

SZAKDOLGOZAT

Márkus Mónika

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Környezettudományi Intézet

Biológiai Talajérőgazdálkodási szakmérnök

szakirányú továbbképzési szak

**A tokaji terroir bemutatása termőhelyek talajvizsgálatainak
összehasonlításával**

Konzulens:

Dr. Kotroczó Zsolt

egyetemi docens

Dr. Juhos Katalin

egyetemi adjunktus

Tanszék:

Agrárkörnyezettani Tanszék

Készítette:

Márkus Mónika

Budapest

2024

Tartalom

1. Bevezetés	4
2. A terroir összetevői.....	5
2.1. Az éghajlat.....	5
2.2. A szőlő	6
2.3. A talaj	6
3. A talaj tulajdonságai	9
3.1. Fizikai tulajdonságok	9
3.2. Kémiai tulajdonságok	13
3.3. Biológiai tulajdonságok	14
3.3.1. Enzimek a talajban.....	16
3.4. Talajtulajdonságok és a szőlő teljesítménye	17
3.5. Talaj, éghajlat és kultúrnövény kölcsönhatások.....	19
4. Anyag és módszer	21
4.1. A helyszínek jellemzése	21
4.2. Talajmintázás	22
5. Eredmények	25
5.1. Meteorológiai adatok.....	25
5.2. Földtani tényezők	26
5.3. Fizikai talajféleség.....	28
5.4. Talajvizsgálati eredmények	30
5.5. Talajenzim aktivitás	31
6. Következtetések, javaslatok.....	33
7. Összefoglalás.....	35
Ábrák jegyzéke.....	36
Táblázatok jegyzéke.....	36
Irodalomjegyzék	37
NYILATKOZAT	42

1. Bevezetés

A terroir gyökerei összefonódnak az ősi borkészítési hagyományokkal. Az olyan régiók borászai, mint Burgundia és a Rheingau, generációk próbálkozásai és hibái során azonosították a különböző parcellákról származó borok sajátos jellegét, és ezzel megszületett a "gout de terroir" fogalma. A francia Appellation d'Origine Contrôlée rendszer hivatalossá tette ezt a felfogást, hangsúlyozva a talajok aprólékos eltéréseinek felismerésének fontosságát.

Az O.I.V. (Office International de la Vigne et du Vin – Nemzetközi Szőlészeti és Borászati Hivatal) 2010-ben, Tbilisziben megfogalmazott definíciója szerint a szőlészeti-borászati "terroir" fogalma olyan területre utal, amelyen kollektív tudás halmozódik fel a meghatározott fizikai és biológiai környezet és az alkalmazott szőlészeti és borászati gyakorlat egymásra hatásával, ezáltal egyedi karaktert adva az adott területről származó terméknek. A "terroir" magába foglalja a jellegzetes talajtani, domborzati, klimatikus és táji karaktert, valamint a biodiverzitás sajátosságait. A terroir nem csupán egy földrajzi hely, hanem egy összetett fogalom, amelynek célja, hogy kifejezze a környezet és a szőlő közötti kölcsönhatások "kollektív tudását", amelyet az emberi tevékenység közvetít, és amely "megkülönböztető jellemzőket biztosít" a végterméknek (OIV, 2010). A terroir fogalma a szőlőtermesztésben a tényezők összetett kölcsönhatását foglalja magában, amelyben a talaj a szőlő növekedését és a borok végső jellegét befolyásoló kritikus összetevő. A talaj szerepe a terroir kialakításában a szőlőtermesztés sokrétű és dinamikus nézőpontja.

A Tokaj- hegység intermedier vulkánosság és miocén üledékképződés sajátos tér- és időbeni összefonódásával jött létre. A hegység déli lejtőin a szőlőtermesztés és a borkészítés a késő középkor folyamán indult fejlődésnek. Ez annak volt köszönhető, hogy az egyházi és világi politikai elit jelentős területeket vásárolt, felismerve a területekben rejlő természeti potenciált. A Zempléni- hegység felől a déli szőlőtermő területek védve vannak az északi hideg szelektől, míg a Bodrog és Tisza folyók közelsége hat a területek páratartalmára, a kedvező klimatikus viszonyok kialakulására. Munkám a talajnak a tokaji terroir formálásában betöltött szerepét kívánja feltárni. Célja a talajjal kapcsolatos terroir-tényezőket: az éghajlati hatásokat, a földtani és talajtani nézőpontokat két kiválasztott dűlő segítségével ábrázolni. A nemzetközi és hazai irodalmak, valamint a saját vizsgálatok, felismerések szolgálnak a terroir borokban való egyedi kifejeződését alakító bonyolult kapcsolatok megértésére.

2. A terroir összetevői

Leeuwen és mtsai (2018) szerint a „terroir” egy olyan művelt ökoszisztéma, amelyben a szőlő kölcsönhatásba lép a talajjal és az éghajlattal. Deloier és mtsai (2005) szerint a terroir működése az éghajlat, a talaj, és a szőlő kapcsolatán múlik. Ezen az interakción kívül a szőlészeti és borászati ismeretek és technológiák figyelembevétele és a szőlő környezeti tényezőkre adott válaszána ismerete együtt szükségesek a terroir átfogó tanulmányozásara.

2.1. Az éghajlat

Jones (2015) tanulmánya az éghajlat és a szőlőtermesztés közötti kapcsolatot vizsgálta, megvilágítva az éghajlatnak a szőlő jellemzőinek és következésképpen a borminőségnek a kialakításában játszott kulcsfontosságú szerepét. A földrajzi szélesség, a tengerszint feletti magasság és a tengeri hatások a szőlőre gyakorolt hatásukat vizsgálják, különös tekintettel a hőmérséklet, a csapadék és a napfény jelentőségére a szőlő fejlődésében. A növekedési foknapok (GDD) kulcsfontosságú mérőszámként jelennek meg, és korrelálnak a szőlő fenológiájával és érésével. A tanulmányban a borvidékeket a hőmérséklet és a csapadék alapján osztályozzák. Különböző tipológiák, például hűvös, mérsékelt, meleg és forró éghajlatok kerülnek meghatározásra, amelyek mindegyike másképp befolyásolja a borstílusokat és a fajták jellemzőit. Az éghajlat és a borstílus közötti kölcsönhatás nyilvánvalóvá válik, bemutatva, hogy a hűvösebb éghajlat a savasságnak kedvez, míg a melegebb éghajlat a cukorfelhalmozódást segíti elő.

Deloier és mtsai., (2005) is hangsúlyozzák, hogy a szőlőművelés, a szőlőtermesztés művészete és tudománya szorosan kötődik az éghajlati viszonyokhoz. Az éghajlatnak a szőlő növekedésére, a szőlő érésére és ezt követően a bor minőségére gyakorolt hatása különböző skálákon - makroklíma, mezoklíma és mikroklíma - érvényesül. A makroklíma, amely nagy területeket és hosszú időszakokat foglal magában, kulcsfontosságú szerepet játszik a szőlőtermesztésben. Minden egyes szőlőfajtának meghatározott hőmérsékleti tartományra van szüksége az optimális éréshez. Például a hűvös éghajlaton a késői érésű fajták nehezen érik el a teljes érettséget, ami befolyásolja a kapott borok minőségét. Ezzel szemben a korai érésű fajták ültetése melegebb régiókban veszélyeztetheti az aromakifejeződést és a finomságot. A kisebb területekre, például a szőlőültetvényekre ráközelítve a mezoklíma vagy "topoklíma" olyan tényezőket vesz figyelembe, mint a tengerszint feletti magasság és a víztestek közelsége. A csapadék és a párolgás által befolyásolt vízháztartás a borok stílusát meghatározó tényezőnek bizonyul. Száraz éghajlaton a minőségi bortermelés biztosításának

stratégiai eszközévé válik a szabályozott öntözés. Számos éghajlati index egyesíti a különböző összetevőket, mint például a hőmérséklet, a csapadékmennyiség, a páratartalom és egyéb összetevők, hogy leírja egy régió szőlészeti potenciálját. Ilyen például a növekedési fok-nap index, a heliotermikus index, a hűvös éjszaka index és a szárazság index. Ezek az indexek, amelyeket gyakran egy adott időszakra összegeznek, segítenek megérteni és megjósolni egy régió szőlőtermesztésre való alkalmasságát. Az éghajlat alapvető szerepet tölt be a bor jellemzőinek kialakításában, azonban az éghajlati változékonyság által támasztott kihívások kezeléséhez folyamatos kutatásra és alkalmazkodási gyakorlatokra van szükség (Jones, 2015).

2.2. A szőlő

A szőlőfajták és a terroir közötti kölcsönhatást tovább árnyalja a fajtaválasztás. A különböző szőlőfajták egyedülálló módon reagálnak a környezeti ingerekre. A tanulmány feltárja, hogy az egyes fajták hogyan mutatnak eltérő fiziológiai és fenológiai reakciókat, hangsúlyozva a szőlőfajták alapján testre szabott gazdálkodási gyakorlatok szükségességét (Deloire és mtsai., 2005).

A terroir akkor fejeződik ki a legjobban, ha a szőlőfajta érettsége úgy illeszkedik a helyi éghajlati viszonyokhoz, hogy a teljes érettséget a vegetációs időszak végére eléri. (Van Leeuwen & Seguin, 2006).

2.3. A talaj

Leeuwen és mtsai., (2018) szerint a talaj befolyásolja a szőlő fejlődését és a szőlőérést a talajhőmérsékleten, a vízellátáson és az ásványianyag-ellátáson keresztül. A talaj hőmérséklete jelentős hatással van a szőlő fenológiájára. A szőlő korlátozott vízellátása korlátozza a hajtások és a bogyók növekedését, ami hatással van a borkészítésnek megfelelő szőlőösszetételre. Különösen a szőlő vízállapota befolyásolja a másodlagos metabolitokat, például polifenolokat (antocianinok, tanninok) és aromavegyületeket. A talajból felvehető tápanyagok közül a nitrogén kulcsszerepet játszik. A nitrogén befolyásolja a szőlő növekedési erélyét, termés mennyiségét, bogyóméretét és összetételét. Alacsony nitrogén kínálat serkenti a polifenolok szintézisét, miközben negatívan hat a szőlőben és borbán egyes aromavegyületekre. Az elmúlt évtizedekben különböző eszközöket fejlesztettek ki a terroir paramétereinek számszerűsítésére. A szőlő vízállapota mérhető a szőlőcukorral mért szénizotópos megkülönböztetéssel (ún. $\delta^{13}C$). (Plantevin és mtsai., 2022). A szőlő nitrogén állapotát lehet a szőlőmustban lévő élesztőben elérhető nitrogén (YAN) mérésével értékelni.

Ily módon a terroir paraméterei nem csak mérhetőek, de feltérképezhetőek is. A szőlőültetvényeket olyan területeken kell létrehozni, ahol a talaj hőmérséklete, a talaj víztartó képessége és a talaj nitrogén-elérhetősége optimális az előállítani kívánt bortípushoz. A terroir hatás optimalizálható megfelelő növényi anyaggal, valamint a szőlőültetvény talajkezelésével, trágyázásával és egyéb kezelési technikákkal (Leeuwen és mtsai., 2022).

Az éghajlat és a talaj vizsgálatára építve Leeuwen (2022) átfogó áttekintést nyújt a fizikai környezetnek a szőlő növekedésére, a szőlő érésére és a bor érzékszervi jellemzőire gyakorolt hatásáról. A különböző szőlőültetvényekről származó adatokat integrálva a tanulmány hangsúlyozza az éghajlat, a talaj és a domborzat együttes hatását a szőlő fejlődésére. Ez a holisztikus megközelítés hangsúlyozza a tágabb fizikai környezet figyelembevételének fontosságát a terroir-vizsgálatokban. A tanulmány kiemeli, hogy a talaj tulajdonságai döntő szerepet játszanak a szőlő környezetre adott válaszában alakításában. A különböző talajtípusok befolyásolják a víz elérhetőségét, a tápanyagfelvételt és a gyökérfejlődést, ezáltal befolyásolják a szőlő növekedését és a szőlő minőségét. Emellett az éghajlati tényezők, mint például a hőmérséklet, a napfény és a csapadék, kulcsfontosságúak a szőlő érési ütemének és a termés kémiai összetételének meghatározásában.

Leeuwen (2022) kitér a szőlőtermesztési gyakorlatok fontosságára a terroir hatásának mérséklésében. Mind az öntözés, a lombkorona kezelése és a különböző talajművelés is alkalmazhatók bizonyos terroir-jellemzők enyhítésére vagy hangsúlyozására. Vízellátottság szempontjából pl. a homokos talajok nagyobb szemcsékkel és alacsonyabb víztartó képességgel rendelkeznek, ami alacsonyabb vízmegtartást eredményez. Ez csökkentheti ugyan a pangó víz kockázatát, de a szőlő fenntartásához gyakrabban kell öntözni, ami befolyásolja a vízkészletet. Ugyanakkor az agyagos talajok kisebb részecskékkel és nagyobb víztartó képességgel rendelkeznek. Hosszabb ideig tartják meg a vizet, csökkentve a gyakori öntözés szükségességét. A túlzott vízvisszatartás azonban vizesedéshez vezethet, ami hatással van a gyökerek egészségére. Tápanyagfelvétel szempontjából pl. a mészkőben gazdag talajok kalciummal láthatják el a szőlőt. A kalcium nélkülözhetetlen a sejtfal szerkezetéhez, ami javítja a szőlő minőségét. A talaj pH-szintjét is befolyásolhatja. Míg a vulkanikus talajok gyakran gazdagok ásványi anyagokban, például káliumban és magnéziumban. Ezek az ásványi anyagok pozitívan befolyásolhatják a szőlő ízét és színének alakulását.

A gyökérfejlődés is talajtípusonként változóan alakul. Az agyagos talajok, amelyek homok, iszap és agyag kiegyensúlyozott keverékéből állnak, jó levegőztetést és vízvezetést biztosítanak. Ez elősegíti az egészséges gyökérfejlődést, lehetővé téve a gyökerek számára, hogy könnyen behatoljanak a talajba. A sziklás összetevőkkel rendelkező talajok kihívást jelenthetnek a gyökérszövet behatolása szempontjából. A sziklás talajokon a szőlő úgy alkalmazkodhat, hogy a gyökereket a sziklafelületek mentén vezeti, ami befolyásolhatja a tápanyagfelvételi és vízfelvételi mintákat. Egyéb hatásokat is megfigyelhetünk. A magas kalcium-karbonát-tartalmú talajok, amelyek gyakran a kréta- vagy mészkőtalajokban találhatók, egyedi ásványosságot kölcsönözhetnek a boroknak. Ezt az ásványosságot a terroir részének tekintik, és hozzájárulhat a bor komplexitásához. Míg a gránitból származó talajok kiváló vízvezetést biztosíthatnak, és sajátos karaktert kölcsönözhetnek a bornak. A gránittalajok sziklás jellege befolyásolhatja a szőlő termikus tulajdonságait, ami kihat a szőlő éréseire. A szőlő a talajt nemcsak a kapaszkodásra, rögzítésre, hanem elsősorban a víz- és tápanyagfelvételre használja. A talajszubsztrátum növényfiziológiailag releváns tulajdonságai az ásványianyag-tartalom, a mész- és savtartalom, de a "talajtípus" néven ismert szemcseösszetétel, azaz a finom talaj- és kőtartalom is. A talajtípus különösen a víz- és levegőháztartásra van döntő hatással, pl. arra, hogy a növény számára elérhető talajvíz a gyökérszövetben a gravitáció ellenében tárolható és nem szivárog el. A talajvíz és a pangó víz szintén szerepet játszik. A talajalkotó kőzet és a talaj a mikroklímát is befolyásolja, ami fontos a szőlő növekedése és a szőlő érése szempontjából. A talaj melegedési képessége például szorosan összefügg a talaj vízháztartásával, a talajban zajló légmozgással és a talajfelszín színével (Böhm és mtsai., 2022).

3. A talaj tulajdonságai

White és mtsai. (2007) a terroir talajösszetevőinek vizsgálata során arra kereste a választ, hogy a talaj fizikai kémiai vagy biológiai tulajdonságai hogyan befolyásolják a hely terroirját, a borok karakterét. Öntözés megvonásával hatást gyakoroltak a szőlő nitrogén felvételére és ezáltal a bogyóminőségi paraméterek is javultak. Az eredményeik megerősítették a szabályozott víz- és nitrogén utánpótlás fontosságát az optimális termésminőség eléréséhez.

A Leeuwen és mtsai. (2018) által készített áttekintés a talajjal kapcsolatos terroir-tényezőket fizikai, kémiai és biológiai összetevőkre kategorizálja. Ez a kategorizálás árnyaltabb megértést nyújt a talajjellemzők, a szőlő növekedése és a borminőség közötti bonyolult kapcsolatokról.

3.1. Fizikai tulajdonságok

A talaj fizikai tulajdonságai alapvetően a gyökerek által feltárható talaj potenciális térfogatát határozzák meg. Ezt a térfogatot elsősorban a talajszerkezet szabályozza. A talajszerkezet az elsődleges részecskék és a közöttük lévő pórusok elrendeződésére vonatkozik, és közvetlenül és közvetve egyaránt befolyásolja a talaj számos fizikai, kémiai és biológiai szempontját. Ezek közé tartozik a talaj kötöttsége, a víz és a tápanyagok mozgása, a talaj levegőzöttsége, a talaj hidraulikai tulajdonságai, a talaj megmunkálhatósága, a magágyak előkészítése és a talaj erodálhatósága. A talajszerkezet funkcionális szempontjai, nevezetesen a vízellátás és a levegőzöttség a két legfontosabb talajjellemző, amely meghatározza a talaj alkalmasságát a szőlőtermesztésre. Ezeknek a tulajdonságoknak a szőlő teljesítményére gyakorolt hatásuk mértéke, különös tekintettel a gyökér- és hajtásnövekedésre, a terméshozamra és a szőlő minőségére kulcskérdések (Lanyon és mtsai., 2004).

A fizikai talajjellemzők - mint például a textúra, a szerkezet és a víztartó képesség – szerepe fontos a szőlő növekedésének befolyásolásában. A talajszerkezet befolyásolja a gyökérfejlődést és ennek következtében a tápanyag- és vízfelvételt. A talaj porozitása a levegőzöttségben és a vízelvezetésben játszik fontos szerepet, amelyek döntő tényezők a szőlő általános egészségi állapotja szempontjából (Seguin, 1986; Van Leeuwen & Seguin, 2006). Van Leeuwen és mtsai. (2018) szerint a szőlő vízellátottsága függ az éghajlati paraméterektől (csapadék és referencia evapotranspiráció), a talaj vízraktározó képességétől, a szőlő

transzspirációs sebességétől, a gyökérzet mélységétől és - ha alkalmazzák - az öntözési gyakorlatoktól. A talajvíz a talaj porozitásában tárolódik. A 0,2 μ m és 10 μ m közötti pórusok képesek a vizet tárolni a mélységi vízelvezetés ellen, és fokozatosan felszabadítani a szőlő számára. A teljes talajtérfogat százalékos aránya ebben a pórustartományban a talajszerkezet függvényében változik: körülbelül 5% a nagyon homokos talajban, 10% a nagyon agyagos talajban és 20% a nagyon iszapos talajban. A talaj textúrája tehát nagyban befolyásolja a talaj vízmegtartó képességét (SWHC). A vízmegtartó képesség függ a gyökérzet mélységétől és a durva elemek százalékos arányától is. A szőlőültetvények SWHC-értéke nagyon változó, a homokos szerkezetű, homokos talajok nagyon sekély talaján, ahol a durva elemek aránya magas, 50 mm-től az iszapos talajokon, amelyek mélyen gyökeresednek, több mint 350 mm-ig terjed. A szőlő vízháztartása jelentős hatással van a vegetatív és reprodukív növekedésre, a termés összetételére és a bor minőségére. A korlátozott vízellátás a hajtásnövekedés leállításához vezet, és visszafogja a bogyók növekedését, különösen, ha a vízhiány az érés előtt jelentkezik. A vízhiány a bogyók almasavtartalmát is csökkenti. A vízhiány hatása a bogyók cukortartalmára nem lineáris: enyhe vízhiány esetén a szőlőcukor emelkedik, mert csökken a hajtások szén-dioxid-allokációja, de súlyos vízhiány esetén a szőlőcukor csökken a fotoszintézis visszafogása miatt. A vízhiány növeli a héjfenolokat, különösen az antociánokat, ami a kiváló minőségű vörösborok előállításának egyik fő értéke. A súlyos vízhiányos stressz azonban ronthatja a vörösborok minőségét.

Lanyon és mtsai. (2004) szerint annak ellenére, hogy a vízhiány elsősorban az éghajlattal függ össze, a víz tárolása a talajban és a gyökerek hozzáférése a tárolt vízhez, a talaj fizikai tulajdonságaitól függ. A sorok közötti talaj a tárolt víz forrása lehet, de ezt a vizet a szőlő gyakran nem hasznosítja, mivel a gyökerek nem hatolnak be a sorközökbe. Ezért számos tényező lehet felelős, többek között a keréknyomok mentén kialakuló talajtömörödés. A víztárolás egyéb korlátai adódhatnak a texturális jellemzőkből, például a nagy durva homoktartalom, vagy az áthatolhatatlan rétegek, mint például a sekély duplex talajok esetében. A tanulmány utal rá, hogy még olyan helyzetekben is, ahol a víz és a tápanyagok elérhetősége nem korlátozó, a gyökérrendszer mérete közvetlen hatással van a hajtásnövekedésre és ezáltal a szőlő egyensúlyára. Ez egy előre vivő válasz, amelynek során a gyökerek érzékelik a talajban uralkodó korlátozott vagy nehéz körülményeket, és olyan jeleket küldenek a hajtásnak, amelyek lassítják a növekedést, még mielőtt a vízkészlet kimerülne.

A vízellátottság közvetlenül és közvetve is befolyásolja a termés hozamot, a termés és a must minőségét. A fő hatások közvetettek, és a vegetatív növekedésen keresztül hatnak a levél vízpotenciáljának, a turgornak, a szerves és szervetlen anyagok transzlokációjának és a lombkorona fotoszintézisének közvetlen hatásai miatt. A vegetatív növekedés üteme a fejlődés egyes fiziológiai szakaszaiban befolyásolja a forrás-nyelő kapcsolatokat és következésképpen az olyan alapvető folyamatokat, mint a rügyek termékenysége, a termés, a bogyó és a fürtök mérete, a héj és a gyümölcshús aránya, valamint a cukrok, savak és különböző szín-, aroma- és ízvegyületek felhalmozódása és lebomlása. A közvetlen hatások dominálnak a víz túlkínálatában, míg a közvetett hatások dominálnak a vízhiányos vízellátásban. A szőlő növekedéséhez rendelkezésre álló vízmennyiség meghatározásához azonban jobban meg kell ismerni a gyökéreloszlási mintákat, a talaj beszivárgási és tárolási tulajdonságait, valamint a szőlő által felhasznált (transzspiráció) és az egyéb felhasználási formák (párolgás és a takarónövények transzspirációja) között fennálló egyensúlyt (Lanyon és mtsai., 2004).

Újvilági kutatások kiterjedten foglalkoznak a sótartalomnak a szőlő teljesítményére gyakorolt hatásával, és a sófelhalmozódás ellenőrzésére irányuló intézkedésekről széles körben számoltak be. A talajfelszín kezelésének technikáit, beleértve a gyomirtó szereket, a takarónövényeket és a talajművelést, széles körben vizsgálják, de néha háttérbe szorítják az olyan szélesebb körű talajszerkezeti problémákat, mint a beszivárgás és a vízelvezetés optimalizálása. A délkelet- és nyugat- ausztráliai szőlőtermő területek talajviszonyainak átfogó felmérése során megállapították, hogy a szőlő gyenge teljesítménye (akár termés hozam, akár minőség) gyakran a gyökérfejlődés korlátozására vezethető vissza. Ezekben az esetekben a korlátozott gyökérfejlődést a kemény, tömörödött talajrétegek okozták (Lanyon és mtsai., 2004).

A szőlőtőkék különösen érzékenyek a kora tavasszal és az aktív gyökérnövekedés időszakában bekövetkező pangó vízre. A talaj akkor tekinthető ténylegesen vízzel telítettnek, ha a talaj teljes porozitásának legalább 93%-át víz foglalja el, ami megfosztja a növények gyökereit az oxigénhez való hozzáféréstől. A gyökérlégzéshez, valamint az oxigén- és széndioxid-cseréhez 10-15%-os kritikus légtömörség szükséges (Lanyon és mtsai., 2004).

A talajmélység a talajkutatók és a szőlészek számára kissé eltérő jelentéssel bír. A talajkutatók számára a talajmélység az anyakőzet feletti mállott réteget jelenti. A szőlő

telepítésekor ezt a réteget általában a gyökérrendszer tárja fel. A szőlészek számára azonban a talajmélység a gyökérzet mélységének felel meg, amely túlnyúlhat az mállott talajrétegen, ha az alapkőzet puha vagy repedésekkel teli. A talajmélység szerepét a terroir kifejezésében gyakran tévesen értelmezik számos népszerű borászati könyvben, ahol a terroir-hatást a mélyen gyökerező tőkéknek tulajdonítják. Az első tudományos alapon vizsgált szőlőtalajok a bordeaux-i Médoc területéről származnak (Seguin, 1969). Ezeken a magas kavicstartalmú homokos talajokon a talaj víztároló képessége olyan alacsony volt, hogy a mélygyökeresedésre volt szükség ahhoz, hogy a szőlő a száraz nyarakon ne legyen túlzottan vízhiányos. Hugh Johnson (1979) az igen népszerű boratlaszában közölt egy talajprofil Seguin vizsgálatából, de sajnos, amelyből később sok borszakíró azt a következtetést vonta le, hogy a mélygyökeresedés mindig kritikus tényező a terroir kifejeződéséhez. Valójában a legtöbb esetben a gyökérzet mélysége és a borminőség közötti kapcsolat inkább az ellenkezője. Ha a talaj nem rendkívül szegény, a mély gyökeresedés korlátlan vízhez és esetleg nitrogénhez való hozzáférést biztosít, ami növeli a szőlő életerejét és terméshozamát. Ez viszont csökkenti a szőlő minőségi jellemzőit, különösen a vörösborok esetében, mint például az antociánok és a tanninok (Deloire és mtsai., 2005).

Bodin & Morlat (2006) a talaj mélységének a szőlő minőségére gyakorolt hatását a Loire-völgyben (Franciaország) vizsgálta. A fenológiát, a termésparamétereket és a szőlő összetételét hasonlították össze a szőlőültetvények három, növekvő mélységű talajcsoportjánál: Gyengén mállott kőzet (WWR), mérsékelten mállott kőzet (MWR) és erősen mállott kőzet (SWR). A legnagyobb szőlőminőségi potenciált a WWR talajok mutatták, korlátozott mélységgel és korlátozott talajvízellátottsággal. Ezek a feltételek hajlamosak voltak arra, hogy a talajhőmérsékletet a gyökérzónában magasabbá tegyék, ezáltal fokozva a későbbi fenológiai szakaszok koraiságát és a szőlő érési görbéjét. Nem kívánatos azonban, hogy a gyökerek a talaj felső 20 cm-es rétegében helyezkedjenek el, mert ez a zóna általában túl gazdag nitrogénben. A talajfelszínhez közeli gyökerek a szüret időpontjához közeli esőzésekből származó vizet is felvehetik, ami a szőlő összetevőinek esetleges felhígulásával járhat. Mivel a szőlő teljesítménye gyakran szorosan összefügg a talaj mélységével, a terroir-vizsgálatokban integráló paraméterként használható (Deloire és mtsai., 2005).

A talajjellemzők változékonysága a szőlőültetvények szintjén befolyásolja a növények reakcióját. Egy szőlőültetvény (1 ha) két zónájában 8 évig tartó kísérletet végeztek szőlővel, amelyeket az NDVI-vel meghatározott növekedési erély szerint különböztettek meg: magas

növekedési erély (HV) és alacsony növekedési erély (LV). A talaj tulajdonságainak heterogenitását (mélység, textúra és összetétel), a növény növekedését (hajtások és gyökerek) és a növénytermelést (terméskomponensek és bogyóösszetétel) parcellaszinten határozták meg. Az LV zónához képest a HV zóna mélyebb talajokkal, magasabb talajvíz- és nitrogén-ellátottsággal, CEC-értékkel és montmorillonit/illit aránnyal járt együtt. A HV övezetben a LV övezethez képest kiterjedtebb gyökérzetet, nagyobb vegetatív növekedést és magasabb terméshozamot figyeltek meg. A szárazabb és melegebb évszakok növelték a szőlő növekedésének és terméshozamának heterogenitása közötti különbséget a két övezet között. A bogyók összetétele (elsődleges és másodlagos anyagcseretermékek) szintén különbözött a HV és LV övezetek között, de úgy tűnt, hogy nincs összefüggésben az életerősséggel, és főként a talaj-éghajlat-növény kölcsönhatásoktól függött az évek során. A növények életerejének heterogenitása a szőlőültetvényen belül elsősorban a gyökérzet kiterjedésében, a talajprofilban és a talaj összetételében (különösen a montmorillonit/illit arányban) mutatkozó különbségekből adódott., Az LV zónához képest a HV zónát a talaj nagyobb víz- és nitrogénellátottsága, valamint a szőlő gyökérzetének jobb kiterjedése jellemezte, ami magasabb fás rész termelést és terméshozamot tett lehetővé. A montmorillonit túlsúlya az illittel szemben fontos tényező volt a talaj termékenységéhez a HV zónában, ami összeegyeztethető a szőlősorok közötti takarónövények alkalmazásával (Pereyra és mtsai., 2023).

3.2. Kémiai tulajdonságok

A talaj ásványi anyagainak hatása a terroir kifejeződésére - a nitrogén kivételével - továbbra is vita tárgyát képezi. Míg a népszerű borászati szakirodalom gyakran a "mély gyökerek nyomelemeket felszedő gyökereinek" tulajdonítja a terroir árnyalatait, kevés bizonyíték van arra, hogy ezek az elemek hogyan alakulnak át a bor érzékszervi jellemzőivé. Leeuwen és mtsai. (2004) és Seguin (1986) tanulmányai nem találtak szignifikáns összefüggést a talaj ásványi anyagai és a borminőség között. Bár a talaj ásványi anyagai, különösen a káliumfelesleg, befolyásolhatják a must és a borok pH-értékét, a magas káliumszint gyakran bizonyos kőzettípusokhoz vagy túlzott trágyázáshoz kapcsolódik. Figyelemre méltó, hogy az olyan híres borvidékek, mint Champagne és Burgundia, különböző talajkalciumszintekkel rendelkeznek, ami azt jelzi, hogy a magas kalciumszint nem általános előfeltétele a kivételes szőlőültetvények talajának. A kalcium pozitív hatása közvetve javíthatja a talaj szerkezetét, a

gyökérzet behatolását, a talaj felmelegedését és a belső vízelvezetést (van Leeuwen és mtsai., 2018).

A nitrogén döntő szerepet játszik a szőlő táplálásában, hatással van a szőlő életerejére, a terméshozamra és a szőlő metabolitjaira. A nitrogén szőlő számára való hozzáférhetősége összetett, a talajban élő mikroorganizmusok a szerves nitrogént ásványi nitrogénné alakítják át, amelyet a szőlő felszív. Ezt a folyamatot olyan tényezők befolyásolják, mint a talaj levegőzése, a hőmérséklet, a páratartalom, a pH és a szerves anyag összetétele. A talaj típusa, a terroir egyik összetevője, összefügg a nitrogén elérhetőségével. A nitrogénszintek befolyásolják a szőlő életerejét, befolyásolják a bogyók méretét, az almasavtartalmat, a cukortartalmat és a fenoltartalmat. A vörösbortermelésben a mérsékelt nitrogénellátás javítja a minőséget, míg a fehérbortermelésben a magasabb nitrogénszintek kívánatosak az aromavegyületek szintézise szempontjából. A túlzott nitrogénszint növelheti a szürkerothadásra való fogékonyságot. A talajmikrobiológia, bár terroir-specifikus, nem feltétlenül korrelál a magasabb borminőséggel, mivel a nagyon magas mikrobiális aktivitás túlzott nitrogénfelszabaduláshoz vezethet, ami potenciálisan káros lehet a borminőségre, különösen a vörösbortermelésben (van Leeuwen és mtsai., 2018).

3.3. Biológiai tulajdonságok

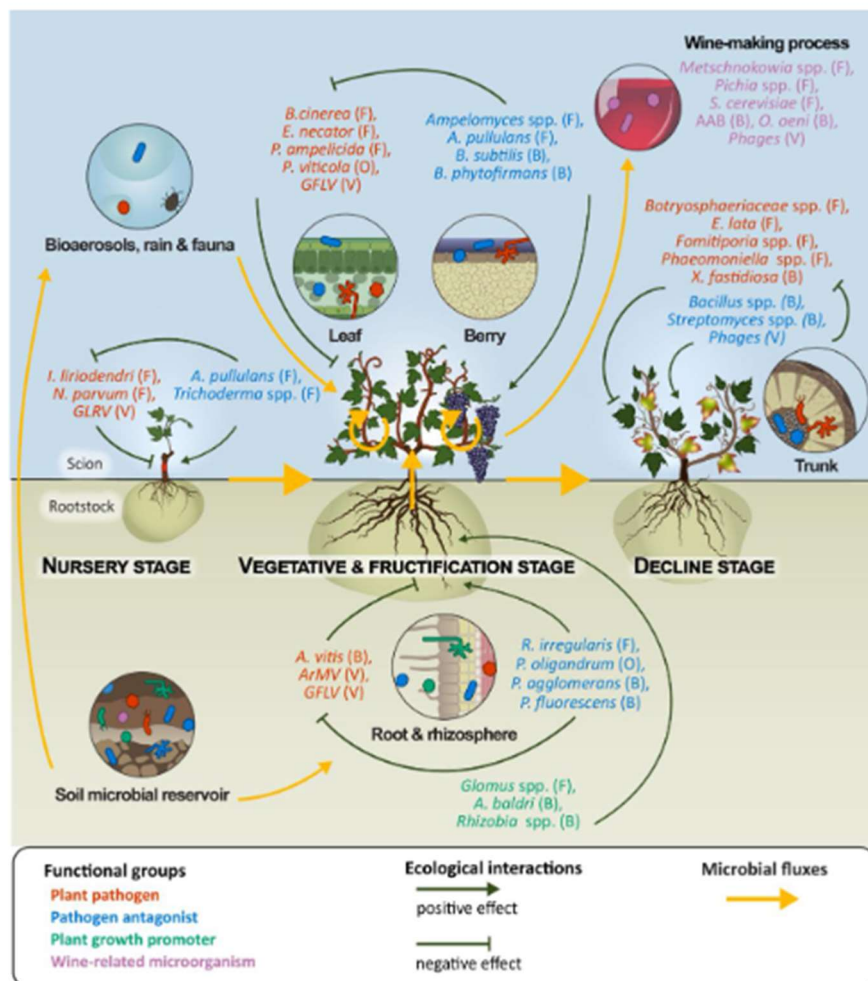
A talajjal kapcsolatos terroir-tényezők lényeges összetevője a talajban található mikrobapopuláció. Számos kutatás beszámol arról, hogy nem csak a talaj tulajdonságok vagy a klimatikus tényezők, de a szőlőfajta és a művelési mód is jelentősen befolyásolja a rizoszféra mikrobiális diverzitását (Kovács és mtsai., 2020, 2024). Leeuwen és mtsai. (2018) tanulmánya a mikroorganizmusok tápanyagkörforgásban betöltött szerepét és a szőlő egészségére gyakorolt hatásukat vizsgálta. A mikrobiális sokféleség a talaj funkcionalitásának és következésképpen a terroir kifejeződésének kulcsfontosságú meghatározójaként jelenik meg. A munkájukban kiemelik a talajmikrobiom és a szőlőminőség közötti bonyolult kölcsönhatást. A talajban lévő mikrobiális közösségek hozzájárulnak az alapvető tápanyagok elérhetőségéhez, befolyásolják a szőlő kémiai összetételét, és következésképpen a keletkező bor érzékszervi tulajdonságait (van Leeuwen és mtsai., 2018).

Fournier és mtsai. (2022) a szőlőtőkék funkcionális mikrobiomját vizsgálják az evolúciótörténet során. A talajban lévő mikrobiális közösségek, amelyek szorosan kapcsolódnak a szőlőhöz, összetett rétegeket adnak a terroir kifejezéséhez. Növény-

mikrobiális koevolúció annyit jelent, hogy a növények és a mikrobák kölcsönösen befolyásolták egymás evolúcióját. A szőlőmikrobiomot dinamikus és adaptív ökoszisztémának tekintjük, ahol mindkét partner olyan mechanizmusokat fejlesztett ki, amelyek a kölcsönös előnyök fokozását szolgálják.

A 1. ábrán a termesztett szőlőt a faiskolától a növény pusztulásáig kolonizáló mikrobiális funkcionális csoportok láthatók, valamint az ökológiai kölcsönhatások (fekete nyilak) és a mikrobiális folyamatok (sárga nyilak), amelyek a növény élettartama alatt a mikrobiom dinamikáját irányítják. A növény-mikroba-mikroba ökológiai kölcsönhatások összetett hálózatokat alkotnak. Az áttekinthetőség érdekében csak néhány gombafajt (F), baktériumfajt (B), oomycétafajt (O) és vírust (V) ábrázoltak, amelyek jelentősen befolyásolják a szőlő teljesítményét és a borkészítés folyamatát.

1. ábra: A szőlőt kolonizáló mikrobiális funkcionális csoportok, ökológiai kölcsönhatások és mikrobiális folyamatok (Forrás: Fournier és mtsai., 2022)



Leal és mtsai. (2024) a terroir, az évszak és az évjárat hatását vizsgálták a szőlőtőkékkel kapcsolatos mikrobiális közösségekre, a gombák patobiomjára összpontosítva. A kutatás nagy áteresztőképességű molekuláris technikák alkalmazásával talajból, fászsövetből és kéregből származó mintákat elemezett a magyarországi Tokaji borvidéken, Furmint fajtán. Az eredmények jelentős eltéréseket mutattak a növénypatogén gombák gazdagságában és gyakoriságában az egyes mikrohabitatokat tekintve, a szőlőtörzsbetegséget okozó kórokozók a fában és a kéregben dominálnak, míg a talajban a nem-GTD kórokozók dominálnak. A terroir a gombaközösségek eltéréseinek 14,46-24,67%-áért felelős, meghatározó tényezőnek bizonyult. Az évszak és az évjárat szintén hozzájárul az eltérésekhez. Az eredmények kiemelik a terroir által befolyásolt környezeti tényezők figyelembevételének fontosságát a mikrobiális közösségek megértése során, és betekintést nyújtanak a jobb szőlészeti növény-egészségügyi stratégiákba.

3.3.1. Enzimek a talajban

A talajenzimek számos biokémiai reakciót katalizálnak, amelyek a szerves anyagok átalakulását, valamint a növények növekedéséhez és a tápanyagkörforgáshoz szükséges szerves tápanyagok felszabadulását eredményezik. A talajenzim-aktivitás hasznos biológiai talajminőség-indikátor, mivel érzékeny, könnyen mérhető, és jobban reagál a talajművelésre és a talaj szerkezetére, mint más talajváltozók. A talajban számos enzim található, de a talajminőség értékelésére leggyakrabban a hidrolízisben és a fő avarkomponensek lebontásában részt vevő enzimeket használják. (Adetunji és mtsai., 2017)

A talajban élő baktériumok és gombák olyan extracelluláris enzimeket választanak ki, mint a β -glükózidáz és a foszfatáz és. Ezek a talajmátrix nélkülözhetetlen részét képezik. A β -glükózidáz kulcsfontosságú enzim a talajban lévő szerves anyagok lebontásában. Felgyorsítja azok lebomlását, és kölcsönhatásba lép a talaj fizikai-kémiai tulajdonságaival, amelyeket a különböző talajművelési gyakorlatok és az időjárási körülmények is erősen befolyásolnak (Harianti és mtsai., 2023). A növényi poliszaharidok fő összetevőjének, a cellulóznak a hidrolíziséből származó cellobióz fragmentumok terminális hidrolíziséért, glükózzá alakításért felelős enzim (Turner és mtsai., 2002).

A foszfatázok olyan extracelluláris enzimek, amelyek a szervesen kötött formából, a nem hozzáférhető foszfort foszfátionokká alakítják, ami ezáltal a növények és a mikroorganizmusok által felvehetővé válik (Eivazi & Tabatabai, 1977).

„A szerves kötésben lévő foszfor csak akkor mineralizálódik, ha elbomlik a szerves anyag. Ekkor a foszfor oldható, felvehető alakokba megy át. A szerves kötésben lévő foszfor szervetlenné alakítása enzimatis úton megy végbe, elsősorban foszfatáz enzim segítségével. Ha a talajok redoxipotenciálja kicsi, nő a vasoxidokhoz kötött foszfor oldhatósága, mert a redukáló környezetben a vas (III)-oxidok a hozzájuk kötődött foszfátionok szabaddá válása során vas (II)-vegyületekké redukálódnak.” (Stefanovics és mtsai., 1999.)

Kotroczó és mtsai., (2014) mindkét enzim aktivitását tavasszal találták a legmagasabbnak, ami egybeesett a magas talajnedvességgel és feltehetően a magas gyökéraktivitással.

Az FDA enzimvizsgálat a talajban lévő általános mikrobiális aktivitás értékelésére használható a fluoreszcein-diacetát (FDA) hidrolízise révén, amelyet különböző enzimek, köztük lipázok, proteázok és észterázok közvetítenek, és amely a talaj hidroláz aktivitásának széleskörű vizsgálatát jelenti. Az FDA-tesztet a talaj általános enzimatis aktivitásának alternatív mutatójaként javasolják, amely tükrözi a mikrobiális aktivitást, és fontos szerepet játszik a talaj mikrobiális ökológiájában (Prosser és mtsai., 2015).

3.4. Talajtulajdonságok és a szőlő teljesítménye

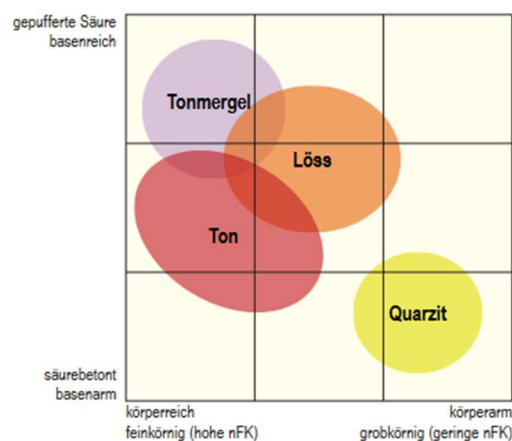
A szőlőnek az a része a gyökérrendszer, amelyet a talaj tulajdonságai közvetlenül befolyásolnak. A gyökerek a szőlő víz- és tápanyagszükségletének nagy részét felveszik és továbbítják a növény föld feletti részei felé. A gyökerekben szintetizálódó különböző növényi hormonok szükségesek a hajtásrendszer megfelelő fejlődéséhez. Ebből következően a tőkék mérete és egészsége a szőlő gyökérrendszerének állapota és egészségi állapota alapvetően meghatározza a lombkorona méretét (életerő) és teljesítményét (Lanyon és mtsai., 2004).

A szőlő életeréje jelentős hatással van a bogyók minőségére, és az optimális bogyóminőség ritkán érhető el, ha a tőkék túlságosan erősek. Másrészt a korlátozott gyökérzettel és lombkoronával rendelkező tőkék nem feltétlenül termelnek jó minőségű gyümölcsöt. Következésképpen a jó minőségű bogyótermés érdekében a maximális vagy minimális gyökérnövekedéssel és -fejlődéssel szemben az optimális gyökérnövekedést és -fejlődést kell megcélozni. A gyökerek kiterjedése és eloszlása az optimális termelékenység, minőség és fenntarthatóság szempontjából nagyon fontos, de nem különösebben jól meghatározott. A kulcskérdés a gyökérfunkció, a talajszerkezet és a szőlő teljesítménye közötti kapcsolat a

terméshozamra és a minőségre vonatkozó összefüggésekkel kapcsolatban (Lanyon és mtsai., 2004).

A szántóföldi gazdálkodás kezdete óta az ember beavatkozik a természeti környezetbe, és megpróbálja optimalizálni a talaj tulajdonságait és jellemzőit. Ez mindenütt dokumentálható a termőtalaj felszántásában és a trágyázásban. Ilyen intézkedéseket alkalmaznak a szőlőtermesztésben is, ahol az eredeti talajviszonyokat néha jelentősen vagy teljesen megváltoztatják a mélyszántás, az aljnövényzet által, a trágyázás és a vízelvezetés révén. Így az eredeti talajhorizont és a talajszerkezet egy része megsemmisül, és minden összekeveredik. Megmarad azonban az ásványi mátrix és egyes esetekben az eredeti mikroszerkezetű töredékek, amelyek nagyrészt átadják tulajdonságaikat és jellemzőiket a rigosolnak. A talajtakaró vastagságától függően az eredeti talaj még felismerhető a rigosol horizont alatt, vagy a kevert horizontban diagnosztizálható. A szőlősgazdák a heterogén talajtulajdonságokat figyelembe vehetik a szőlőnemes vagy az alany kiválasztásakor is, a metszésnél és a szőlő gondozásánál. Emellett mélyforgatással és keveréssel (rigolírozással) megváltoztathatják a talajt, hogy egységes, a szőlő számára könnyen gyökeresedő talajtér jöjjön létre. A termés mennyiségének és minőségének befolyásolásán túl a talaj a bor ízét is alakítja, és egyéni, személyes jelleget adhat neki. A 2. ábra a Rheingau különböző fekvéseinek talajjellemzőit és alaptípusosságát mutatja be. A talajtulajdonságok, mint például a homok-, agyag- és mésztartalom vagy a kémhatás befolyásolják az érlelt fehérborok (jelen esetben a rizling) élénkségét, savasságát és testességét, feltéve, hogy a borkészítés során nem történik jelentős túlmanipuláció (Böhm és mtsai., 2022).

2. ábra: Rizling szőlőfajta íz alaptípusossága Reingau különböző temőhelyein (Forrás: Böhm és mtsai., 2022)



3.5. Talaj, éghajlat és kultúrnövény kölcsönhatások

Leeuwen és mtsai. (2004) az éghajlat, a talaj és a szőlőfajták terroirra gyakorolt hatását, e tényezők összefüggéseit vizsgálták a bor érzékszervi tulajdonságainak kialakításában. Az éghajlat, különösen a hőmérséklet és a napsütés, a szőlő jellemzőit alapvetően befolyásoló tényezőként ismert, míg a talaj egyedi tulajdonságokat kölcsönöz a boroknak. Vizsgálták a nem öntözött *Vitis vinifera L. cv.* fejlődését és bogyóösszetételét. A legtöbb paraméterre a klíma hatása volt a legnagyobb, ezt követi a talaj és a fajta. Sok változó korrelált a szőlővízstressz intenzitásával.

A terroir három fő paraméterét - a talaj, a fajta és az éghajlat (az évjárat hatásán keresztül) - egyszerre vizsgálták. Mindhárom paraméter rendkívül jelentős hatással bír a szőlő fejlődésére és a bogyók összetételére. A tanulmány szerint a szőlő ásványi anyag felvétele nem volt kritikus hatással a termésminőségre. A napsütéses órák és a hőmérséklet nem volt meghatározó hatással az évjárat minőségére. Az éghajlatnak és a talajnak a szőlő fejlődésére és a szőlő összetételére gyakorolt hatása nagyrészt a szőlő vízháztartására gyakorolt hatásukkal magyarázható. Az évjárat a szőlő vízháztartását a nyári csapadék változó mennyiségén keresztül befolyásolja, míg a talaj a szőlő vízháztartását a víztartó képességén keresztül, és valószínűleg a talaj vízháztartását is befolyásolja, a talajvízhez való hozzáférése. A legjobb évjáratok azok voltak, amelyekben a virágzástól a szüretig tartó időszak vízmérlege a legnegatívabb volt. A legjobbak azok a talajok voltak, amelyekben a vízhiány a hajtásnövekedés korábbi lelassulását, a bogyók méretének csökkenését, valamint a szőlőcukor- és antociánkoncentráció magas szintjét eredményezte, ezáltal növelve a szőlő minőségi potenciálját (Leeuwen és mtsai., 2004).

Az éghajlatváltozással egyidejűleg a talaj felsőbb rétegeiben emelkedő hőmérsékletet figyelhetünk meg, ami hatással lesz a mikrobapopulációk eloszlására, a szerves anyag bomlási sebességére vagy a talaj szerves szén tárolási kapacitására. Mindez befolyásolja az üvegházhatású gázok kibocsátását és a víz viszkozitását a talaj-növény útvonalon, megváltoztatva a vízszállítást. A rizoszférában lévő mikroorganizmusok, a szőlő gyökérrendszere, a SOC (Soil Organic Carbon) lebontási és rögzítési folyamatai közötti kölcsönhatások összetettek és kevésbé ismertek, de reagálnak a környezeti tényezőkre (például a megnövekedett talajhőmérsékletre), a növényi anyagra (például az alanyra) és a művelési rendszerre (például organikus kontra hagyományos, takarónövény használata kontra

nyílt talajművelés). A SOC-készletek növelését a talajból származó üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére irányuló intézkedésként tárgyalják, amely javíthatja az üvegházhatású gázok kibocsátása és a légkörből való szén-dioxid-megkötés közötti egyensúlyt. Ugyanakkor nehéz levonni az éghajlati változások és a művelési gyakorlatok hatását a talajok szén-dioxid-tárolási vagy -vesztési mintáira (Schultz, 2022).

Bonfante & Brillante (2022) áttekintést adnak a terroir-vizsgálatok legújabb megközelítéseiről és az új zónázási technológiáról, különös tekintettel a terroir éghajlatváltozással szembeni ellenállóképességének jelentőségére. A szőlőültetvények variabilitását és a termés összetételét irányító mechanizmusok és kapcsolatok tudományos megértése a terroir-kutatás egyik legkritikusabb tudományos fókusza. A terroir komplexitását különböző módon és felbontással lehet elemezni. A jelenlegi és az új globális kihívások multidiszciplináris megközelítéseket igényelnek, a jelenlegi terroirok megőrzése és az új lehetőségek feltárása érdekében. Véleményük szerint például az éghajlatváltozásnak a terroir kifejeződésére gyakorolt hatását nem lehet kezelni, ha egy adott szőlőfajta és a környezeti változások közötti kapcsolatot nem írják le megfelelően. A változásokat nem az egyes részlegeknél külön-külön, hanem rendszerszinten kell kezelni. A szimulációs modellezés segíthet az éghajlatváltozás szőlőültetvényekre gyakorolt hatásainak dinamikus leírásában, új távlatokat nyitva a szőlőterületek zónázása előtt ("dynamic viticultural zoning").

4. Anyag és módszer

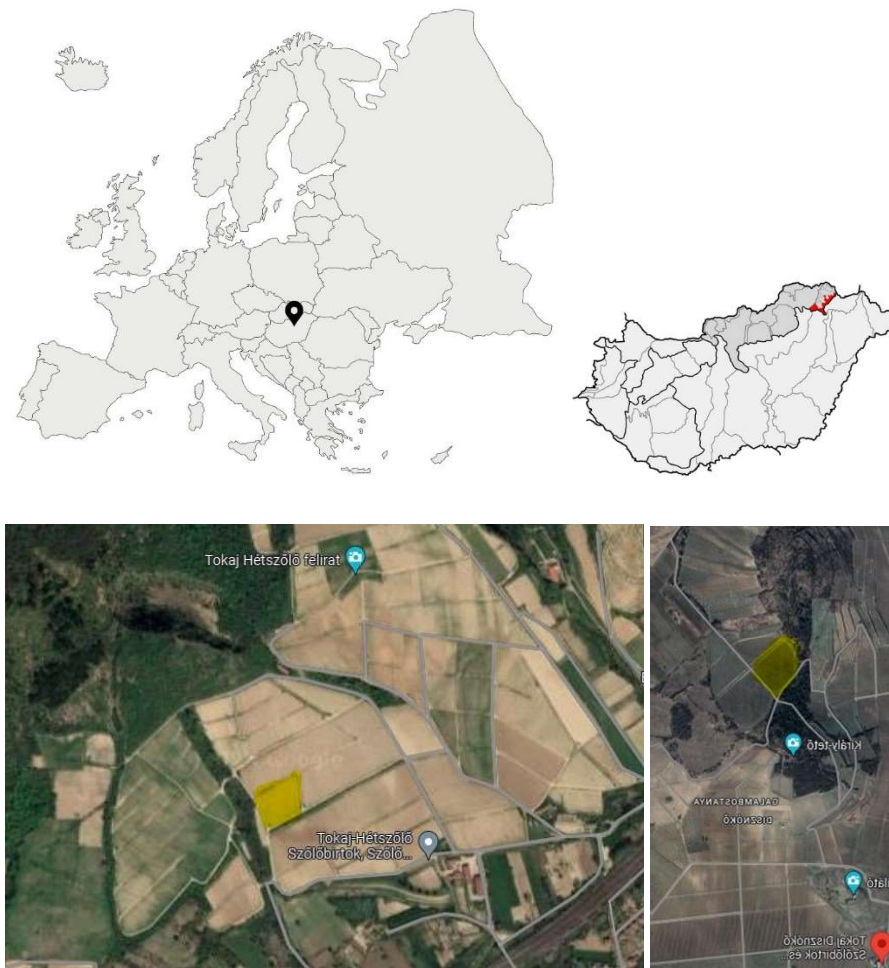
4.1. A helyszínek jellemzése

Két Tokaj-Hegyaljai termőhely bemutatásához gyűjtöttem talajmintákat és információkat. A 3. ábra bemutatja a két mintavételi dűlő elhelyezkedését.

A Hétszőlő dűlő Tokajban található, a Nagy-Kopsz-hegy déli lejtőjén ($48^{\circ}06'50.3''N$ $21^{\circ}23'44.5''E$). Az ültetvény talaja eredetileg löszön, löszszerű alapkőzeten kialakult barnaföld, azonban az eróziós hatások következtében mára humusz karbonát, valamint földes kopár talajtípus alakult ki.

A Hegyemeg dűlő a Mádi-medence része, a mezőzombori Király-tető ÉK oldalán fekszik. ($48^{\circ}10'24.5''N$ $21^{\circ}18'25.8''E$). A sekély feltalajjal fedett vulkáni kiömlésen a nyirok a jellemző. A lejtésirány É-D-i, ami a napjárás szempontjából kevésbé kedvező, „hideg” terület. A talaj gyengén-közepesen köves. A lejtők szöge mindkét területen $7-10^{\circ}$.

3. ábra: A mintavételi területek a Hétszőlő és a Hegyemeg dűlőben



Mindkét termőhelyen a PlantCT Europe által működtetett automata meteorológiai állomások szolgáltatják az adatokat a léghőmérsékletről, a páratartalomról, a csapadékeseményekről. Az adatokat az állomásokhoz tartozó program (verziószám:1.3.2) gyűjti, az évi összesítéseket és a diagrammokon való ábrázolást Excel segítségével készítettem. A Hétszőlőben lévő ültetvény legalább 30 éve telepített Furmint T85 fajta. Az itt levő meteorológiai állomás utolsó 5 évi adatát használtam fel (2019-2023). A Hegymeg dűlőben az ültetvényt 2018-ban telepítették (Furmint 8/7575) és a meteorológiai állomást 2019 őszén helyezték működésbe, ezért erről a területről az elmúlt négy év adatai álltak rendelkezésre.

A Magyar Földtani Intézet 1958-1968 között 1:25 000 méretarányú földtani térképezését végzett a Tokaji-hegységben. Gyarmati (1977) a Magyar Földtani Intézet évkönyvében közreadja az általános földtani- vulkanotektonikai felvételező és értékelő munka eredményeit. A kiadvány térképeiből a munkámban vizsgált két területről gyűjtöttem földtani ismereteket.

4.2. Talajmintázás

Mindkét területen általános kompozit minta alapján rendelkezésre álltak talajvizsgálati eredmények. A tápanyaggazdálkodás talajföldrajzi szempontjait vizsgálta Szabó és mtsai.,(2001), ennek keretében a Hétszőlő területei mintázásra kerültek. Három mélységben mért kötöttségi, pH, mésztartalom és humusz % adatokat használtam fel a dolgozatomhoz. A Hegymeg dűlőben a telepítés előtt készült talajvédelmi terv adataiból dolgoztam.

A fizikai talajféleséget gyúróprózával igazoltam. A frakciók szétválasztására az egyszerű 'befőttesüveg' módszert választottam. Miszerint mindkét területen 0-30 cm mélységéből vett kompozit mintából egy-egy üveget háromnegyedig töltöttem, majd vízzel felöntöttem. A módszer a különböző méretű szemcsék ülepedési sebességének különbözőségén alapul. Az elegyet alapos összerázás után 24 órát ülepttettem, hogy a homok-, iszap- és agyagfrakciók leülepedjenek. A frakciók százalékos eloszlása alapján a fizikai talajféleség elméletileg meghatározható (Stefanovics és mtsai., 1999).

A β -glükózidáz-, foszfatáz- és FDA enzimaktivitás méréshez szükséges mintákat a két helyszínen az „A” ásványi horizontban (0-10 cm) vettem. A talajmintákat a MATE Budai Campusán található Agrárkörnyezetgazdálkodási Tanszék laboratóriumba szállítva, homogenizáltuk és <2 mm-re szitáltuk, majd fagyasztószekrényben tároltuk. Az ismétlések száma 15 minta/terület volt.

A talajmintákból körülbelül 5 g talajt 105°C-on 24 órán át szárítottunk a talajnedvesség meghatározása céljából.

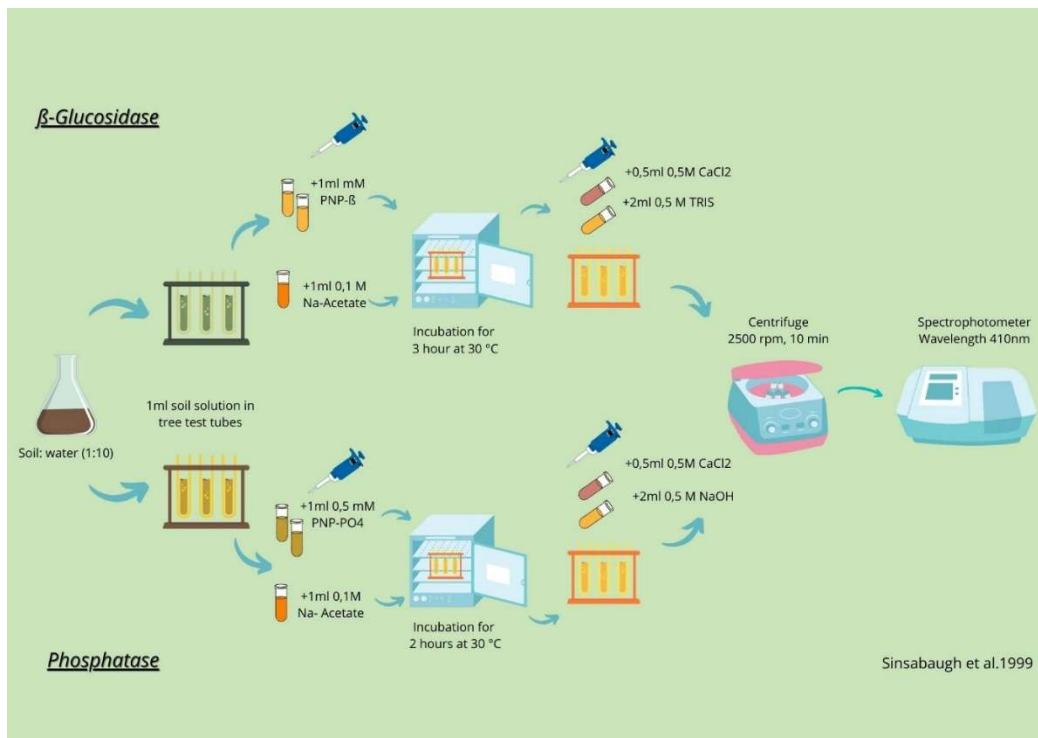
A β -glükózidáz aktivitást Sinsabaugh és mtsai., (1999) módszerével, a p-nitrofenil- β -d-glükopiranozid (pNPG) analóg szubsztrát felhasználásával vizsgáltuk. A talajszuszpenziókat (1 ml) kémcsövekbe mértük (három ismétlődő minta), és 1 ml 0,1 M Na-acetát pufferrel (pH 5,0) és 1 ml pufferben oldott 10 mM PNP- β -val 3 órán át 30 °C-os vízfürdőben inkubáltuk. A reakciót 0,5 ml 0,5 M CaCl_2 és 2 ml 0,1 M TRIS-hidroxi-metil puffer hozzáadásával állítottuk le (amelyet NaOH-val pH 12-re állítottunk be). A mintákat 10 percig 2500 \times g-n centrifugáltuk, és az abszorbanciát 410 nm-en mértük. Az értékeket korrigáltuk a vakpróbával (a CaCl_2 és a TRIS-NaOH hozzáadása után közvetlenül hozzáadott szubsztrát) és a talajban felszabaduló para-nitrofenol (pNP) adszorpciójával.

A foszfatáz mérés a szintetikus szubsztrát (p-nitrofenol-foszfát) enzimatisz hidrolízisekor felszabaduló színes termék (p-nitrofenol) meghatározásán alapul, ugyanazzal a módszerrel, mint a β -glükózidáz esetében. Az eltérés, hogy az inkubációs idő hossza 2 óra és a reakció megállítására 0,5 ml 0,5 M CaCl_2 és 2 ml 0,5 M-os NaOH-ot használtunk. A β -glükózidáz és a foszfatáz aktivitást μmol felszabadult pNP g⁻¹ száraz talaj h⁻¹-ben fejeztük ki.

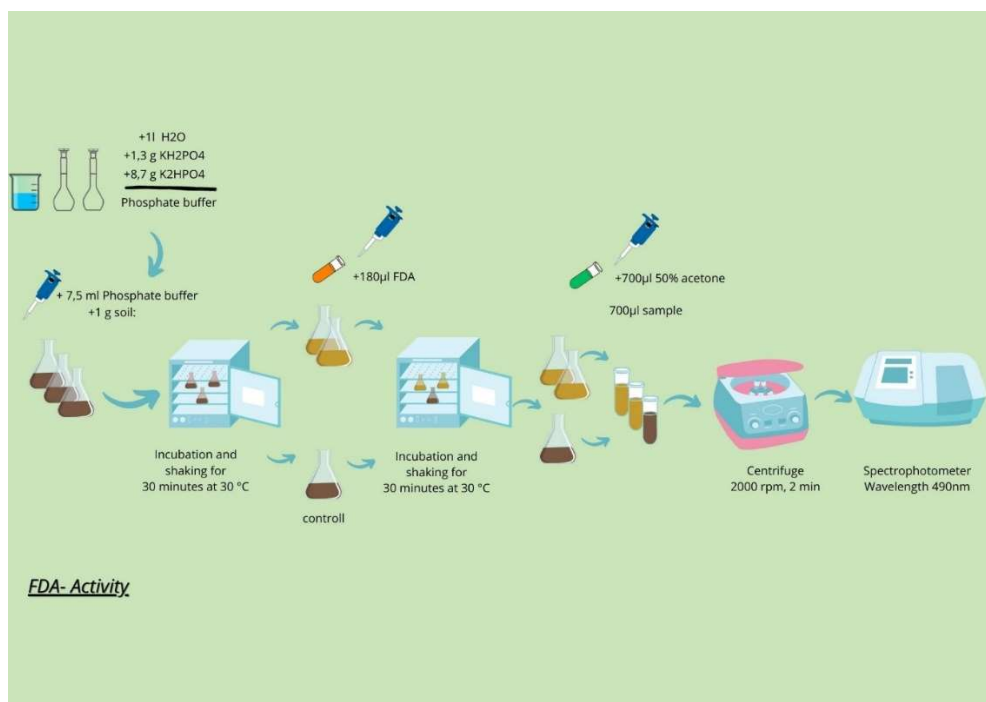
A szintelen FDA-t egyaránt hidrolizálják a szabad és a membránhoz kötött enzimek, felszabadítva egy színes végterméket, mely spektrofometriásan mérhető. A módszer előnye, hogy egyszerű, gyors, és érzékeny (Varma & Oelmüller, 2007).

A 4. ábra szemlélteti az β -glükózidáz-, foszfatáz enzim aktivitásának, az 5. ábra az FDA aktivitásának mérési módszereit.

4. ábra: A β -glükozidáz és foszfatáz enzim aktivitás mérési módszere (Forrás: saját ábrázolás)



5. ábra: Az FDA enzim aktivitás mérési módszere (Forrás: saját ábrázolás)

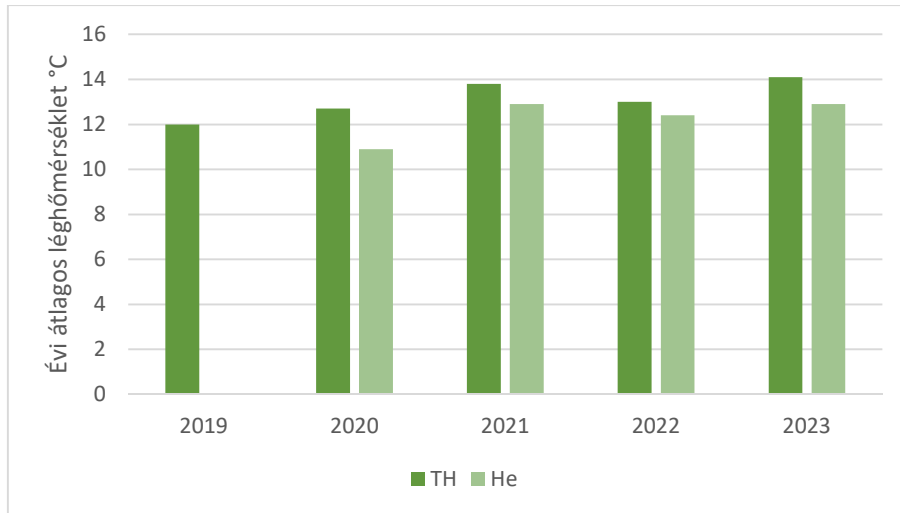


5. Eredmények

5.1. Meteorológiai adatok

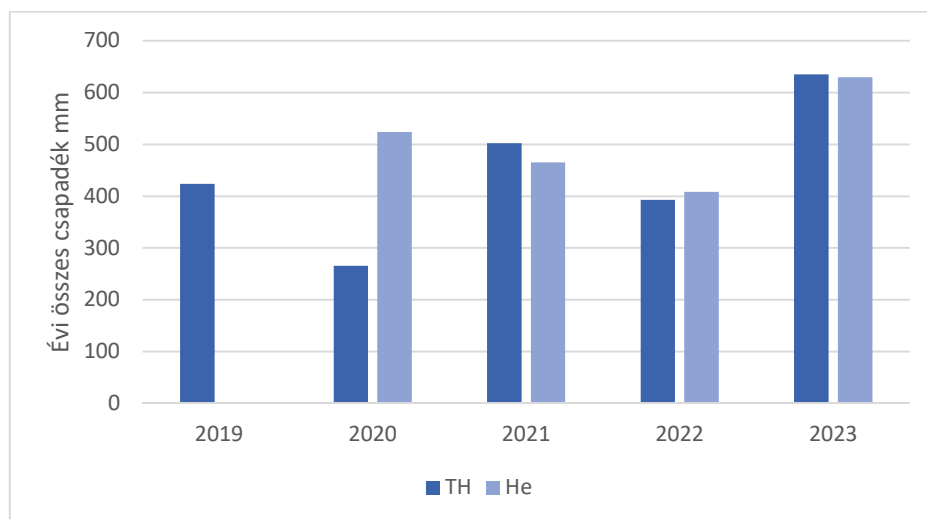
A 6. ábrán a két vizsgált dűlő évi átlagos léghőmérséklete olvasható. A Hegymeg dűlőben a meteorológiai állomás 2020-tól szolgáltat adatokat.

6. ábra: Hétszőlő (TH) és Hegymeg (He) dűlők évi átlagos léghőmérséklete (2019-2023)
(Forrás: Saját adatfeldolgozás)



A 7. ábrán az éves összes csapadék mennyisége olvasható. A Hétszőlőben lévő állomás 2020-as csapadékadatai hiányosak, valószínűleg a mérő meghibásodása miatt összesen öt hónapban rendelkezik adattal, így az évi össz mennyiség nem valós számot takar.

7. ábra: Hétszőlő (TH) és Hegymeg (He) dűlők évi átlagos csapadékmennyisége (2019-2023)
(Forrás: Saját adatfeldolgozás)



Az 1.táblázatban azokat a havi csapadékmennyiségeket adtam meg, ahol nagy intenzitású csapadékesemény (10mm/ h felett) történt, pirossal jelölve vagy jégeső esett, kézzel jelölve. 2021-et száraz ősz jellemezte, 2022-ben folytatódott egy csapadékszegény tavaszi időszakkal. Jelentősebb csapadék mindkét területen augusztusban volt, de addigra aszályos tünetek voltak az ültetvényekben megfigyelhetők.

1. táblázat: Csapadékmennyiségek a nagy intenzitású csapadékesemények vagy a jégesős hónapokban (2019-2023) (Forrás: Saját adatfeldolgozás)

	jan		feb		márc		ápr		máj		jun		júl		aug		szept		okt		nov		dec		
	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	TH	He	
2019													221,6												
2020											198,4		66,8		72,2										
2021					84,3	64						37,7	59,4	54											
2022														37,5	35,6	105,8	101,8								
2023										86,5	79,4	30,3			39,8		40,6					89,5			

5.2. Földtani tényezők

Dokucsajev alapján az öt talajképződést meghatározó tényező: a földtani, az éghajlati, a domborzati, a biológiai tényező és a talajok kora. A mai, antropocén (Steffen és mtsai., 2016) földtörténeti korban a hatodik tényező az emberi tevékenység, ami szintén talajképződést módosító tényezővé lépett elő.

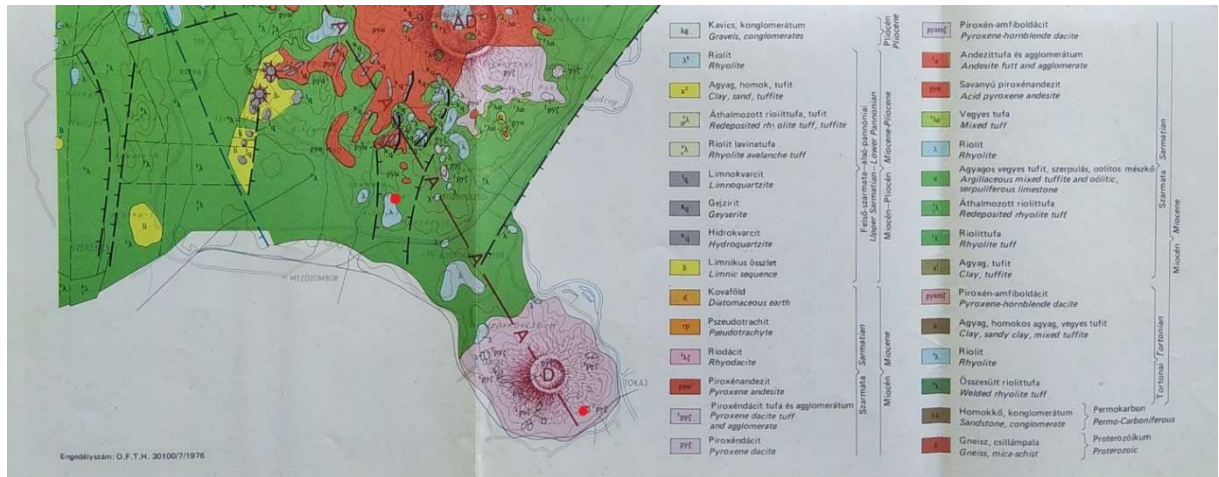
A 8. és 9. ábra a Gyarmati (1977) által írt Évkönyv térkép mellékleteiből mutatja be a két általam vizsgált dűlő földtani és vulkanotektonikai besorolását. A térképrészleteken piros pont jelzi a Nagy-Kopaszon és a Király-tetőn található dűlőket. A tokaji Nagy-Kopasz-hegy DK lejtőjén fekvő Hétszőlő szarmata piroxéndácit alapközeten, pleisztocén korú szállított, eolikus lösz feltalajjal. (10. ábra) A Hegyemeg dűlő szarmata- / miocénkorú riolit és riolit tufa.

Pinczés Zoltán (*Boros László*, 2011) elsőként foglalkozott a Zempléni-hegység déli részének természeti földrajzával, ezen belül kiemelten a löszképződményekkel. Megállapította, hogy a zempléni löszök a periglaciális időkben, hideg sztyepp-éghajlaton, hulló porból képződtek, vastagságuk változó. Anyagukat a szél a Nyírség hordalékkúpjából és a Hernád hordalékából fújta ide, a hegység peremére Tokajtól Bodrogkiszfaludig, ill. Tokajtól Göncig. Ásványtani szempontból a lösz az egyik leggazdagabb kőzetformának tekinthető.

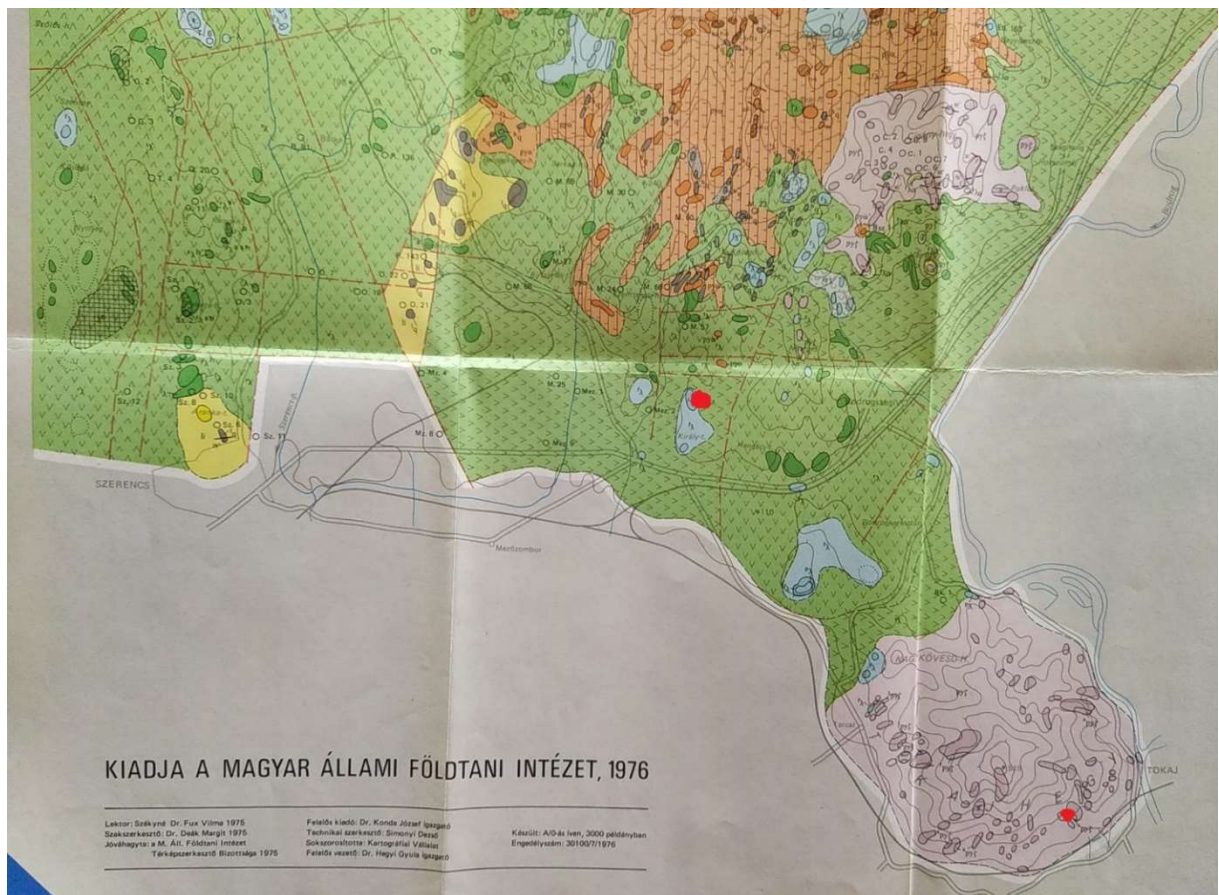
A riolit kiömlési kőzet, melyben a gyors lehűlés miatt az egyes ásványok kristályainak nagysága nem egyenletes. Jellemző ásványai a porfíros szövetben, amely a nagyobb kristályok

alapanyaga, ez finom szerkezetű, sokszor üvegszerű: földpátok, kvarc, biotit. Az az alapanyagban pedig földpátok, kvarc, kőzetüveg a jellemzőek. Ha a láva gyorsan hűl le, egészen üveges szerkezetű obszidián, ha vízzel találkozik hűlés közben, akkor perlit, valamint szurokkő és horzsakő keletkezik. Összetétele a gránithoz hasonló, savanyú kőzet. Hazánkban miocénkorú rétegekben fordul elő Tokaj-Hegyalján. (Stefanovics és mtsai., 1999.)

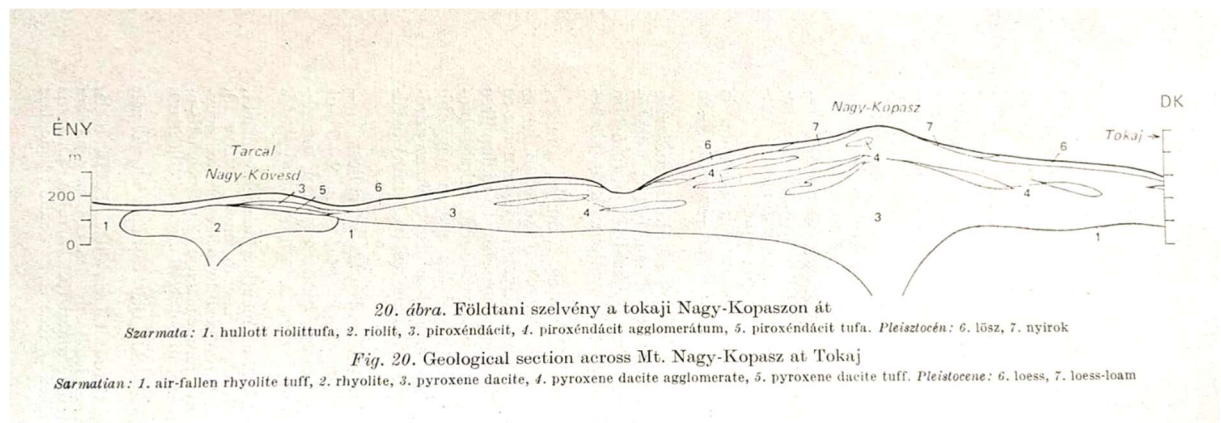
8. ábra: A Tokaji-hegység szerkezeti- vulkanotektonikai vázlat részlete (Forrás: Gyarmati, 1977)



9. ábra: A Tokaji-hegység földtani térképének részlete (Forrás: Gyarmati, 1977)



10. ábra: Földtani szelvény a tokaji Nagy-Kopaszon át (Forrás: Gyarmati, 1977)



5.3. Fizikai talajféleség

A 11. ábrán láthatóak az üleptett talajsuszpenziók. A bal oldali, sötétebb minta a Hegyemeg dűlőből és a jobb oldali, világosabb a Hétszőlőből származó lösz talaj. Az szuszpenzió tetején úszó, lebegő részek szerves anyag maradékok, melyeknek egy része az ülepedett rész tetejére szállt le, de jól elkülönül.

A Hegyemegről származó minta tartalmazott apró kődarabokat. Egy darab látszik a 11. ábrán, ötszöggel jelölve, az üveg aljára ülepedett. A szuszpenzióban két réteg különült határozottan el. A két réteg között határ vékony, elmosódó. A felső 20% agyag, az alsó 75% homok, az átmenet adja az 5 % iszaprészt. A szemcsefrakciók arányán alapuló háromszögdiagram alapján (Stefanovics és mtsai., 1999.) homokos vályog fizikai talajféleség.

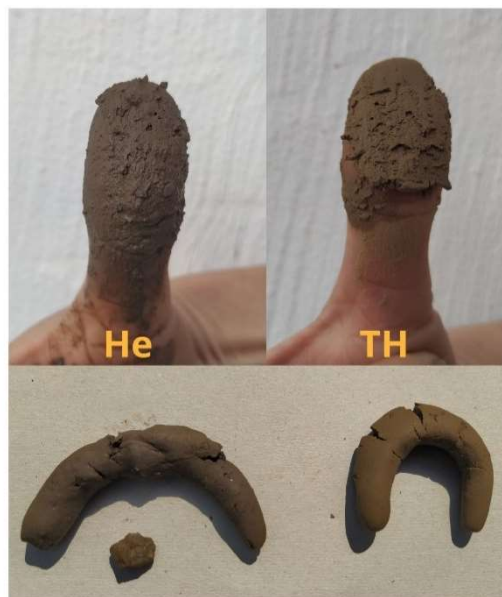
A Hétszőlőből származó minta lösz. Ez a szuszpenzió homogén képen mutat, mivel a levegőből ülepedett ki, így eléggé behatárolt a szemcseméret. A felső 5-10%-ban látszódik egy finomabb szemcséből álló vékony réteg, feltételezhetően a többlet víz hatására agyagosodás látható. A többletvíz adódhat abból, hogy a lejtő alján lévő terület lett mintázva. Az ülepedett rész 90-95 % iszap, homok rész nem elkülöníthető. A szemcsefrakciók arányán alapuló háromszögdiagram alapján vályog fizikai talajféleség.

11. ábra: Hegymeg és Hétszőlő dűlők ülepített talajsuszpenziói (Forrás: saját kép)



A két talajból készült helyszíni gyúrópróba (12. ábra) is igazolta, hogy a Hegymeg talaja homokos fizikai talajféleségű. Hurka formázható belőle, de hajlítva erősen töredezett, kenve érezhető kőmorzsalékok, riolittufa darabok voltak benne (hurka mellett a képen) és durvább, többféle szemcséjű összetevőkből állt. A Hétszőlő mintája hajlításra kevésbé töredezett, a szemcseméret egyenletes volt, de kevésbé kenhető vályog.

12. ábra: Gyúrópróba- Hegymeg és Hétszőlő (Forrás: saját kép)



5.4. Talajvizsgálati eredmények

A 2. és 3. táblázat foglalják össze a fontosabb talajvizsgálati eredményeket.

2. táblázat: Talajvizsgálati adatok Tokaj- Hétszőlő dűlő (Szabó és mtsai., 2001)

Szint mélység cm	Arany -féle kötöttség	pH _(KCl)	CaCO ₃ %	Humusz %
0-20	44	8,2	1,6	0,67
20-40	43	8,1	1,1	0,70
40-60	39	8,1	1,2	0,36

3. táblázat: Talajvizsgálati adatok Hegymeg dűlő (Leviczkyné, 2016)

Paraméter	0-30 cm	30-60 cm
Arany-féle kötöttség	36	32
pH _(KCl)	5,15	5,42
mész tartalom%	<0,1	<0,1
humusz%	1,63	1,3
hidrolitos aciditás	8,77	5,58

Az Arany-féle kötöttségi szám azon alapszik, hogy a légszáraz talaj vízfelvevő képessége arányosan nő a finom részecskék mennyiségével. Homoktalajoknál és nagy szervesanyag-tartalmú talajoknál (láptalajok) a kötöttségi szám nem ad megfelelő értéket. Tehát elsősorban a textúrával összefüggő paraméter, s nem ad közvetlen információt talaj szabadföldi kötöttségéről. Az $A_K = 43-44$ érték a Hétszőlő dűlőben, ami vályog fizikai talajféleséget jelez. A Hegymeg dűlő A_K értéke 36, mélyebb rétegben 32 ez homokos vályog fizikai talajféleség. A pontosabb meghatározáshoz célszerű lenne ismerni a leiszapolható részt és a higroszkóposzást is. Az ülepített talajszuszpenziók ugyanezeket fizikai talajféleség eredményeket mutatták.

A Hétszőlő dűlő gyengén lúgos, a Hegymeg savanyú pH-jú. A humusz% mindkét területen igen alacsony. Egyik talaj sem meszes, ezért nem más sók felvétele nem akadályozott.

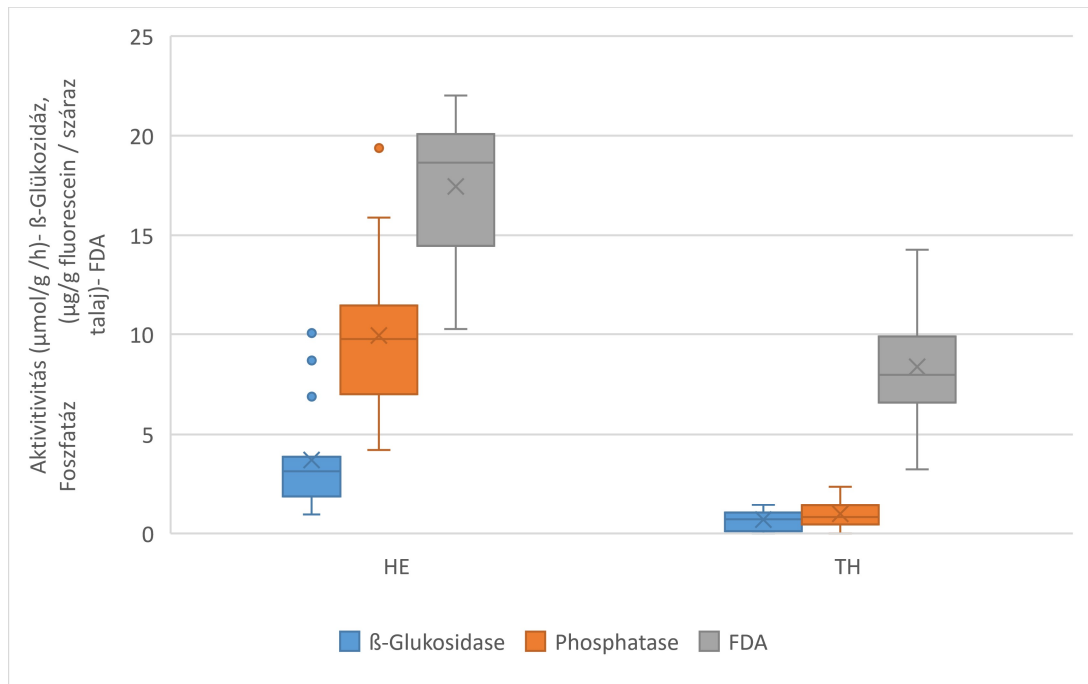
5.5. Talajenzim aktivitás

A 13. ábra szemlélteti a mért β -glükózidáz, foszfatáz és FDA enzimek aktivitását. Szembetűnő, hogy mindhárom mért enzimaktivitás a Hétszőlőben alacsonyabb értékeket mutat. Összességében gyengébb talajéletre valamint magasabb felvehető foszfor tartalomra enged következtetni.

Ismerve, hogy a β -glükózidáz a talajban lévő szerves anyagok lebontásáért felelős celluláz enzim komplex részét képezi. A β -glükózidázok a cellobiózt és a rövidláncú celooligoszacharidokat glükózzá hidrolizálják, a cellulózra azonban nincsenek hatással. Alacsony értéke arra enged következtetni, hogy a talajokban, mindkét termőhelyen kevés szerves anyag található a talajban. Ugyanakkor a glükózidáz enzimre jellemző, hogy érzékenyen reagál a talaj nedvesség tartalomra, vagy a talaj bolygatásra (pl. művelésmód), ezért ennek indikátora is lehet, amelyet az alacsony értékei mutatnak.

Az intenzívebb foszfatáz aktivitás a Hegymeg dűlőben arra enged következtetni, hogy a riolit mállása során keletkező zeolit nagy ion-csere kapacitással rendelkezik. Ez a vázrácsos szilikát szerkezeti felépítés megkönnyíti az ionok, pl a foszfátionok ki- és belépését (Stefanovics és mtsai., 1999). A magasabb humusztartalom a humáthatás miatt hathat a foszfatáz enzim aktivitására, de véleményem szerint ehhez nem elég magas a humusztartalom (Humusz%: 1,63). Az alacsony $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ azonban a potenciális savanyúságra hívja fel a figyelmet. Az alacsony pH mellett a foszfátionok megkötődnek. A pH csökkenés segíthet oldható formába jutni a talaj kolloidokhoz kötött foszfort, elősegítve a felvehető állapotba jutást. Maga az enzim működésére jellemző, hogy akkor kezdik termelni a mikrobák (és a növényi gyökerek is), ha a felvehető foszfor mennyisége elkezd csökkenni a talajban. Később, ahogy emelkedik a felvehető foszfor szint a talajban, ez gátló hatással van az enzimtermelésre.

13. ábra: β -glükózidáz-, foszfátáz és FDA enzim aktivitás a Hétszőlő - és a Hegymeg dűlő talajában (Forrás: saját adatfeldolgozás)



6. Következtetések, javaslatok

A terroir összetett fogalmából, amely az egyedi fizikai és biológiai környezet kölcsönhatásait és szőlészeti gyakorlatokat ötvözi, egy kis szegmensbe nyerhetünk betekintést az általam vizsgált két dűlő alapján.

A Hegymeg és a Hétszőlő dűlő különbözik a talajképző kőzetben, a rajta kialakult talajban, az ültetvények tájolása is különböző irányú. A Hegymegen az átlag léghőmérséklet -5 év adatai alapján - 1,04°C-kal alacsonyabb, mint a Hétszőlő dűlőben. Csapadékmennyiségben nem mutatott különbségeket, de a Hegymegen jégeső előfordulhat.

Ezek az adatok előre jelzik, hogy a két termőhely feltehetően különböző jellegű borokat fog eredményezni. Mindkét dűlőben Furmint a telepített szőlőfajta. A Hétszőlő melegebb, löszön kialakult vályog talaja jobban kedvez az elegáns savszerkezetű, jól érlelhető borok készítésének. A Hegymeg Furmintja a „hidegebb”, ÉK-i fekvésű riolittufa morzsalékos homokos vályogon könnyebb, savasabb borokhoz alkalmas terroir. A borászati cél ezen a területen pezsgő alapanyag előállítására, aminek feltétele a megőrzött savszerkezet.

Az talajenzim aktivitások mutattak különbségeket, de nem egyértelmű, hogy ez a termőhely adottságaiból adódik vagy akár más tulajdonságok okozták. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy összefüggéseket keressünk a terroirt befolyásoló tényezők és a talaj enzimaktivitása között és akár számszerűsítsük a talajélet és hatásának erősségét a terroir-ra. Csupán feltételezés, hogy a riolitos talaj foszfor szolgáltató képessége nagyobb, és a foszfatáz enzim aktivitása ennek megfelelően gyenge. Csupán feltételezés az is, hogy nem áll rendelkezésre elég szerves anyag, ami indukálná a magasabb β -glükozidáz és az FDA termelődését. Javasolt lenne az enzimmérésekhez kapcsolni szerves anyag tartalom és NPK vizsgálatot az ismétlésekből. A szerves anyagban belül is érdekes lehet, hogy mennyi labilis és mennyi összszén áll rendelkezésre, valamint ezek mennyisége és aránya mutat-e összefüggést az enzimek aktivitásával. A mérések egy pillanatnyi állapotot tükröznek, ezért javaslom egy hosszabb időszakra kiterjedő, rendszeres mintavételi terv kialakítását, hogy pontosabb következtetéseket lehessen levonni a talaj tulajdonságairól és enzimaktivitásról.

Az enzimaktivitás vizsgálatokat 0-10 cm-es mélységben vett mintákból végeztem. A szőlő gyökérrendszerének jelentős része 20-50 cm közötti mélységben található. Ebben a talajmélységben javaslom további enzimvizsgálatokat.

A fizikai talajféleség helyszíni illetve egyszerű módszerrel történő vizsgálata és az Arany-féle kötöttségi száma alapján az eredmény visszaigazolása megerősített abban, hogy a helyszíni terepbejárás alkalmával egy maréknyi földet kézbe fogva is sok információt kaphatunk a talajról.

A lejtők meredeksége és iránya fontos földrajzi tényezők, amelyek szőlészeti szempontból a sorok elhelyezése miatt lényegesek. A két vizsgált termőhelyen lejtő irányú sorok találhatók. Az intenzív csapadékesemények alkalmával óránként több, mint 10 mm eső hullik. Az 1. táblázatból leolvasható, hogy minden évben és mindkét dűlőben előfordultak ilyen esőzések. Ilyenkor fennáll az erózió veszélye, amelynek mértéke a talaj tulajdonságaitól, állapotától és a művelésmódtól is függ. Ezeken a területeken a művelésmód megválasztásával az erózióvédelemre kell törekedni.

7. Összefoglalás

A terroir egy összetett fogalom a szőlőtermesztés és a borászat világában, amely magába foglalja a földrajzi helyet, a talajt, az egyedi fizikai és biológiai környezetet, valamint a helyi szőlészeti és borászati gyakorlatokat. A terroir az ember által létrehozott ökoszisztéma, ahol a szőlő a talajjal és az éghajlattal kölcsönhatásban van, hangsúlyozza a termelési környezet sajátosságainak megértésének fontosságát a minőségi bortermelés szempontjából. A szőlőültetvények változékonyságát és a szőlő összetételét irányító folyamatok mélyebb megértése a terroir-kutatás egyik legfontosabb tudományos fókusza.

Céлом két Tokaj-Hegyaljai dűlő, a tokaji Nagy-Kopaszon lévő Hétszőlő és a Mádi-medencéhez tartozó Hegymeg dűlők tulajdonságainak vizsgálatával bemutatni a terroir fogalmának egy szegmensét és összehasonlításukkal megvilágítani a terroir értelmét. A termőhelyek 5 éves meteorológiai adatait dolgoztam fel, földtani eredetüket kutattam, a talajok fizikai féleségének határoztam meg, valamint β -glükózidáz-, foszfatáz- és FDA talajenzimeket mértem. Általános talajtani mérési eredményeket közöltem. Elsősorban a talajjal kapcsolatos tényezők feltárása volt a cél a két terroir elemzésével.

A Hegymeg dűlőben rioliton és riolittufán kialakult homokos vályog talajú található, melynek sorai ÉD lejtőirányúak. Jó vízgazdálkodású talaj. Az átlag léghőmérséklet -5 év adatai alapján- 1,04°C-kal alacsonyabb, mint a Hétszőlő dűlőben. Csapadékmennyiségben nem mutatott különbségeket, jégeső fordulhat elő. A savanyú talaj mégis nagyobb enzimaktivitást mutatott mindhárom mért enzim esetében.

A Hétszőlő dűlő bár piroxéndácit alapkőzetet rejt a mélyben, mégis a miocén korú szállított lösz a talajképző kőzet. A déli kitettséggű termőhely melegebb, és védettebb a jégesőktől. A fizikai talajtulajdonságok vizsgálatánál kiderült, hogy tartalmaz agyagos részt, ami többlet víz hatására alakulhatott ki. Jó vízgazdálkodású és tápanyagszolgáltató képességű terület.

Bár a talajenzim aktivitások mutattak különbségeket, nem egyértelmű, hogy ez a termőhely adottságaiból adódnak-e. További vizsgálatok szükségesek az összefüggések feltárásához és a talajélet hatásának méréséhez.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a két vizsgált dűlő terroir-ja egyedi sajátosságokkal rendelkezik, amelyek hatással lehetnek az onnan készült borok jellegére és minőségére. További kutatásokra van szükség az összefüggések mélyebb feltárásához, az optimális termőhelyre szabott termesztési technológiák meghatározásához.

Ábrák jegyzéke

1. ábra: A szőlőt kolonizáló mikrobiális funkcionális csoportok, ökológiai kölcsönhatások és mikrobiális folyamatok (Forrás: Fournier és mtsai., 2022)	15
2. ábra: Rizling szőlőfajta íz alaptipikussága Reingau különböző temőhelyein (Forrás: Böhm és mtsai., 2022).....	18
3. ábra: A mintavételi területek a Hétszőlő és a Hegymeg dűlőben	21
4. ábra:A β -glükozidáz és foszfatáz enzim aktivitás mérési módszere (Forrás: saját ábrázolás)	24
5. ábra: Az FDA enzim aktivitás mérési módszere(Forrás: saját ábrázolás)	24
6. ábra: Hétszőlő (TH) és Hegymeg (He) dűlők évi átlagos léghőmérséklete (2019-2023) (Forrás: Saját adatfeldolgozás)	25
7. ábra: Hétszőlő (TH) és Hegymeg (He) dűlők évi átlagos csapadékmennyisége (2019-2023) (Forrás: Saját adatfeldolgozás)	25
8. ábra: A Tokaji-hegység szerkezeti- vulkanotektonikai vázlat részlete (Forrás: Gyarmati, 1977)	27
9. ábra:A Tokaji-hegység földtani térképének részlete (Forrás: Gyarmati, 1977)	27
10. ábra: Földtani szelvény a tokaji Nagy-Kopaszon át (Forrás: Gyarmati, 1977).....	28
11. ábra: Hegymeg és Hétszőlő dűlők ülepített talajszuszpenziói (Forrás: saját kép)	29
12. ábra: Gyórópróba- Hegymeg és Hétszőlő (Forrás: saját kép).....	29
13. ábra: β -glükozidáz-, foszfatáz és FDA enzim aktivitás a Hétszőlő - és a Hegymeg dűlő talajában (Forrás: saját adatfeldolgozás)	32

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat:Csapadékmennyiségek a nagy intenzitású csapadékesemények vagy a jégesős hónapokban (2019-2023) (Forrás: Saját adatfeldolgozás).....	26
2. táblázat: Talajvizsgálati adatok Tokaj- Hétszőlő dűlő (Szabó és mtsai., 2001).....	30
3. táblázat: Talajvizsgálati adatok Hegymeg dűlő (Leviczkyné, 2016).....	30

Irodalomjegyzék

- Adetunji, A. T., Lewu, F. B., Mulidzi, R., & Ncube, B. (2017). The biological activities of β -glucosidase, phosphatase and urease as soil quality indicators: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(3), 794–807. Scopus.
<https://doi.org/10.4067/S0718-95162017000300018>
- Bodin, F., & Morlat, R. (2006). Characterization of Viticultural Terroirs using a Simple Field Model Based on Soil Depth I. Validation of the Water Supply Regime, Phenology and Vine Vigour, in the Anjou Vineyard (France). *Plant and Soil*, 281(1), 37–54.
<https://doi.org/10.1007/s11104-005-3768-0>
- Bonfante, A., & Brillante, L. (2022). Terroir analysis and its complexity: This article is published in cooperation with Terclim 2022 (XIVth International Terroir Congress and 2nd ClimWine Symposium), 3-8 July 2022, Bordeaux, France. *OENO One*, 56(2), Article 2. <https://doi.org/10.20870/oenone.2022.56.2.5448>
- Boros László: *Pinczés Zoltán, a Zempléni-hegység kutatója – Zempléni Múzsa*. (é. n.). Elérés 2024. április 27., forrás <https://zemplenimuzsa.hu/szemle/boros-laszlo-pinczes-zoltan-a-zempleni-hegyseg-kutatoja/>
- Böhm, P., Friedrich, K., Lügger, K., & Sabel, K.-J. (2022). *Die Weinbergsböden von Hessen*. Umwelt und Geologie Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 7, 2. überarbeitete Ausgabe, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Wiesbaden
- Deloire, A., Vaudour, E., Carey, V. A., Bonnardot, V., & Leeuwen, C. van. (2005). Grapevine responses to terroir: A global approach. *OENO One*, 39(4), Article 4.
<https://doi.org/10.20870/oenone.2005.39.4.888>
- Eivazi, F., & Tabatabai, M. A. (1977). Phosphatases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 9(3), 167–172. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(77\)90070-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(77)90070-0)

- Fournier, P., Pellan, L., Barroso-Bergadà, D., Bohan, D. A., Candresse, T., Delmotte, F., Dufour, M.-C., Lauvergeat, V., Le Marrec, C., Marais, A., Martins, G., Masneuf-Pomarède, I., Rey, P., Sherman, D., This, P., Frioux, C., Labarthe, S., & Vacher, C. (2022). Chapter Two—The functional microbiome of grapevine throughout plant evolutionary history and lifetime. In D. A. Bohan & A. Dumbrell (Szerk.), *Advances in Ecological Research* (Köt. 67, o. 27–99). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2022.09.001>
- Gyarmati, P. (1977). *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve A Tokaji-Hegység intermedier vulkanizmusa: Köt. LVIII*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Harianti, M., Junaidi, J., Emalinda, O., Herviyanti, H., Yasin, S., & Naspendra, Z. (2023). *Correlation of β -glucosidase activity and soil physicochemical properties in monoculture and agroforestry land in Talang Mount, Solok*. 2730. Scopus.
<https://doi.org/10.1063/5.0128570>
- Jones, G. (é. n.). *Climate, Grapes, and Wine*. Elérés 2024. április 29., forrás
https://www.guildsomm.com/public_content/features/articles/b/gregory_jones/posts/climate-grapes-and-wine
- Kotroczó, Z., Veres, Z., Fekete, I., Krakomperger, Z., Tóth, J. A., Lajtha, K., & Tóthmérész, B. (2014). Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. *Soil Biology and Biochemistry*, 70, 237–243.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.028>
- Kovács, B., Andreolli, M., Lampis, S., Biró, B., & Kotroczó, Z. (2024). Bacterial Community Structure Responds to Soil Management in the Rhizosphere of Vine Grape Vineyards. *Biology*, 13(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/biology13040254>

- 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), Article 11. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110534>
- Lanyon, D., Cass, A., & Hansen, D. (2004). *The effect of soil properties on vine performance*.
- Leal, C. M., Geiger, A., Molnár, A., Váczy, K. Z., Kgobe, G., Zsófi, Z., & Geml, J. (2024). Disentangling the effects of terroir, season, and vintage on the grapevine fungal pathobiome. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2023.1322559>
- Leeuwen, C. van, Barbe, J.-C., Darriet, P., Destrac-Irvine, A., Gowdy, M., Lytra, G., Marchal, A., Marchand, S., Plantevin, M., Poitou, X., Pons, A., & Thibon, C. (2022). Aromatic maturity is a cornerstone of terroir expression in red wine: This article is published in cooperation with Terclim 2022 (XIVth International Terroir Congress and 2nd ClimWine Symposium), 3-8 July 2022, Bordeaux, France. *OENO One*, 56(2), Article 2. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.2.5441>
- Leeuwen, C. van, Friant, P., Choné, X., Tregoat, O., Koundouras, S., & Dubourdieu, D. (2004). Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55(3), 207–217. <https://doi.org/10.5344/ajev.2004.55.3.207>
- Leviczkyné, D. M. (2016). *Talajvédelmi terv 586/2016*. Agromechanika Kkt.
- Pereyra, G., Pellegrino, A., Ferrer, M., & Gaudin, R. (2023). How soil and climate variability within a vineyard can affect the heterogeneity of grapevine vigour and production. *OENO One*, 57(3), Article 3. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.3.7498>
- Plantevin, M., Gowdy, M., Destrac-Irvine, A., Marguerit, E., Gambetta, G. A., & Leeuwen, C. van. (2022). Using $\delta^{13}\text{C}$ and hydroscares for discriminating cultivar specific drought responses: This article is published in cooperation with Terclim 2022 (XIVth

- International Terroir Congress and 2nd ClimWine Symposium), 3-8 July 2022, Bordeaux, France. *OENO One*, 56(2), Article 2. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.2.5434>
- Pomerol, C. (1989). *The wines and winelands of France. Geological journeys*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122439/records/6471f8bf2a40512c710f100c>
- Prosser, J. A., Speir, T. W., & Stott, D. E. (2015). Soil oxidoreductases and FDA hydrolysis. In *Methods of Soil Enzymology* (o. 103–124). Scopus. <https://doi.org/10.2136/sssabookser9.c6>
- Schultz, H. (2022). Soil, vine, climate change; the challenge of predicting soil carbon changes and greenhouse gas emissions in vineyards and is the 4 per 1000 goal realistic? This article is published in cooperation with Terclim 2022 (XIVth International Terroir Congress and 2nd ClimWine Symposium), 3-8 July 2022, Bordeaux, France. *OENO One*, 56(2), Article 2. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.2.5447>
- Seguin, G. (1969). L'alimentation en eau de la vigne dans des sols du Haut-Médoc. *OENO One*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.1969.3.2.1949>
- Seguin, G. (1986). 'Terroirs' and pedology of wine growing. *Experientia*, 42(8), 861–873. <https://doi.org/10.1007/BF01941763>
- Sinsabaugh, R. L., Klug, M. J., Collins, H. P., Yeager, P. E., & Petersen, S. O. (1999). Characterizing Soil Microbial Communities. In G. P. Robertson, D. C. Coleman, C. S. Bledsoe, & P. Sollins (Szerk.), *Standard Soil Methods for Long-Term Ecological Research* (o. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195120837.003.0016>
- Stefanovics, P., Filep, G., & Füleky, G. (é. n.). *Talajtan* (1999. kiad.). Mezőgazda Kiadó.

- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. (2016). THE ANTHROPOCENE: ARE HUMANS NOW OVERWHELMING THE GREAT FORCES OF NATURE? In *THE ANTHROPOCENE: ARE HUMANS NOW OVERWHELMING THE GREAT FORCES OF NATURE?* (o. 440–459). University of California Press. <https://doi.org/10.1525/9780520964297-051>
- Szabó L., Gretzmacher R., T Surányi K., & Balogh I. (2001). *A tápanyaggazdálkodás néhány talajföldrajzi szempontja Tokaj-hegyalja térségében*. Földrajzi Konferencia, Szeged. <https://geography.hu/mfk2001/cikkek/SzaboGretzmacherTSuranyiBalogh.pdf>
- Turner, B. L., Hopkins, D. W., Haygarth, P. M., & Ostle, N. (2002). β -Glucosidase activity in pasture soils. *Applied Soil Ecology*, 20(2), 157–162. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00020-3)
- van Leeuwen, C., Roby, J. P., & de Resseguier, L. (2018). Soil-related terroir factors: A review. *OENO One*, 52(2), 173–188. <https://doi.org/10.20870/oenone.2018.52.2.2208>
- Van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/09571260600633135>
- Varma, A., & Oelmüller, R. (2007). *Advanced Techniques in Soil Microbiology*. Springer Science & Business Media.
- White, R. E., Balachandra, L., Edis, R., & Chen, D. (2007). The soil component of terroir. *OENO One*, 41(1), Article 1. <https://doi.org/10.20870/oenone.2007.41.1.860>

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Márkus Mónika
A Hallgató Neptun kódja: D8CH94
A dolgozat címe: A tokaji terroir bemutatása termőhelyek talajvizsgálatainak összehasonlításával
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Környezetudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agrárkörnyezettani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024. április 28.



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Márkus Mónika (név) (hallgató Neptun azonosítója: D8CH94) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / **nem javaslom**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest év április hó 20 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.