGI TANÁCSA, 2018)



M3. A Balaton-medence felszínborítása
(FORRÁS: ARCMAP-CORINE)



M4. Badacsony OEM területei (Termőhelyi kataszter I-II. osztály) – Tapolcai-medence
(FORRÁS: FÖLMÉRÉSI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI INTÉZET, VINGIS OSZTÁLY-FOMI.HU)
http://fish.fomi.hu/letoltes/nyilvanos/vingis/05_Badacsony_OEM_Oldal_2.jpg

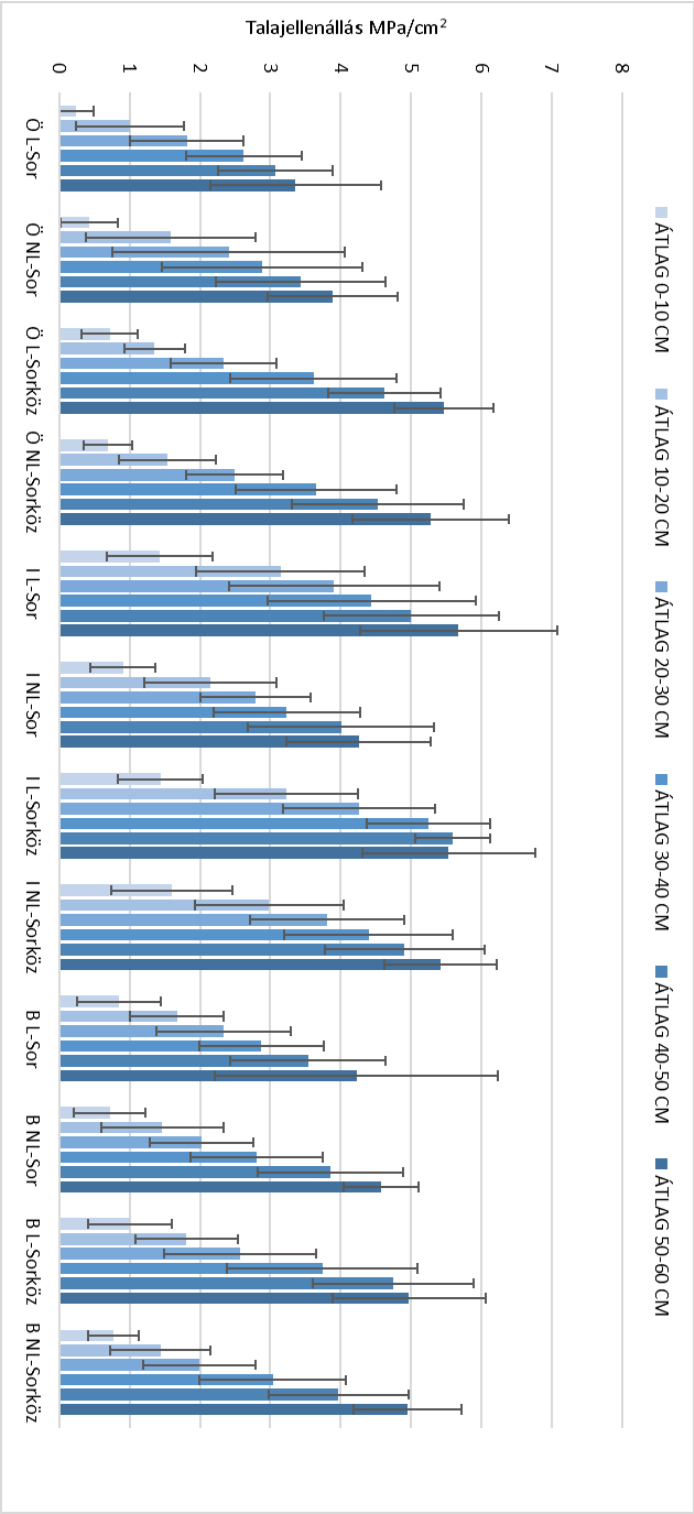
M5. A mintavételi területeken végzett vizsgálati paraméterek összesítő táblázata.

	Talajművelési eljárások összevetése – 'Hajagos-hegy'	Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'	Talajművelési intenzitás összehasonlítása – 'Szent György-hegy'
Talaj mechanikai összetétel	X	X	
Kvarchomok tartalom – filoxéra immunitás meghatározása			X
A talaj aktuális nedvességtartalmának és térfogattömegének vizsgálata	X	X	
Talajnedvesség és felszínközeli hőmérséklet monitoring		X	
Talaj víztartó képessége (pF)	X	X	
Aggregátumstabilitás	X	X	
Penetrációs ellenállás	X	X	X
Bővített talajanalízis - akkreditált vizsgálatsor	X	X	X
Bővített növényanalízis - akkreditált vizsgálatsor	X		
Az enzimaktivitások mérése	X	X	
Tenyésztéses mikológiai vizsgálatok			X
Molekuláris diagnosztikai vizsgálat tiszta tenyészetekből vett mintákon			X
Újgenerációs shotgun metagenomikai vizsgálatok	X	X	

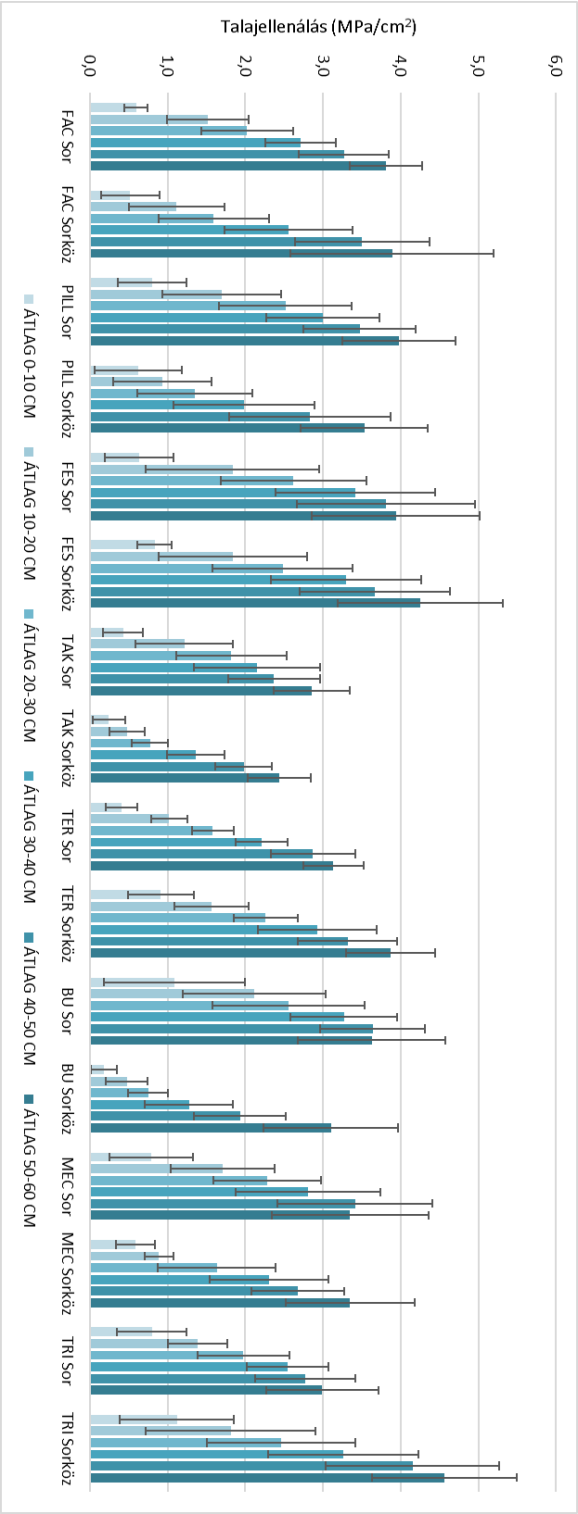
M6. Bővített talaj- és növényvizsgálatokhoz alkalmazott módszerek és a laboratórium által megadott mérési bizonytalanságok vizsgálati tételenként.

(FORRÁS: NAIK-SZBKI-BADACSONY-AKKREDITÁLT LABORATÓRIUM-VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV)

Vizsgált paraméter	Módszer	Bizonytalanság (±rel%)
Talajvizsgálatok		
NH4-N* KCl-os kivonatból	MSZ 20135:1999	10
(NO3 + NO2)-N KCl-os kivonatból	MSZ 20135:1999	10
P2O5 ammónium -laktát kivonatból	MSZ 20135:1999	10
K2O ammónium -laktát kivonatból	MSZ 20135:1999	10
Na ammónium -laktát kivonatból	MSZ 20135:1999	10
Ca ammónium -laktát kivonatból	MSZ 20135:1999	10
Mg KCl-os kivonatból	MSZ 20135:1999	10
Zn EDTA-KCl-os kivonatból	MSZ 20135:1999	10
Cu EDTA-KCl-os kivonatból	MSZ 20135:1999	10
Mn EDTA-KCl-os kivonatból	MSZ 20135:1999	10
Fe EDTA-KCl-os kivonatból	MSZ 20135:1999	10
szulfát-S KCl-os kivonatból	MSZ 20135:1999	10
pH	MSZ -08-0206-2:1978	±0,2 pH egység
Arany-féle kötöttségi szám (légszárazmintára vonatkoztatva)	MSZ -08-0205:1978	± 3 KA egység
Összes só	MSZ-08-0206-2: 1978	7,5
Szénsavas mész	MSZ-08-0206-2:1978	7,5
Szerves szén (humusz)	MSZ-08-0210:1977	7,5
Növényvizsgálatok		
Növényminták előkészítése laboratóriumi vizsgálatokhoz	MSZ-08-1783-1:1983 3.3.2. és 4.3. szakasz	
N tartalom (Kjeldahl módszer)	MSZ-08-1783-6:1983	10
P tartalom meghatározása (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-4:1983	10
K tartalom meghatározása (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-5:1983	10
Na (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-5:1983	10
Ca (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-2:1983	10
Mg tartalom (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-3:1983	10
Fe (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-7:1983	10
Mn (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-8:1983	10
Cu (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-10:1983	10
Zn (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-9:1983	10
B (hamu sósavas feltárásból)	MSZ-08-1783-12:1983	10



M7. Penetrációs ellenálási mérések eredményei. Talajművelési eljárások összevetése (n=10/változó, n=20/kezelés) – 'Hajagos-hegy' (2019. nyár).
(Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, Sor=Szőlősor, Sorköz=Szőlősorok között)



M8. Penetrációs ellenálási mérések eredményei – Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet (n=10/kezelés, n=20/kezelés) – 'Badacsony' (2019. tavasz).
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, Sor=Szőlősor, Sorköz=Szőlősorok között)

M9. Agrokémiai és fizikai vizsgálati eredmények ('bővített analízis').
Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy'
(I=Integrált, Ö=Ökológiai, B=Biodinamikus, A=Alsó, F=Felső)
(FORRÁS: NAIK-SZBKI-BADACSONY-AKKREDITÁLT LABORATÓRIUM-VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV – 2017. NYÁR)

	Ö F	**Ö A**	**I F**	**I A**	**B F**	**B A**
$pH_{(H2O)}$	7,81	7,62	7,9	7,98	7,52	7,61
$pH_{(KCl)}$	7,06	6,95	7,09	7,13	6,89	6,95
Arany-féle kötöttségi szám	31	32	32	34	36	37
összes só (m/m%)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
szénsavas mész (m/m%)	1,01	1,01	3,57	3,36	0,67	0,67
humusz (m/m%)	0,88	0,8	0,85	0,74	1,31	1,13
P_2O_5 (mg/kg)	160	206	220	169	386	186
K_2O (mg/kg)	274	270	430	277	382	294
(NO_3+NO_2)-N (mg/kg)	4,39	1,66	2,19	2,06	<1	1,51
Na (mg/kg)	37,7	26,4	34,1	26,8	19,4	35,2
Mg (mg/kg)	105	128	104	112	184	186
SO_4-S (mg/kg)	8,12	9,47	5,76	7,35	10,6	13,3
Mn (mg/kg)	121	112	44,6	31,3	174	161
Zn (mg/kg)	8,06	3,21	6,22	1,78	7,44	3,2
Cu (mg/kg)	14,6	13,5	10,1	5,96	28,7	14,1
szárazanyag (%)	89,13	88,6	88,8	87,21	91,69	90,75

M10. Agrokémiai és fizikai vizsgálati eredmények I. ('Bővített analízis'). Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'

(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, A=Alsó, F=Felső)

(FORRÁS: NAIK-SZBKI-BADACSONY-AKKREDITÁLT LABORATÓRIUM-VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV – 2017. NYÁR)

	FAC F	FAC A	PILL F	PILL A	FES F	FES A	TER F	TER A
$pH_{(H2O)}$	7,43	7,42	7,45	7,41	7,31	7,39	7,43	7,53
$pH_{(KCl)}$	6,83	6,89	6,86	6,83	6,82	6,97	6,90	6,95
Arany-féle kötöttségi szám	28,00	29,75	30,25	27,75	32,00	27,50	29,25	27,50
összes só (m/m%)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
szénsavas mész (m/m%)	1,74	0,87	1,47	1,64	1,82	1,43	1,29	1,12
humusz (m/m%)	1,64	0,92	1,22	1,29	1,26	1,17	0,99	0,80
P_2O_5 (mg/kg)	562,00	450,50	773,50	788,50	371,50	429,75	417,00	450,25
K_2O (mg/kg)	365,25	289,25	302,00	304,50	304,50	295,00	273,75	283,75
(NO_3+NO_2)-N (mg/kg)	2,62	2,17	3,67	4,05	2,08	2,16	2,61	2,54
Na (mg/kg)	32,38	18,88	21,00	26,83	17,38	22,63	16,95	14,20
Mg (mg/kg)	73,48	73,48	74,38	66,35	67,55	67,75	76,38	75,73
SO_4-S (mg/kg)	59,40	36,08	59,95	58,98	47,40	34,00	37,40	23,58
Mn (mg/kg)	111,75	112,75	97,53	102,50	74,38	110,00	94,70	97,05
Zn (mg/kg)	4,69	4,42	7,07	5,84	3,25	3,02	3,10	2,88
Cu (mg/kg)	47,33	44,40	38,10	38,05	33,58	36,80	30,88	31,85
szárazanyag (%)	96,69	96,23	95,20	95,91	95,45	95,76	96,53	96,39

M11. Agrokémiai és fizikai vizsgálati eredmények II. ('Bővített analízis'). Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony.'
(TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)
(FORRÁS: NAIK-SZBKI-BADACSONY-AKKREDITÁLT LABORATÓRIUM-VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV– 2017. NYÁR)

	TAK F	TAK A	BU F	BU A	MEC F	MEC A	TRI F	TRI A
$pH_{(H2O)}$	7,21	7,21	7,50	7,55	7,72	7,73	7,61	7,62
$pH_{(KCl)}$	6,81	6,79	6,91	6,92	7,22	7,21	7,06	7,03
Arany-féle kötöttségi szám	34,50	32,00	28,00	27,75	27,25	26,25	28,75	26,25
összes só (m/m%)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
szénsavas mész (m/m%)	1,82	1,55	1,16	0,97	2,57	3,13	1,57	1,74
humusz (m/m%)	2,46	1,86	1,11	1,27	0,90	0,98	1,36	1,26
P_2O_5 (mg/kg)	485,25	472,75	424,75	569,00	292,75	310,50	433,50	464,25
K_2O (mg/kg)	319,25	339,00	332,00	284,50	316,25	285,00	285,75	254,00
(NO_3+NO_2)-N (mg/kg)	15,15	16,13	2,05	1,32	7,55	7,26	1,54	3,04
Na (mg/kg)	20,18	21,38	41,23	16,58	56,25	61,75	25,98	26,38
Mg (mg/kg)	150,75	136,25	83,03	84,48	61,88	57,18	69,50	69,85
SO_4-S (mg/kg)	49,15	60,08	36,35	25,13	13,58	29,53	44,68	51,55
Mn (mg/kg)	111,50	100,75	101,00	109,00	49,40	42,65	83,80	88,95
Zn (mg/kg)	5,98	4,80	3,65	4,19	2,57	2,55	3,73	3,54
Cu (mg/kg)	26,75	26,70	35,70	39,38	21,80	21,28	26,03	33,23
szárazanyag (%)	92,29	93,63	96,19	96,43	95,48	96,26	96,50	96,32

M12. Agrokémiai és fizikai vizsgálati eredmények ('Bővített analízis'). Művelési intenzitás összehasonlító kísérlet – 'Szent György-hegy'.

(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott, A=Alsó, F=Felső)

(NAIK-SZBKI-BADACSONY-AKKREDITÁLT LABORATÓRIUM – 2015. NYÁR)

	INT F	INT A	EXT F	EXT A	FEL F	FEL A
$pH_{(H2O)}$	6,90	7,00	6,73	6,75	6,04	6,11
$pH_{(KCl)}$	6,51	6,59	6,41	6,49	5,33	5,67
Arany-féle kötöttségi szám	24	22	22	26	26	24
összes só (m/m%)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
szénsavas mész (m/m%)	0,25	0,25	0,16	0,41	0,25	0,33
humusz (m/m%)	0,66	0,66	0,71	0,76	0,75	0,90
P_2O_5 (mg/kg)	165,37	203,92	237,04	215,86	126,69	202,93
K_2O (mg/kg)	250,10	185,10	235,70	362,00	138,40	195,10
(NO_3+NO_2)-N (mg/kg)	1,22	1,05	1,50	1,88	2,12	2,13
Na (mg/kg)	0,61	0,00	11,54	0,00	0,14	32,06
Mg (mg/kg)	52,3	51,5	56,5	46,7	35,0	35,7
SO_4-S (mg/kg)	29,52	34,52	46,29	41,77	28,71	19,19
Mn (mg/kg)	106,35	101,39	82,92	75,10	57,90	62,01
Zn (mg/kg)	6,35	6,05	8,65	6,56	3,33	3,83
Cu (mg/kg)	37,45	39,90	52,28	42,48	29,68	47,77

M13. Kiértékelt agrokémiai és fizikai vizsgálati eredmények ('bővített analízis') Kalocsai et al. (2006) és Sztahura (2019) nyomán.
Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy'
(I=Intergált, Ö=Ökológiai, B=Biodinamikus, A=Alsó, F=Felső)
(M9. táblázat alapján)

	Ö F	**Ö A**	**I F**	**I A**	**B F**	**B A**
$pH_{(H2O)}$	7,81	7,62	7,9	7,98	7,52	7,61
$pH_{(KCl)}$	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges
Arany-féle kötöttségi szám	homokos vályog	homokos vályog	homokos vályog	homokos vályog	homokos vályog	homokos vályog
összes só (m/m%)	kis s.	kis s.	kis sótartalmú	kis s.	kis s.	kis s.
szénsavas mész (m/m%)	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes
humusz (m/m%)	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	közepes	közepes
P_2O_5 (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	igen jó	jó
K_2O (mg/kg)	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó
(NO_3+NO_2)-N (mg/kg)	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge
Na (mg/kg)	magas	megfelelő	magas	megfelelő	megfelelő	magas
Mg (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó
SO_4-S (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó
Mn (mg/kg)	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő
Zn (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó
Cu (mg/kg)	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő

M14. Kiértékelt agrokémiai és fizikai vizsgálati eredmények I. ('Bővített analízis') Kalocsai et al. (2006) és Sztahura (2019) nyomán. Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony'
(FAC=Facélia, PILL=Pillangós keverék, FES=Festuca félék, TER=Természetes, A=Alsó, F=Felső)
(M10. táblázat alapján)

	FAC F	FAC A	PILL F	PILL A	FES F	FES A	TER F	TER A
$pH_{(H2O)}$	7,43	7,42	7,45	7,41	7,31	7,39	7,43	7,53
$pH_{(KCl)}$	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges
Arany-féle kötöttségi szám	homok	homok	homok	homok	homokos vályog	homok	homok	homok
összes só (m/m%)	kis sótartalmú	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.
szénsavas mész (m/m%)	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes
humusz (m/m%)	közepes	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge
P_2O_5 (mg/kg)	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó
K_2O (mg/kg)	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó
(NO_3+NO_2)-N (mg/kg)	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge
Na (mg/kg)	megfelelő	megfelelő	megfelelő	megfelelő	megfelelő	megfelelő	megfelelő	megfelelő
Mg (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	közepes	jó	jó	jó
SO_4-S (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó	jó	jó
Mn (mg/kg)	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő
Zn (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó	jó	jó
Cu (mg/kg)	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő

M15. Kiértékelt agrokémiai és fizikai vizsgálati eredmények II. ('Bővített analízis') Kalocsai et al. (2006) és Sztahura (2019) nyomán. Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – 'Badacsony.'
(TAK =Takarás, BU=Búza, MEC=Mechanikus, TRI=Tritikálé, A=Alsó, F=Felső)
(M11. táblázat alapján)

	TAK F	TAK A	BU F	BU A	MEC F	MEC A	TRI F	TRI A
$pH_{(H2O)}$	7,21	7,21	7,50	7,55	7,72	7,73	7,61	7,62
$pH_{(KCl)}$	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges	semleges
Arany-féle kötöttségi szám	homokos vályog	homokos vályog	homok	homok	homok	homok	homok	homok
összes só (m/m%)	kis sótartalmú	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.
szénsavas mész (m/m%)	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes
humusz (m/m%)	közepes	közepes	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge
P_2O_5 (mg/kg)	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó
K_2O (mg/kg)	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó
(NO_3+NO_2)-N (mg/kg)	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge	gyenge
Na (mg/kg)	megfelelő	megfelelő	magas	megfelelő	magas	magas	megfelelő	megfelelő
Mg (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	közepes	jó	jó
SO_4-S (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó	jó	jó
Mn (mg/kg)	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő
Zn (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó	jó	jó
Cu (mg/kg)	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő

M16. Kiértékelt agrokémiai és fizikai vizsgálati eredmények ('Bővített analízis') Kalocsai et al. (2006) és Sztahura (2019) nyomán. Művelési intenzitás összehasonlító kísérlet – 'Szent György-hegy'.
(INT=Intenzív, EXT=Extenzív, FEL=Felhagyott, A=Alsó, F=Felső)
(M12. Táblázat alapján)

	INT F	**INT A**	**EXT F**	**EXT A**	**FEL F**	**FEL A**
$pH_{(H2O)}$	6,90	7,00	6,73	6,75	6,04	6,11
$pH_{(KCl)}$	gyengén savanyú	gyengén savanyú	gyengén savanyú	gyengén savanyú	gyengén savanyú	gyengén savanyú
Arany-féle kötöttségi szám	durva homok	durva homok	durva homok	homok	homok	durva homok
összes só (m/m%)	kis sótartalmú	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.	kis s.
szénsavas mész (m/m%)	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes	gyengén meszes
humusz (m/m%)	gyenge	gyenge	közepes	közepes	közepes	közepes
P_2O_5 (mg/kg)	jó	igen jó	igen jó	igen jó	jó	igen jó
K_2O (mg/kg)	igen jó	igen jó	igen jó	igen jó	jó	igen jó
(NO_3+NO_2)-N (mg/kg)	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
Na (mg/kg)	megfelelő	megfelelő	megfelelő	megfelelő	megfelelő	megfelelő
Mg (mg/kg)	közepes	közepes	közepes	közepes	gyenge	gyenge
SO_4-S (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó
Mn (mg/kg)	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő
Zn (mg/kg)	jó	jó	jó	jó	jó	jó
Cu (mg/kg)	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő	kielégítő

M17. Kiértékelt levélanalízisek eredményei Kocsis (2012) és Szűcs et al. (1981) nyomán. Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy' (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, +=tartomány felső határa , -=tartomány alső határa) (12. táblázat alapján)

	Ö L	**Ö NL**	**I L**	**I NL**	**B L**	**B NL**
N (%)	magas	magas	optimális^{-}	optimális^{-}	magas	magas
P (%)	optimális^{-}	optimális^{-}	alacsony	alacsony	magas	magas
K (%)	alacsony^{+}	alacsony^{+}	alacsony^{-}	alacsony^{-}	optimális	optimális
Ca (%)	magas	magas	optimális	optimális	magas	magas
Mg (%)	alacsony	alacsony	alacsony^{+}	alacsony^{+}	alacsony^{+}	optimális
Fe (mg/kg)	magas	magas	magas	magas	magas	magas
Mn (mg/kg)	alacsony	alacsony	alacsony^{+}	alacsony	alacsony^{+}	alacsony^{+}
Cu (mg/kg)	nagyon magas	nagyon magas	magas	magas	nagyon magas	nagyon magas
Zn (mg/kg)	alacsony	alacsony	alacsony^{+}	alacsony	alacsony	alacsony

M18. Kiértékelt levélanalízisek eredményeinek a feldolgozása Csikászné Krizsics (2008) nyomán I. Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy' (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított) (12. táblázat alapján)

	Ö L	**Ö NL**	**I L**	**I NL**	**B L**	**B NL**
N/K	2,34	2,35	3,49	3,41	1,91	1,93
K/Mg	4,23	4,95	1,96	2,57	4,33	3,36
K/Ca	0,27	0,29	0,19	0,19	0,34	0,34
P/Zn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
N/P	13,63	14,56	12,80	12,27	7,00	8,92
P/K	0,17	0,16	0,27	0,28	0,27	0,22
Ca/Mg	15,77	16,90	10,57	13,29	12,93	9,91
P/Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P/Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn/Fe	0,12	0,08	0,17	0,13	0,10	0,06
Fe/Mn	3,84	3,98	1,84	2,03	1,85	4,11

M19. Kiértékelt levélanalízisek eredményeinek a feldolgozása Csikászné Krizsics (2008) nyomán II. Talajművelési eljárások összevetéséül szolgáló mintavételi terület – 'Hajagos-hegy' (Ö=Ökológiai, I=Integrált, B=Biodinamikus, L=Lazított, NL=Nem Lazított, at.=arány eltolódás)
(M18. táblázat alapján)

	Ö L	**Ö NL**	**I L**	**I NL**	**B L**	**B NL**
N/K	megfelelő	megfelelő	at.: N	at.: N	megfelelő	megfelelő
K/Mg	megfelelő	megfelelő	at.: Mg	at.: Mg	megfelelő	megfelelő
K/Ca	at.: Ca	at.: Ca	at.: Ca	at.: Ca	at.: Ca	at.: Ca
P/Zn	at.: P	at.: P	at.: P	at.: P	at.: P	at.: P
N/P	megfelelő	at.: N	megfelelő	megfelelő	at.: P	megfelelő
P/K	megfelelő	megfelelő	at.: P	at.: P	at.: P	at.: P
Ca/Mg	at.: Ca	at.: Ca	megfelelő	at.: Ca	megfelelő	at.: Ca
P/Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe
P/Mn	at.: Mn	at.: Mn	at.: Mn	at.: Mn	at.: Mn	at.: Mn
Zn/Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe
Fe/Mn	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe	at.: Fe