MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

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

1. A munka előzményei, célkitűzések

Kutatási tervem összeállításakor azt a feladatot fogalmaztam meg, hogy **adatokat gyűjtsek** a Balatoni Borrégió több, eltérő talajtípussal rendelkező és eltérő művelési módszerrel művelt szőlőültetvényéről. 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.

A fentiek alapján célul tűztem ki az alábbi hatások vizsgálatát:

- A különböző intenzitású művelés 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 talajtakarási, művelési gyakorlatok befolyásolják-e az adott terület eróziónak való kitettségét, talajának fizikai, kémiai és biológiai paramétereit?
- Egy innovatív magyar találmány a „talajszellőztető" gép, mely a feltalaj bolygatása nélkül képes az ültetvényekben lazább és levegőben gazdagabb közeg kialakítására (60 cm-es mélységben), milyen változásokat képes okozni? A hatást egy általunk beállított kísérletben tanulmányozzuk közvetett módszerekkel a rizoszféra gombaközösségének fajösszetételére és egyes fizikai-, agrokémiai tulajdonságok alakulására.
- Az egyes kezelések és művelési eljárások befolyásolják a szőlő gyökérrendszer gomba és baktérium közösségeinek faji diverzitását és működését. 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.

2. Anyag és módszer

2.1. A vizsgált ültetvények

2.1.1. Talajművelési eljárások összevetése – 'Hajagos-hegy'

A Hajagos-hegy a Badacsonyi borvidék része, a hegy „szoknyáján" fekvő szőlőültetvény, alapterülete 6,96 ha amely a rendszerváltást követő

tulajdonosváltásoknak köszönhetően, három egyenként 3,39 ha, 1,84 ha és 1,73 ha területre osztottá vált. A három ültetvény meghatározott részein 2017. 09. 06-án kísérleti jelleggel talajszellőztetést-lazítást végeztek a *Talajszelloztetes.hu* néven tevékenységet végző cég képviselői. A kísérletben talajbolygatás nélkül, egy szonda segítségével a 60 cm-es mélységben kompresszor generálta sűrített levegőt juttatnak nagy nyomással. E kezelésnek a potenciális hatásait is külön vizsgáltuk a 3 különböző művelésmódú területen.

Biodinamikus művelés: A biodinamikus (a továbbiakban: B) átállás alatt álló 1,73 ha területű, 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.

Ökológiai művelés: 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 művelés: 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 szerek kombinációjával védekeznek.

2.1.2. Sorköztakarási és talajművelési tartamkísérlet – ’Badacsony’

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. Egy kezeléshez 5 sorköz tartozik, összesen 0,1 ha egy kezelés területe. Az ültetvény eróziónak kitett, észak-déli

lejtésű, 12-14%, hegy-völgy irányú sorvezetésben, középmagas kordon művelésú. A hét alkalmazott talajtakarási eljárás és a kontroll kezelés a következő:

• FAC: Facélia (*Phacelia tanacetifolia* L.),
• PILL: pillangósokból álló keverék: 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.),
• FES: tartós növénytakarás, speciális fűkeverék: 40% Vörösnadrág csenkesz-(*Festuca rubra* L.), 20% Angolperje-(*Lolium perenne* L.), 20% Felemáslevelű csenkesz-(*Festuca heterophylla* L.), 20% Nádképű csenkesz-(*Festuca arundinacea* L.),
• TAK: szerves növényi hulladék: Sás (*Carex hirta* L.), Nád (*Phragmites australis* L.), Kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis* L.),
• TER: területre jellemző gyomösszetétel: 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.),
• BU: időszaki növénytakarás: Őszi búza (*Triticum aestivum* L.),
• MEC: mechanikai talajműveléses kezelésű kontroll: tárcsázás,
• TRI: időszaki növénytakarás: Tritikálé (*Triticum secale* L.).

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

A vizsgálat három egymással szomszédos szőlőültetvényben történt. Ezek egyikén **intenzív**, a másikon alacsony intenzitású, **extenzív** mechanikai talajművelést alkalmaznak, míg a harmadik terület **felhagyott**, csupán kaszálást végeznek rajta.

Az egységesen T.5C alanyon, Müller Thurgau nemes szőlőfajtával telepített alacsony tőkeszámú ültetvények kora egységesen a harminc évet meghaladja.

INT, *intenzív művelésű ültetvény:* Az intenzív művelésű ültetvényben a vizsgálatot megelőző években évi 4 alkalommal történt tárcsázás, vagyis talajbolygatás a talaj felső 20 cm-ben. A növényvédelmet kontakt növényvédőszerekkel végzik kizárólagosan. Külső forrásokból származó talaj tápanyagutánpótlás az elmúlt 5 évben nem történt.

EXT, *extenzív művelésű ültetvény*: Az extenzív művelésű ültetvényben a vizsgálatot megelőző években évi 2 alkalommal végeztek mechanikai talajművelést (forgóboronával történő talajművelés 0-20 cm mélységben). A növényvédelmet ugyancsak kizárólag kontakt növényvédőszerekkel végzik.

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

Felhagyott, *művelés alól felhagyott ültetvény*: A művelés alól felhagyott ültetvényben a vizsgálatokat megelőző több mint 10 évben nem végeztek talajbolygatással járó műveletet. Növényvédelmi, fitotechnikai beavatkozás, külső forrásokból származó talaj tápanyagutánpótlás nem történt az elmúlt 10 évben.

2.2. Vizsgálati paraméterek mintavételi területenként

Ültetvényen végzett vizsgálatok	**Talajművelési eljárások – 'Hajagos-hegy'**	**Sorköztakarási és talajművelés – 'Badacsony'**	**Talajművelési intenzitás – 'Szent György-hegy'**
Talaj mechanikai összetétel	X	X	
Kvarchomok tartalom			X
Gravimetriás talajnedvesség	X	X	
Talajnedvesség és felszínközeli hőmérséklet		X	
Talaj víztartó képessége (pF)	X	X	
Aggregátumstabilitás	X	X	
Penetrációs ellenállás	X	X	X
Bővített talaj- és növényanalízis	X	X	X
Enzimaktivitások mérése	X	X	
Tenyésztéses mikológiai			X
PCR - tiszta tenyészetekből			X
Nextgen metagenomika	X	X	

2.3. Vizsgálati módszerek

2.3.1. Mintavétel

Területenként és kezelésenként 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 elvégzését. Ezeket a mintákat ezt követően homogenizáltuk így kezelésenként 1-1 mintát kaptunk mélységenként, a laboratóriumi vizsgálatokat ezekből végeztük el.

2.4.1. Talajok fizikai-kémiai tulajdonságainak vizsgálata

Talajok mechanikai összetétele: A mechanikai összetétel egy gyors és pontos, automatizált mérési módszerrel, a lézeres szemcseanalizátoros mérési eljárással került meghatározásra.

Kvarchomok tartalom – filoxéra immunitás meghatározása: A vizsgálatot az MSZ-08-0010:1978, A talaj immunitásának és fiziológiai mésztartalmának meghatározására vonatkozó szabvány szerint végeztem el.

A talaj aktuális nedvességtartalmának és térfogattömegének vizsgálata: A talaj aktuális nedvességtartalmának és térfogattömegének vizsgálata gravimetriás módszerrel történt.

Talajnedvesség és felszínközeli hőmérséklet monitoring: A szenzorok 15 percenként négy paramétert (talajnedvesség, levegőhőmérséklet, fény: fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) és talajvezetőképesség) mértek. Az így kapott adatokból a talajnedvesség (tartomány: 0-50 [v/v%]; pontosság: +/- 3%) és talajközeli hőmérséklet (tartomány: -5°C és +55°C között; pontosság: +/-1,5°C) adatokat használtuk fel.

Talajok víztartó képessége (pF): A vízvisszatartás-vizsgálatokat a Richards-módszer segítségével, kerámialapos extraktorokkal végeztük. 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 (gravitációs víz (GV), diszponibilis víz (DV), holtvíz (HV)).

Aggregátumstabilitás: Vizsgálataink során a talajaggregátumok vízzel szembeni ellenállásának mértékét a módosított Kemper-Rosenau, nedves szitás módszer alapján határoztuk meg.

Penetrációs ellenállás: A talaj penetrációs ellenállásának mérését 0-80 cm mélységben végeztük el egy Eijkelkamp Penetrologger készülékkel.

Bővített talaj- és növényanalízis - akkreditált vizsgálatsor: A bővített talaj- és növényvizsgálatot NAIK-SZBKI Badacsonyi Kutató Állomás Laboratóriuma végezte az akkreditáció szerinti eszközökkel és módszerekkel.

2.4.2. Talajok biológiai tulajdonságainak vizsgálata

Dehidrogenáz enzimaktivitás mérése: A dehidrogenáz enzim meghatározását Alef és Nannipieri (1995) módosított TTC módszere alapján végeztük.

Katabolikus enzimaktivitás: A talaj teljes katabolikus enzim aktivitását FDA (fluoreszcein-diacetát) enzimaktivitás módszerrel határoztuk meg Schnürer & Rosswall (1982) munkája alapján.

Tenyésztéses mikológiai vizsgálatok: A gyökérzetből vett minta 8-10 cm-es részét csapvízzel talajmentesre öblítettük, majd 2 mm-es hosszúságú, kimetszett hajszálgyökér szakaszok 2-3 mm hosszú darabjait leoltásként PDA táptalaj felületére helyeztük. A beoltott lemezeket10 napig inkubáltuk. A kinőtt telepekből izolátumokat, átoltással további tiszta tenyészeteket készítettünk.

Molekuláris diagnosztikai vizsgálat tiszta tenyészetekből vett mintákon: A vizsgálatokat DNS alapú (ITS régió) PCR vizsgálatokkal végeztük el. A kapott szekvenciákat a GenBank adatbázisban levő szekvenciákhoz hasonlítottuk.

Újgenerációs shotgun metagenomikai vizsgálatok: A használt DNS kivonó kit a Quick-DNA Fecal/Soil Microbe Kits volt. A nyírt szekvenciákat a MEGAN6 és Kraken2 szoftverrel elemeztük.

2.4.3. Meteorológiai adatrögzítés és az adatok statisztikai értékelése

Meterológiai adatok: A NAIK-SZBKI Badacsonyi Kutatóállomásának Lufft HP-100-as, Softwareupdate V4.4-el működő készülékével rögzítettük a hőmérsékleti adatokat, 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.

2.4.4. Adatfeldolgozás és statisztikai módszerek:

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.

3. Főbb eredmények

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

A **talaj-nedvességtartalom** vizsgálati eredményei alapján megállapítottuk, hogy a szőlő számára felvehető diszponibilis víztartalom (DV) a biodinamikus (B) kezelésnél volt a legmagasabb, a gravimetriás vizsgálati módszer alapján azonban nem találtunk jelentős eltérést a különböző művelési módok között.

A **talajszellőztetés** hatásánál a DV értékek kivétel nélkül magasabbnak bizonyultak a lazított (L) kezelésnél vett mintáknál, mind az A (0-30 cm) mind

pedig az F (30-60 cm) mélységek esetén. A talajszellőztetés azonban nem csökkentette a tömörödöttséget.

Az **aggregátumstabilitási** értékek az intenzívebb talajbolygatás negatív hatása mellett az egyes peszticidek (kifejezetten a herbicidek és inszekticidek), melyeket kizárólag az integrált (I) kezelésnél alkalmaztak, csökkentették a stabil aggregátumok százalékos arányát.

A **talajszellőztetés** a talaj levegő és oxigén tartalmának növelésével az integált (I) és biodinamikus (B) kezeléseknél egyértelműen emelkedő értékeket eredményezett a stabil aggregátumok mennyiségében. A hatás másfél évvel a kezelést követően került megvizsgálásra, így az ekkor tapasztalt állapot stabilnak és nem csak időszakosnak mondható.

Az integrált (I) kezelés művelési gyakorlata (menetszám-taposási kár, tömörítést eredményező talajművelési eljárások) jelentősen nagyobb tömörödöttséget, **talajellenállás** értékeket eredményezett és ezen a talajszellőztetés jelentette lazítás sem segített.

DHA enzim-analízissel teszteltük az elsősorban a szervesanyag-tartalommal összefüggésben lévő biológiai aktivitás mértékét. Pozitív korrelációt vártunk A DHA aktivitást mind az NL mind az L kezeléseknél a B ültetvényben tapasztaltuk a legmagasabbnak az előzetes várakozások megfelelően.

A szubsztrát talajban elérhető mennyiség indexelésére is alkalmazott **FDA** enzimaktivitás vizsgálat eredményei közvetetten pozitív kapcsolatban állhatnak a szerves-anyag-lebontó, szaprofita organizmusok mennyiségével és ezen mikrobáknak a mineralizációs folyamatokban betöltött képességével. Pozitív korrelációt találtunk az FDA aktivitás és a vizes pH, valamint a Mg és a P (foszfor)-tartalom között is.

Az **újgenerációs, shotgun metagenomikai vizsgálatok** minden korábbinál részletesebben mutatják be fajszinten azonosítva a mintázott kezelésekben a szőlő rizoszféra gombaközösségének alkotóit. Az I kezelés jóval nagyobb arányban tartalmazta 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. Az antagonistákhoz besorolt gombafajok aránya a művelési eljárások között kiegyensúlyozott volt, a szimbionták aránya azonban nagyobb variabilitást mutatott.

A **levélanalízis** eredményei közül a nitrogén és a kálium ellátottság alapján elmondható, hogy a legrosszabb tápanyagellátottsági mutatókkal az I kezelés rendelkezett.

3.2. Eróziónak kitett ültetvény sorköztakarási és talajművelési eredményei

A gravimetriás talajnedvesség adatok a FES, TAK, TER (A) és a BU (A) kezelések értékei mutattak nagyobb víztartalmat. A **vezetőképességen alapuló mérés**i 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.

A **talajvíztartóképesség** értékeinél a növénytermesztőnek kiemelten fontos, a kultúrnövény által felvehető, diszponibilis víztartalom (DV) arányának az ismerete. 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 összefüggést így visszaigazolta. A legmagasabb össz-térfogatszázalékos nedvességtartalom értékek (DV+HV+GRAV) a FES, TAK és BU kezeléseknél olvashatók. A legjobb DV értéket a TAK és a BU kezelések, míg a legalacsonyabb értéket a TER kezelés hozta a diszponibilis víz (DV) esetében, és az összesített (DV+HV+GRAV) eredményei is a legalacsonyabbak között voltak.

A sorközben mért **talajellenállás** adatok és a talajnedvesség adatok erős korrelációt mutattak (R=0,43 p=0,09). A kis talajnedvesség értékeket mutató TER kezelés azonban alacsony talajellenállás értékeket mutatott.

Várakozásainkkal ellentétben az **aggregátumstabilitás**i adatokkal nem korreláltak sem a talaj-penetrométeres adatsorok (R=-0,08> p=0,44<), sem a talajnedvesség adatok (R=0,30 p=0,26;), sem pedig a humusz adatok (R=0,20 p=0,45). Erős pozitív kapcsolatot találtunk azonban az agrokémiai adatok közül a nitrát/nitrit (R=0,64 p=0,01) és szénsavas mész tartalommal (R=0,39 p=0,14), míg a magnézium tartalommal negatívat (R=-0,50 p<0,05). Az eróziós szempontból érdekes felszínközeli zónából (F) vett minták közül a FAC, a TER és a TRI is kifejezetten rosszul szerepeltek ennél, a talajeróziós ellenálló képességet kifejező paraméternél. A TAK kezelés jó eredményt hozott, azonban meglepetést jelentettek a MEC kezelés ugyancsak kiemelkedően jó eredményei.

A **DHA** vizsgálatnál a gyökértömeggel, illetve szervesanyag takaróval rendelkező (TAK) kezelések mutattak magasabb értékeket. 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 vizsgálat**ok 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.

A szimbionták a több növényi gyökérzettel rendelkező kezelésekben általában nagyobb mennyiséget mutattak. 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.

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

Mind a három ültetvény filoxéra immunisnak minősíthető szerkezetnélküli homok-talajokkal rendelkezik. 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 rizoszféra mintákból tenyésztéses és PCR eljárásokkal azonosított **opportunista patogén gomba nemzetségek aránya** az INT ültetvénynél magasabb volt, mint az EXT (tavasz: +8.20 nyár: +11.18%) és a FEL (tavasz: +14.54, nyár: +9.03%) esetében várakozásainknak megfelelően. A nemzetiségi 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.

4. 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. Az aggregátumstabilitási értéket 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 fenti eredményeket összegezve az intenzívebb talajbolygatás; a herbicid felhasználás és különböző növényvédőszerek alkalmazásában jelentkező különbségek csökkentik a rizoszféra-talajnak a potenciális patogéneket elnyomó képességét, azaz a talaj szuppreszivitását.

Az általunk elsőként vizsgált **talajszellőztetés** hatására a növények számára felvehető (**DV**) értékek kivétel nélkül **nagyobbnak bizonyultak**, mind az A (0-30 cm) mind pedig az F (30-60 cm) mélységek esetén. A talajszellőztetést követően feltehetőleg tehát 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 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 tartamkísérletnél** kapott eredményeink 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) tekinthető azzal, 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 (alacsonyabb) 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.

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.

A talajművelési intenzitás összehasonlításaúl szolgáló ültetvények vizsgálat

Az ültetvények talajainak réztartalommal kapcsolatban 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 gombaközösségek vizsgálatával kapott eredményeink alapján elmondható, hogy az intenzívebb talajbolygatás befolyásolja a fenti abiotikus adottságokhoz hasonló adottságokkal jellemezhető szőlőültetvények rizoszférájának szuppresszivitását, az intenzívebb bolygatás csökkenti azt. A termelő számára így amellett, hogy nyilvánvaló gazdaságossági szempontok is mellette szólnak a relatíve nagy energia igényű talajbolygatással járó művelési gyakorlatok csökkentésének, újabb mérlegelendő érvként jelenik meg a fenti ültetvénykondíciót potenciálisan befolyásoló szempont.

5. Új tudományos eredmények

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.

6. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Lektorált, tudományos folyóiratban magyar nyelven megjelent közlemények

1) Kovács, B; Sebők, F; Dobolyi, Cs; Nagy, PI; Kocsis, L (2016): **Talajművelési eljárások hatása a szőlő rizoszféra gomba és fonálféreg közösségeire**. Borászati füzetek 2016:6 pp. 28-32., 5 p.
2) Kovács, B; Kocsis, L; Szabó, P; Szakálas, J; Seres, A, Nagy, PI (2020): **Extenzív, intenzív és felhagyott ültetvények talajkezelési gyakorlatainak hatása a fonálféreg denzitásra szőlőültetvények rizoszférájában**. Talajvédelem, Különszám: Talajhasználat – funkcióképesség: Talajtani Vándorgyűlés 2018 pp. 133-143., 11 p.

Lektorált, tudományos folyóiratban idegen nyelven megjelent közlemények

1) Kovács, B; Varga, P; Májer, J; Németh, Cs; Szabó P; Kocsis, L (2018): **Sustainable soil management in the Badacsony Wine District.** Ecocycles 4: 2 pp. 80-84., 5 p.
2) Kovács, B; Dobolyi, Cs; Sebők, F; Kocsis, L, Tóth, Z (2020): **Effect of vineyard floor management on seasonal changes of cultivable fungal diversity in the rhizosphere.** Agriculture, Basel 10: 11 Paper: 534, 12 p. (Q2, IF: 2,072)

Konferencia közleményben teljes terjedelemben megjelent közlemények

1) Kovács, B; Kocsis, L; Varga, P; Májer, J (2019): **How cover crops and mulching effect on soil biological and physical parameters.** In: Bihari, E; Molnár, D; Szikszai-Németh, K (szerk.) Tavaszi Szél - Spring Wind 2019. Tanulmánykötet I. Budapest. Doktoranduszok Országos Szövetsége (2020) 643: 61-65.

Előadások, poszterek

1) Kovács, B; Kocsis, L; Seres, A; Szakálas, J; Nagy, P (2017): **Effects of cultivation methods on nematode communities in grape rhizosphere.** In: Clement, Christophe Plant BioProtech : Book of Abstracts, Reims, Franciaország : Université de Reims, (2017) p. 112
2) Kovács, B (2017): **Ökológiai szőlőültetvények egészséges talajai.** Boregyetemek és Borrégiók Találkozója - Nemzetközi Bortudományi Konferencia, Előadás

3) Kovács, B; Kocsis, L; Szabó, P; Szakálas, J; Seres, A; Nagy, PI (2018): **Az egyes művelési eljárások hatása a fonálféreg denzitásra szőlőültevények rizoszférájában.** In: Bakacsi, Zs; Kovács, Zs; Koós, S (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés: Absztrakt és program füzet: Talajhasználat – funkcióképesség, Magyar Talajtani Társaság, (2018) pp. 56-57.
4) Kovács, B (2019): **Wine cultural landscape management in a traditional wine region of Hungary.** In: Ribeiro, D; Gabrovec, M; Gasperic, P; Gersic, M; Koderman, M (szerk.) IGU Thematic Conference "Transformation of Traditional Cultural Landscapes": Abstract and Guide Book, Ljubljana, Szlovénia: Zalozba ZRC (2019) 112 p.p. 84
5) Kovács, B; Varga, P; Májer, J; Kocsis, L (2019): **The biological and physical effects of tillage cover crops and mulching on an erosion exposed vineyard.** In: Németh, K. (szerk.) Tavaszi Szél Konferencia 2019: Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia: Absztraktkötet, Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (2019) 747 p. pp. 66-66., 1 p.
6) 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.** In: Barna, B. J.; Kovács, P.; Molnár, D.; Pató, V. L. (szerk.) XXIII. Tavaszi Szél Konferencia Absztrakt Kötet: "MI és a tudomány jövője", Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (2020) p. 46.
7) Kovács, B; Pacsai, B; Kocsis, L (2020): **Monitoring of a vineyard soil moisture and ground-zone temperature by automatic sensors: - GROW Observatory: a European database building by citizens.** - In: 2nd Annual Meeting. INTEGRAPE 2020. Multi-omics data integration for genotype-phenotype association : Book of Abstracts (2020). p. 33.
8) Kovács, B (2021): **Művelési eljárások hatásai a szőlőültetvények talajegészség-állapotára.** In: Szabó, Péter (szerk.) Szőlő szaporítóanyag-előállítási tudományos konferencia, Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (2021) p. 39.