

**Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei**

**TALAJTANI TÉNYEZŐK 'TERROIR'-OKRA GYAKOROLT  
HATÁSAINAK VIZSGÁLATA AZ EGRI BORVIDÉKEN**

**PhD thesis**

**EFFECT OF SOIL FACTORS ON "TERROIRS" AN EXAMPLE  
FROM THE EGER WINE REGION**

Nagy Richárd

Témavezetők: Dr. Kerényi Attila, Dr. Bálo Borbála



**DEBRECENI EGYETEM**  
Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2014

## BEVEZETÉS

A termőhelyi kutatások terén a minőségi borkészítés jegyében az utóbbi évtizedekben világszerte jelentős előrelépés történt. Egyre nagyobb szerepet kap a borok egyedi jellege, amelynek kialakulásában a földrajzi tényezők meghatározó szerepet játszanak. Fokozatosan felértékelődnek az egyedi borkaraktert adó területek (ún. terroir-ok), azok vizsgálata. Az OIV (Office International de la Vigne et du Vin – Nemzetközi Szőlészeti és Borászati Hivatal) 2010-ben 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.”* (www.oiv.int). A hazai terroir-kutatás jelentős lépéshátrányban van a világ vezető bortermelő országaihoz képest. Fontosságát egyre több szőlész, borász és kutatóhely ismeri fel, akik igyekeznek kiválasztani a legjobb, legkülönlegesebb dűlőket, majd annak adottságaihoz illő fajtaválasztással és művelésmóddal a legjobb minőségű szőlőt leszüretelni.

A terroir legfontosabb eleme a termőhely, amelyet a természeti tényezők és az azok közötti kölcsönhatások határoznak meg. A termőhelyi tényezők közül a talaj kiemelt szerepet tölt be, amely a földtani közeg, a domborzat, az élővilág valamint a klíma interakciójából jön létre, és amelyre az emberi tényező is egyre komolyabb hatást fejt ki. Ezáltal a talajtani tulajdonságok az emberi tevékenységet is tükrözik. Nemzetközi szinten számos kutatás irányult a mikro- és makroelemek talaj-növény-bor rendszerben történő transzportjának vizsgálatára. A talaj ásványos összetétele meghatározza az adott termőhely minőségét, azonban az csupán megfelelő csapadékmennyiség és a talaj kedvező vízgazdálkodási tulajdonságai mellett képes kifejeződni a szőlő és a bor minőségében.

Az Egri borvidék borait gyakran illetik a 'vulkáni talajon termett tüzes' jelzővel. A borvidék talajtani szempontból sokkal változatosabb annál, mintsem hogy egyetlen kiragadott példával általánosítani lehessen. A Tarna-völgy alluviális üledékein, az Eged-hegy mészkövén, valamint az Egri-Bükkalja miocén vulkáni tufái alól kibukkanó oligocén homokrétegeken kialakult talajok jelentősen hozzájárulnak a borvidék változatosságához és egyedi arculatához. Ezt az egyediséget azonban egyre nagyobb mértékben veszélyeztetik az intenzív művelés következtében fellépő degradációs folyamatok. Mindezek miatt a borvidék kiválóan alkalmas termőhelyi kutatásokra, ezért választottam kutatásaim tárgyául. A fent említett változatosságnak a bogyók mikro- és mikroelem összetételére gyakorolt hatásának feltárására, illetve a talaj degradációjának a szőlő életteni folyamataiban előidézett változások igazolására a borvidék területén 12 db mintaterületet választottam.

## CÉLKITŰZÉSEK

Vizsgálataim célja, hogy reprezentatív mintaterületeken vizsgáljam a talajnak, mint termőhelyi tényezőnek a termőhely minőségére, illetve a szőlőre gyakorolt hatásait. Ennek érdekében a talajtani vizsgálatok mellett a szőlőbogyók mikro- és makroelem-tartalmának vizsgálatával egészítettem ki, valamint összefüggés-vizsgálatokat végeztem a Károly Róbert Főiskola egri Szőlészeti és Borászati Kutatóintézete által végzett növényélettani vizsgálatok eredményei és a saját mérési eredményeim között.

Áttekintettem a szakirodalmi forrásokat, amelyek szerint a termőhelyek jellemzésére a talajok textúrája és tápanyagellátottsága bizonyult a két legfontosabb tényezőnek. Számos kutatás irányult a makro- és mikroelemek talaj-növény-bor rendszerben történő transzportjának vizsgálatára. A talaj ásványos összetétele meghatározza az adott termőhely minőségét, amely megfelelő csapadékmennyiség és a talaj kedvező vízgazdálkodási tulajdonságai mellett képes kifejeződni a szőlő és a bor minőségében. A tápanyagok felvehetőségét a talajban uralkodó geokémiai viszonyok határozzák meg, míg a felvett tápanyagok mennyiségét elsősorban az évszám, a termőhely és az alkalmazott alany, illetve az arra oltott nemes befolyásolja.

A talajtani tényezők szerepének feltárása céljából megvizsgáltam a mintaterületek földtani háttérét, a talajok textúráját, kémhatását,  $\text{CaCO}_3$ -tartalmát, humusztartalmát és annak minőségét. Ezt követően került sor a talaj összes és felvehető makro- és mikroelem-ellátottságának elemzésére.

A talaj mellett elvégzem az egyes mintaterületekről származó bogyóminták elemtartalmának vizsgálatát, majd különböző statisztikai módszerekkel kerestem az összefüggést az egyes talajtulajdonságokkal.

Külön vizsgáltam az eltérő textúrájú és vízgazdálkodású, ennél fogva eltérő vízellátottságú talajoknak a szőlő élettani folyamataira gyakorolt hatásait.

Dolgozatomban bemutatom a talajtani tényezőknek a szőlő elemfelvételére gyakorolt hatásait, amely során az alábbi kérdésekre keresem a választ:

1. Milyen, a tápelemfelvételt meghatározó talajtani heterogenitással rendelkeznek a vizsgált termőhelyek?
2. Milyen a talajkémiai tulajdonságok térbeli heterogenitása, hogyan változik a talajok makro- és mikroelem-ellátottsága, azok felvehetősége?
3. Kategorizálhatóak-e az egyes termőhelyek azok talajtani adottságai alapján?
4. Hogyan változik a bogyók elemtartalma két egymást követő, de ellentétes időjárású év függvényében?
5. A termőhelyi tényezők közül melyik van a legnagyobb hatással a bogyók mikro- és makroelem-felvételére?
6. Milyen hatásai vannak a szőlőművelés során végbemenő talajerózióknak a talajra és a szőlő élettani folyamataira?

E vizsgálatok által tudományos információkat, adatokat szeretnék nyújtani a bortermelők számára, akiknek már a termőhely megválasztása során lehetőségük nyílna a szőlő optimális tápanyag-ellátásának biztosítására, ezáltal a bor ideális beltartalmi értékeinek javítására.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálataimhoz az Egri borvidéken belül 12 db termőhely (a Kőlyuk-tető, Nagy-galagonyás, Sík-hegy, Vidra, Juhszalagos, Szerűhely, Tó-bérc, Nagy-Eged alsó, Nagy-Eged felső, Szent Donát, Rózsás, Szőlőhát dűlőkön belül) került kijelölésre.

A kutatás során terepi, laboratóriumi, geoinformatikai , illetve statisztikai módszereket alkalmaztam.

### *Terepi módszerek*

- A talajtani alapvizsgálatokhoz, szedimentológiai és elemtartalom-mérésekhez, valamint a TG, DTG, DTA vizsgálatokhoz egységes talajminta-vételezési módszert alkalmaztam. Ennek során mind a 12 termőhely esetében 180 cm-es mélységig 30 cm-enként a talaj összetételétől függően szelvényásással, illetve Eijklkamp mintavető segítségével vettem átlagmintát. A minták átlagolásához mintaterületenként három-három pontban begyűjtött talajmintát használtam. Minden egyes mintavételi pont helyét és magasságát GPS-el rögzítettem.
- A mintaterületekről a növényi mintákat (bogyókat) az érési időszakban, közvetlenül a szüretet megelőző napokban gyűjtöttem be. A mintavételezés során a „véletlenszerű bolyongás” módszerét (random walk method) alkalmaztam.
- A Károly Róbert Főiskola egri Szőlészeti és Borászati Kutatóintézete által végzett szőlőéletteni vizsgálatok: Smart-féle lombfelvételezés, gázcsere-mérés (CIRAS-1 típusú infravörös gázanalizátorral).

### *Laboratóriumi módszerek*

- Talaj pH (H<sub>2</sub>O, KCl) meghatározása (MSZ-08-0206/2-78 szabvány alapján).
- Szénsavas mésztartalom meghatározása Scheibler-féle kalciméterrel (MSZ-08-0206/2-78 szabvány alapján).
- Humuszmenyiség meghatározása Tyurin-féle módszerrel (MSZ-08-0452-80 szabvány alapján).
- Humuszminőség meghatározása NaF és NaOH kioldással nyert oldatból fotometrállás által.
- Szedimentológiai vizsgálatok esetében a 0,2 mm fölötti frakció szemcseösszetételét száraz szitálással, míg a 0,2 mm alatti frakcióét Köhn-féle iszapoló készülékkel határoztuk meg (MSZ-08-0205-78 szabvány alapján).
- „Összes” elemtartalom kioldása (talaj és bogyómintákból) 5 ml cc. HNO<sub>3</sub> + 2 ml cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oldat segítségével (MSZ 21470-50:1998 szabvány alapján).
- „Felvehető elemtartalom meghatározása Lakanen-Erviö kivonattal (MSZ 21470-50:1998 szabványalapján).

- A talajok ásványos összetételének meghatározása DTA, TG, DTG mérésekkel MOM Derivatograph-C típusú műszerrel.
- Talajok és bogyók elemtartalmának meghatározása ICP-OES készülékkel. *(A méréseket a KVI-PLUSZ Környezetvédelmi Vizsgáló Iroda Kft. végezte.)*

#### *Geoinformatikai módszerek*

- A mintaterületek földtani adottságainak szemléltetéséhez a MÁFI által készített (M=1:100.000) földtani térképet, valamint az ArcGIS 10.0 szoftvert használtam.

#### *Statisztikai módszerek*

- A kapott nagyszámú adat feldolgozását Microsoft Excel programmal, míg azok statisztikai kiértékelését az SPSS, valamint Past statisztikai szoftverekkel végeztem.
- A mikro- és makroelem-ellátottság statisztikai vizsgálatához a boxplot módszert használtam.
- Spearman-féle rangkorrelációs vizsgálattal a talaj felvehető elemtartalma, valamint a csapadék éven belüli megoszlása és a bogyók elemennyisége közötti kapcsolatot tártam fel.
- Mann-Whitney próbát alkalmaztam a 2010 és 2011-es évek bogyómintái közötti különbség statisztikai igazolására.
- A geológiai adottságok, a lejtőmeredekség, valamint a fajtának a bogyók mikro- és makroelem-összetételére gyakorolt hatásának vizsgálatához Kruskal-Wallis próbát végeztem, amelyhez Monte Carlo módszert alkalmaztam.
- A lejtőmeredekség változásának fémakkumulációra gyakorolt hatásainak vizsgálatát Jonckheer-Terpstra próbával végeztem.
- A termőhelyek talajtani alapú tipizálásához klaszter-analízist alkalmaztam.
- A növényéletteni eredmények kiértékelése Duncan-teszt alkalmazásával történt.

#### *Vizsgált szőlőfajták és alanyok*

- A vizsgált termőhelyek közül 9 esetében Kékfrankos, 3 területen Hárslevelű szőlőfajták vizsgálatára került sor.
- A termőhelyeken Berlandieri x Riparia T.5.C., illetve a Sík-hegyen Berlandieri x Riparia, T.K. 5 BB alanyt alkalmaztak.

## **EREDMÉNYEK**

### **1. Elemeztem a tápelem-ellátottságot meghatározó talajtani tényezőket, illetve azok térbeli heterogenitását a vizsgált termőhelyek esetében.**

A mintaterületek talajtani tulajdonságainak (textúra, pH, CaCO<sub>3</sub>- és humusztartalom, humuszminőség) vizsgálata alapján igazolódott az egyes mintaterületek közötti talajtani heterogenitás. Ezáltal sikerült rávilágítani a tápelem-ellátottságot meghatározó talajtani tényezők változékonyságára. E tényezők részben a talajok természetes változékonysága miatt, részben pedig az intenzív talajművelés (trágyázás, talajbolygatás, antropogén erózió) következtében mutatnak esetenként jelentős eltéréseket a vizsgált termőhelyek között.

A Nagy-Egeden végbemenő talajdegradációs folyamatok az alacsonyabb hegylábi területeken a finomfrakció felhalmozódását okozzák. A magasabb tengerszint feletti magasságban lévő ültetvény esetében a termőréteg elvékonyodása következtében nőtt a talaj CaCO<sub>3</sub>-tartalma, pH-ja, valamint a kavics-, illetve a homokfrakció mennyisége.

### **2. Feltártam a talajkémiai tulajdonságok térbeli heterogenitását, valamint a talajok makro- és mikroelem ellátottságát, azok felvehetőségét.**

Munkám során a talajok NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, valamint P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalmát és további 12 elem (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn) 'összes' és 'felvehető' mennyiségének térbeli heterogenitását vizsgáltam az egyes termőhelyek között, amelyek e tekintetben is nagyfokú változatosságot mutattak. Eredményeim igazolják az egyes elemekre vonatkozó talajkémiai törvényeket, de az ólom és a réz esetében azok mennyiségét az antropogén hatás is jelentősen befolyásolja.

Spearman-féle rangkorrelációs vizsgálatokat végeztem, amely során a vizsgált elemek mennyiségét a különböző talajtulajdonságokkal, valamint a többi elem mennyiségével hasonlítottam össze. Ennek során fény derült arra, hogy az adott elem mely talajkomponenseken, vagy mely fémek oxidjain adszorbeálódik, milyen egyéb elemekkel asszociálódik a talajban.

### **3. Mérések alapján meghatároztam az erős antropogén hatás (műtrágyák, permetszerek alkalmazása) alatt álló szőlőterületeken az egyes mikro- és makroelemek mobilitási sorrendjét, illetve a relatív felvehető elemtartalmat.**

Meghatároztam a kétféle kivonószerezellel extrahált elemek átlagos mennyiségét, relatív felvehető elemtartalmát, valamint az egyes elemeknek a teljes talajbeli mennyiségéhez viszonyított százalékban kifejezett felvehető mennyiségét. (1. táblázat). A vizsgált elemek mobilitási sorrendje az alábbiak szerint alakul: Fe < Al < Cr < K < Zn < Mg < Ni < Ba < Na < Pb < Mn < Cu. Az eredményeket elemezve azt tapasztaltam, hogy az erős antropogén hatás következtében az ólom (56,71 %) és a réz (77,93 %) felvehetőségének aránya kiemelkedően magas. Ennek oka, hogy ezek az elemek az emberi tevékenység hatására 'szennyezőkként' többletként adódtak hozzá a természetes biogeokémiai ciklusokhoz. A réz a

peszticidekből, az ólom pedig részben a peszticidekből (pl. ólomarzenát), részben a közlekedésből eredő szennyező anyagokból származik.

1. táblázat. A töménysavas roncsolással (cc. HNO<sub>3</sub>) és a Lakanen-Erviö kivonószerezrel feltárt (LE) talajminták átlagos elemtartalma mg/kg-ban, a relatív felvehető elemtartalom (RFE) és a felvehető mennyiség százalékban kifejezett értéke (RFEx100)

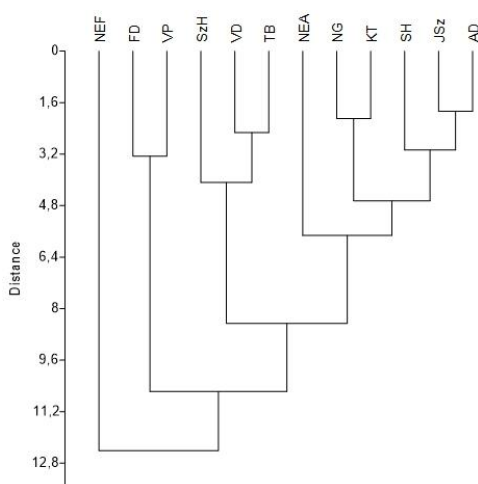
	Fe	Al	Cr	K	Zn	Mg	Ni	Ba	Na	Pb	Mn	Cu
cc.HNO <sub>3</sub>	18436.3	19261.8	18.2	2031.7	47.7	3478.8	24.1	145.3	136.7	22.6	662.9	9.7
LE	246.2	299.5	0.4	88.3	2.6	503.5	7.6	58.0	76.4	12.8	391.4	7.5
RFE	0.0134	0.0155	0.0216	0.0435	0.0536	0.1447	0.3148	0.3990	0.5589	0.5671	0.5904	0.7793
RFEx100	1.34	1.55	2.16	4.35	5.36	14.47	31.48	39.90	55.89	56.71	59.04	77.93

#### 4. Termőhelyi körzetesítést végeztem a talajtani alaptulajdonságok, a szemcseösszetétel, valamint a szőlő ásványi táplálkozásában kiemelt szerepet betöltő tápelemek mennyisége alapján, valamint ezek együttes figyelembevételével.

Klaszter-analízis alkalmazásával elvégeztem a vizsgált termőhelyek talajtani szempontú osztályozását. A tipizálás során külön-külön osztályoztam a termőhelyeket a talajtani alaptulajdonságok, a szemcseösszetétel, valamint a szőlő ásványi táplálkozásában kiemelt szerepet betöltő tápelemek (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe) mennyisége alapján. A fenti tényezők együttes figyelembevételével kísérletet tettem egy komplex talajtani alapú termőhely-osztályozásra is.

A komplex talajtani osztályozás alapján végzett klaszter-elemzés eredményeként a vizsgált termőhelyeket 4 termőhely-típusba sorolhatjuk (2. ábra):

1. klaszter / típus: Nagy-Eged felső
2. klaszter / típus: Feldebrő, Verpelét
3. klaszter / típus: Szerűhely, Vidra, Tóbérc
4. klaszter / típus: Nagy-Eged alsó, Nagy-galagonyás, Kőlyuk-tető, Sík-hegy, Juhszalagos, Aldebrő.



2. ábra. Klaszter-analízis eredményeként kapott hasonlóságok és azok hierarchia rendszere a termőhelyek vonatkozásában komplex talajtani szempontok alapján

Vizsgálataim alapján a termőhelyi körzetesítés során célszerű a komplex talajtani szempontok alapján elvégzett kategorizálást alapul venni, mivel a vizsgált tényezők együttesen határozzák meg a szőlő fejlődését és a szőlészeti tevékenységet.

**5. Mérésekkel és statisztikai módszerekkel igazoltam, hogy a *Vitis vinifera* mikro- és makroelem felvételében (megfelelő tápanyag-ellátottság esetén) a termőhelyi tényezők és az alkalmazott fajta szerepe alárendelt az évjáráthatással szemben.**

*Az évjárat hatásának vizsgálata*

A 12 vizsgált termőhely közül 9 területén kihelyezett automata meteorológiai állomások adatait használtam fel, így nagy pontossággal tudtam meghatározni a termőhelyek csapadékviszonyait. A két vizsgált év közül 2010-ben a csapadék mennyisége 2-3-szorosa volt a 2011-ben mért mennyiségnek.

Az évjárat hatását két egymást követő, de ellentétes időjárású évben (2010; 2011) vizsgáltam. Eredményeim igazolták, hogy a csapadékelletlenség jelentős mértékben befolyásolja a felvett elemek mennyiségét. Statisztikai vizsgálatok rámutattak arra, hogy a csapadékos évben (esetünkben 2010-ben) felértékelődik a termőhelyi hatás a bogyók szárazanyagra vonatkoztatott elemtartalmát illetően. Ugyanakkor nem sikerült szignifikáns kapcsolatot kimutatni az egyes elemek felvétele, illetve az éves, valamint a vegetációs és az érési időszakban lehullott csapadékmennyiség között. Ez arra enged következtetni, hogy a mikro- és makroelemek felvétele és akkumulációja szempontjából sokkal inkább meghatározó az adott év csapadékmennyisége, mint annak időbeli eloszlása.

*A termőhelyi hatás vizsgálata*

A termőhelyi hatás vonatkozásában megállapítható, hogy (megfelelő tápanyag-ellátottság esetén) a geológiai környezetnek, a domborzatnak és a talaj mikro- és makroelem-ellátottságának a bogyók elemtartalmára gyakorolt hatása alárendelt a klimatikus hatásokkal szemben. E hatás tápanyaghiány esetén a Liebig-féle minimumtörvény által lenne igazolható, de miután a vizsgált termőhelyeken egyik vizsgált elem esetében sem mutatkozik hiány, így nincs „felvételi korlátozás”.

*Az alkalmazott fajta hatásának vizsgálata*

A vizsgált szőlőfajták (Kékfrankos és Hárslevelű) mikro- és makroelem-felvételében nem sikerült szignifikáns különbséget igazolni, amely a két fajta hasonló ásványi táplálkozására, illetve az alany tápanyagfelvételben betöltött domináns szerepére vezethető vissza.

**6. Saját talajtani eredményeimet a Károly Róbert Főiskola egri Szőlészeti és Borászati Kutatóintézete által végzett növényélettani mérésekkel összevetve igazoltam a talajdegradációnak a talajra és a szőlő élettani folyamataira kifejtett hatásait.**

E kutatásokat a talajerózió által jelentős mértékben érintett Nagy-Eged-hegy területén végeztem.



#### *Az erózió talajtani hatásai*

A Nagy-Eged természetes talajviszonyai az antropogén erózió következtében lényegesen átalakultak. Ez az átalakulás a felső területeket hátrányosan érintette, ahonnan a talaj finomszemcsés komponensei, velük együtt az agyagásványok is nagyrészt erodálódtak. Ezzel a talaj elvesztette azon tápanyagainak nagy részét, melyek kicserélhető kationként megkötődtek. A csekély talajvastagság, a nagy mennyiségű kötőrmelék, valamint a vizet nagy mennyiségben megkötni képes montmorillonit hiánya miatt csak kevés csapadékvíz tud a talajban raktározódni, ezért az gyorsan kiszárad. Az akkumulációs területek esetében éppen ellentétes hatások érvényesülnek.

#### *Az erózió szőlőéletteni hatásai*

A talajtani változások a szőlő életteni folyamataira is hatással vannak. A Nagy-Eged felső részén termesztett Kékfrankos fajta erősebb szárazságstressznek van kitéve, mint a hegylábi területen fekvő. A növények csökkent gázcseréje (a transzspirációs ráta, valamint a szénasszimilációs képesség) főként az erózió okozta vízhiány következménye. A sztomatikus gátlásnak köszönhetően az enyhe és közepes vízhiányú területeken alacsonyabb transzspirációs ráta és asszimilációs képesség jellemző. A csökkenő szénasszimiláció szignifikáns hatással van a szőlő vegetatív növekedésére. A Smart-féle lombfelvételezés eredményei azt mutatják, hogy a hegy lábánál nagyobb volt a lombzat sűrűsége, mint a felső vizsgálati területen.

## INTRODUCTION

Significant improvements were achieved in production area research considering quality wine making in the last decades. Unique characteristics of wine become more important and in this geographical factors play a decisive role. Study of areas giving unique wine character (so called "terroirs") became important. According to the OIV (*International Organisation of Vine and Wine*) *'Vitivinicultural "terroir" is a concept which refers to an area in which collective knowledge of the interactions between the identifiable physical and biological environment and applied vitivinicultural practices develops, providing distinctive characteristics for the products originating from this area. "Terroir" includes specific soil, topography, climate, landscape characteristics and biodiversity features.'* ([www.oiv.int](http://www.oiv.int)). Hungarian terroir research is way behind the leading wine producing countries of the World. Its importance, however, is recognised by more-and-more wine-growers, viticulturists and research centres. They select the best and most unique areas and then try to produce the best quality grapes by selecting grape species and cultivation adjusted especially to the conditions of the farm.

Most important element of the terroir is the production area determined by the natural factors and their interactions. Regarding production area factors, soil has a special role as being the result of the interaction of the geology, the relief, the local biosphere and the climate influenced by human activities as well. Soil conditions reflect on human activity as well. At international level numerous research focused on the transport of micro- and macroelements within the soil–plant–wine system. Mineral composition of the soil determines the quality of the given production area, however, this quality appears in the quality of the grape and the wine if the amount of precipitation is appropriate and the soil has good water budget properties.

Wines of the Eger wine region are often characterised as 'fiery produced on volcanic soil'. The soils of the wine region are much more diverse than one sample could generally characterise it. Soils formed on the alluvial sediments of the Tarna valley, the limestone of the Eged Hill and on the Oligocene sand layers exposed from under the Miocene volcanic tuffs of the southwestern foreground of the Bükk contribute significantly to the diversity and unique character of the wine region. Degradation processes as a result of intense cultivation endanger this uniqueness increasingly. Considering the above, the wine region is an excellent area for production area research and that is why I have chosen it as the object of my study.

For studying the effects of the above mentioned diversity on the microelement composition of the grape and for verifying the changes of the physiological processes of grapes caused by soil degradation I have selected 12 study areas in the wine region.

## AIMS

The most important aim of the research is to study the effects of soil as a production area factor on the quality of the production area and the grape in representative study areas. In order to achieve this soil analyses were completed by the microelement and macroelement analyses of the grapes together with identifying correlations between the results of plant physiology studies made by the Károly Róbert College Research Institute for Viticulture and Oenology in Eger and those of my own measurements.

According to the analysed professional literature the texture and nutrition supply of soils are the two most important factors in characterising production areas. Numerous research considered studying the transport of macroelements and microelements in the soil–plant–wine system. The mineral composition of the soil determines the quality of the given production area and it may appear in the quality of the grapes and the wine of the amount of precipitation and the water budget of the soil are appropriate. The availability of nutrition in the soil for plants is determined by the geochemical conditions prevailing in the soil while the quantity of extracted nutrition is determined mainly by the vintage, the production area, the applied rootstock and the scion grafted on it.

In order to reveal the role of pedological factors I have studied the geological background of the study areas. Following this, the total macroelement and microelement supply of the soil was analysed. Apart from the soil I also studied the element content of the grapes taken from each study area and then I searched for correlations with soil properties applying various statistical methods.

Effects of soils with different texture and water budget, thus different water supply on the physiological processes of grape were studied separately.

The theses reveal the effects of soil properties on the element uptake of grape as I search answers to the questions below:

1. What is the pedological heterogeneity influencing nutrition uptake look like in the studied production areas?
2. What is the spatial heterogeneity of soil chemical properties look like, how does the pattern of macroelement and microelement supply of soils and their availability change?
3. Is it possible to categorize of the production areas based on their soil properties?
4. How does the element content of grape change in two years of completely different weather following each other?
5. Which production area factor has greatest effect on the macroelement and microelement uptake of grape.
6. What are the effects of soil erosion as a result of wine cultivation on the soil and on the physiology of grape?

Based on these studies, I would like to provide scientific information for wine makers who can have the chance of providing optimal nutrition supply for grapes at the time of selecting the production area. In this way, the nutrition content of the wine could be improved.

## MATERIAL AND METHODS

Within the Eger wine region 12 production areas were selected for my research (within the Kőlyuk-tető, Nagy-galagonyás, Sík-hill, Vidra, Juhszalagos, Szérűhely, Tó-bérc, Nagy-Eged lower, Nagy-Eged upper, Szent Donát, Rózsás, Szőlőhát areas).

Field, laboratory, geoinformatic and statistical methods were applied in the research.

### *Field methods*

- Uniform soil sampling method was applied for soil analyses, sedimentological and element content measurements and for TG, DTG, DTA analyses. Average samples were taken by 30cm down to a depth of 180cm in all of the 12 production sites from either soil profiles or using an Eijkelkamp sampler depending on the composition of the soil. The average samples were obtained from soil samples taken from three points in each of the study areas. Location and elevation of each sampling point were recorded using a GPS device.
- Plant samples (berries) from the study areas were taken in the ripening period a few days before harvesting. In the course of sampling the random walk method was applied.
- Grapevine ecophysiological investigations studies made by the Károly Róbert College – Research Institute of Viticulture and Oenology, Eger: canopy measurements were carried out using the point quadrat method according to Smart & Robinson), in situ gas-exchange parameters were measured by CIRAS-1 portable infrared gas analyser.

### *Laboratory methods*

- Determination of the pH of the soil (H<sub>2</sub>O, KCl) (based on the Hungarian standard MSZ-08-0206/2-78).
- Carbonate content determination using Scheibler calcimeter (based on Hungarian standard MSZ-08-0206/2-78).
- Determination of humus content using Tyurin method (based on Hungarian standard MSZ-08-0452-80).
- Determination of the quality of humus from a solution obtained by the dissolution of NaF and NaOH using the method of photometry.
- In the case of sedimentological investigations the grain-size distribution of the fraction above 0.2mm was determined by dry sieving while that of the fraction below 0.2mm was determined using Köhn's pipette (based on Hungarian standard MSZ-08-0205-78).
- Dissolution of the "total" element content (from soil and grape berry samples) using 5ml cc. HNO<sub>3</sub> + 2ml cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (based on Hungarian standard MSZ 21470-50:1998).
- Determination of the available element content by Lakanen-Erviö kivonat (based on Hungarian standard MSZ 21470-50:1998).

- Determination of the mineral composition of the soils by DTA, TG, DTG measurements applying a MOM Derivatograph-C type instrument.
- Determination of the element content of soils and grape berries using an ICP-OES device. (The measurements were carried out by the *KVI-PLUSZ Environmental Investigation Office Ltd.*)

#### *Geoinformatic methods*

- In order to visualize the geological conditions of the study areas the geological map (scale= 1:100000) published by the Geological Institute of Hungary (Geological and Geophysical Institute of Hungary today) and the software ArcGIS 10.0.

#### *Statistical methods*

- Processing of the high number of obtained data was carried out using the software Microsoft Excel while their statistical evaluation was carried out applying the SPSS and Past statistical softwares.
- Microelement and macroelement supply statistical measurements were made on the basis of the boxplot method.
- Applying Spearman's rank correlation the available element content of the soil and the relationship between the annual distribution of the precipitation and the element content of the grape berries was exposed.
- The Mann-Whitney test was applied to the statistical verification of the difference between the grape berry samples of 2010 and 2011.
- For studying the effects of the geological conditions, the slope conditions and the grape species on the microelement and macroelement composition of the berries the Kruskal-Wallis test was carried out based on the Monte Carlo method.
- For studying the effects of slope steepness on metal accumulation was studied using the Jonckheer-Terpstra test.
- Classification of the production areas based on the soil conditions was performed using cluster analysis.
- Evaluation of grapevine ecophysiological results was performed applying the Duncan test.

#### *Studied scions and rootstocks*

- Kékfrankos was studied in the case of 9 while Hárslevelű grape type was studied in the case of 3 studied production areas.
- Berlandieri x Riparia T.5.C. and on the Sík Hill Berlandieri x Riparia, T.K. 5 BB rootstocks were applied.

## RESULTS

### **1. I have analysed the soil properties determining nutrient supply and their spatial heterogeneity in the case of the studied production areas.**

Based on the soil properties (texture, pH, CaCO<sub>3</sub> and humus content, humus quality) of the study areas pedological differences between the study areas were proved. Thus the variability of the soil properties determining nutrient supply. These properties differ significantly in the studied production areas partly because of the natural variability of the soils and partly due to intense soil cultivation (manuring), soil disturbance, anthropogenic erosion.

Soil degradation processes on the Nagy-Eged cause the accumulation of fine fractions at lower pediment areas. In plantations at higher elevation the CaCO<sub>3</sub>, pH, quantity of gravel and sand fraction of the soil increases due to the thinning of the productive layer.

### **2. I exposed the spatial heterogeneity of soil chemical properties and the macroelement and microelement supply of the soils and their availability.**

I studied the NO<sub>3</sub> and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content of the soils together with the special heterogeneity of the 'total' and 'available' quantity of further 12 elements (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn) that showed great variability. My results prove the soil chemical rules applicable to the given elements, however, anthropogenic effects influenced significantly the quantity of lead and copper.

In the course of Spearman's rank correlation I compared the quantity of the studied elements with various soil properties and with the quantity of the rest of the elements. This revealed the soil components or the metal oxides on which the given element is absorbed and also the other elements with which the given element is associated in the soil.

### **3. Based on measurements I determined the mobility order of certain microelements and macroelements in vineyards under strong anthropogenic effects (artificial fertilizers, application of sprays) together with the available element content.**

I determined the average quantity of the elements extracted by two types of dissolving material, the relative available element content and the available quantity of each elements in percentage relative to their total quantity in the soil (*Table 1*). Mobility order of the studied elements is given below: Fe < Al < Cr < K < Zn < Mg < Ni < Ba < Na < Pb < Mn < Cu. Analysing the results, it can be stated that the availability of lead (56.71%) and copper (77.93%) is extremely high due to the strong anthropogenic effects. As a result of human activity these elements increase as 'pollutants' added to the natural biogeochemical cycle. Copper originates from pesticides while lead originates partly from pesticides (e.g. lead arsenate) and partly from pollutants from traffic.

Table 1. Average element content of soil samples exposed by concentrated acid (cc. HNO<sub>3</sub>) and the Lakanen-Ervö extractant (LE) in mg/kg, relative available element content (RFE) and the available quantity in percentage (RFEx100)

	Fe	Al	Cr	K	Zn	Mg	Ni	Ba	Na	Pb	Mn	Cu
cc.HNO <sub>3</sub>	18436.3	19261.8	18.2	2031.7	47.7	3478.8	24.1	145.3	136.7	22.6	662.9	9.7
LE	246.2	299.5	0.4	88.3	2.6	503.5	7.6	58.0	76.4	12.8	391.4	7.5
RFE	0.0134	0.0155	0.0216	0.0435	0.0536	0.1447	0.3148	0.3990	0.5589	0.5671	0.5904	0.7793
RFEx100	1.34	1.55	2.16	4.35	5.36	14.47	31.48	39.90	55.89	56.71	59.04	77.93

**4. I made production area districts based on the soil properties, grain-size distribution and the quantity of nutrients important in the mineral nutrient supply of grapes and also based on all of these factors.**

Pedological classification of the studied production areas was carried out using cluster analysis. In the course of the classification production areas were classified based on soil properties, grain-size distribution and the quantity of nutrients important in the mineral nutrient supply of grapes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe) separately. Considering all of the above factors I made an effort for a complex pedological production area classification as well.

As a result of the cluster analysis made on the basis of the complex pedological classification the studied production areas can be classified into 4 classes (*Figure 2*):

5. class / type: Nagy-Eged upper
6. class / type: Feldebrő, Verpelét
7. class / type: Szérűhely, Vidra, Tóbérc
8. class / type: Nagy-Eged lower, Nagy-galagonyás, Kőlyuk-tető, Sík-hill, Juhszalagos, Aldebrő.

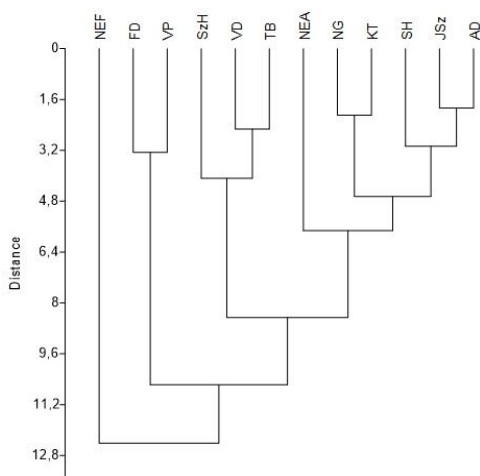


Figure 2. Similarities and their hierarchy system obtained from cluster analysis of production areas based on complex pedological factors

Based on the results we have to state that it is sensible to apply the categorizing made on the basis of complex pedological factors when production area

districts are identified because the studied factors determine the development of the grapes and the viticulture processes together.

**5. I verified by measurements and statistical methods that the role of production area factors and the applied scion in the microelement and macroelement uptake of the *Vitis vinifera* is subordinate to the influence of the year.**

*Studying the influence of the year*

In the area of 9 out of the 12 studied production areas the data of on-site automatic meteorological stations were used therefore precipitations conditions were known in detail. The amount of precipitation in 2010 was twice or three times that in 2011.

The influence of the year was studied in two years of opposite weather conditions. My results verified that the amount of precipitation influence significantly the amount of uptook elements. Statistical analyses revealed that the effect of the production area on the element content of the grape berries relevant for dry material increases in years of more precipitation (in 2010 in our case). On the other hand, significant correlation was not proved between the uptake of certain elements and the amount of annual precipitation or the amount of precipitation in the vegetation period. This suggests that regarding the uptake and accumulation of microelements and macroelements the amount of annual precipitation is much more important than its annual distribution.

*Studying the effect of the production area*

Regarding the effect of the production area (in the case of appropriate nutrient supply) the effects of the geological environment, the relief and the microelement and macroelement supply of the soil on the element content of the grape berries are subordinate to the climatic effects. These effects in the case of lack of nutrient supply would be possible to prove by Liebig's law of the minimum, however, as no lack is experienced in the case of either studied elements in the studied production areas there is no "uptake limit".

*Studying the effects of the applied scion*

No significant differences in the microelement and macroelement uptake of the studied scions (Kékfrankos and Hárslevelű) were identified. This can be explained by the similar mineral nutrition of the two scions and by the dominant role of the rootstock in nutrient uptake.

**6. Comparing my own pedological results and the grapevine ecophysiological measurements of the Károly Róbert College – Research Institute of Viticulture and Oenology, Eger I verified the effects of soil degradation on the soil and on the physiological processes of the grape.**

This research was carried out in the area of the Nagy-Eged Hill that was exposed significantly to soil erosion.



### *Effects of erosion on the soil*

Natural soil conditions of the Nagy-Eged were transformed significantly by anthropogenic erosion. This transformation had disadvantageous effects on the upper areas from where the fine grained components of the soil together with the clay minerals were eroded mostly. As a result the soil lost the majority of its nutrients that were bond as replaceable cations. Due to the small soil thickness, the high amount of stone debris and the lack of montmorillonite that would be capable of bonding high amount of water, only a small amount of precipitation water cannot be stored in the soil therefore the soil dries quickly. In the case of accumulation areas the opposite effects prevail.

### *Grape physiological effects of erosion*

Changes in soil properties affect the physiological process of the grapes as well. The Kékfrankos scion grown in the upper parts of the Nagy-Eged is exposed to greater water stress than those grown in the lower parts. The decreased gas exchange of the plants (transpiration rate and the carbon assimilation capacity) is mostly the results of water deficit caused by the erosion. Due to the stomatal limitation in areas of small and moderate water deficit smaller transpiration rate and assimilation capacity are characteristic. Decreasing carbon assimilation has a significant effect on the vegetative growth of the grapes. Results of Smart's canopy measurements reveal that canopy density was higher at the foot of the mountain than in the upper parts of the study area.

## AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

- DOBOS, A. – NAGY, R. – MOLEK, Á. (2014): Land use changes in a historic wineregion and their connections with optimal land-use: A case study of Nagy-Eged Hill, Northern Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* (IF = 1,495)
- NAGY R. – ZSÓFI ZS. – PAPP I. – FÖLDVÁRI M. – KERÉNYI A. - SZABÓ SZ. (2012): Evaluation of the relationship between soil erosion and the mineral composition of the soil: A case study from a cool climate wine region of Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(1): 223-230. (IF = 1,495)
- NAGY R. – BÁLO B. – ZSÓFI ZS. (2013): *Agrogeological Investigations in the Eger Wine Region* – In. Wanek F. (ed.) 15<sup>th</sup> Mining, Metallurgy and Geology Conference. Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania, Cluj, 2013. pp.153-156.
- NAGY R. (2013): Mikro-és makroelem-ellátottság a talaj-növény rendszerben különböző geológiai környezetekben az Egri borvidéken (Micro- and macroelement supply in soil-plant system between different geological environments; case study: Eger Wine Region, Hungary). – In. Kovács A. (ed.) XV. Székelyföldi Geológus Találkozó - The 15<sup>th</sup> Geologist Meeting in Szeklerland, Kézdivásárhely, 2013. pp. 57-59.
- NAGY R. – BÁLO B. – ZSÓFI ZS. - SZABÓ SZ. (2011): – In. Lóki J. (ed.): Talajtani és domborzati tényezők szerepe a szőlő élettani folyamataiban, II. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debrecen, pp. 205-211.

## EGYÉB PUBLIKÁCIÓK

- CSORBA P. – BLANKA V. – VASS R. – NAGY R. – MEZŐSI G. – MEYER, B. (2012): Hazai tájak működésének veszélyeztetettsége új klímaváltozási előrejelzések alapján. *Földrajzi Közlemények*, 136(3): 237-253.
- BLANKA, V. – MEZŐSI, G. – LOIBL, W. – SZÉPSZÓ, G. – CSORBA, P. – MEYER, B. – BATA T. – NAGY, R. – VASS, R. (2012): Meso-region scale change of climate in the 21<sup>th</sup> century and its potential impacts on the environment in the Carpathian Basin. In: Rakonczai, J. – Ladányi, Zs. (eds.): Review of climate change research program at the University of Szeged, (2010-2012), Szeged, pp. 25-40.
- FAZEKAS I. – NAGY R. – TÚRI Z. (2012): Mezőgazdasági eredetű biogáz alapanyagok potenciálja Hajdú-Bihar megyében. In: Costea, M. – Gordan, M. (eds.): „Contribuții la utilizarea eficientă a energiei regenerabile în județele Bihor și Hajdu Bihar” (Hozzájárulások a megújuló energiaforrások hatékony felhasználására Bihor és Hajdú-Bihar megyékben. Oradea, 2012. pp. 79-85.

- NAGY R.** – **KIRÁLY Zs.** – **SZABÓ T.** (2012): Pinceminősítés és Pinceklíma – In. 4. Szőlő és Klíma Konferencia, Kőszeg, 2012. április 21. (CD kiadvány)
- FAZEKAS I.** – **NAGY R.** – **TÚRI Z.** (2011): Mezőgazdasági hulladékok energetikai hasznosítása biogáz kiserőművekben Magyarországon, In. Szabó V. szerk. II. Környezettudatos Energiatermelés és –felhasználás, Debrecen, pp. 78-84.
- NAGY R.** (2009): A környezet hatásának értékelése a pincék minősítésének szempontjából – In. Kiss T. szerk.: Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciája (<http://www.geo.u-szeged.hu/konf/index.html>), Szeged, pp. 122-126.
- NAGY R.** (2008): Borászati- és borturisztikai hasznosítású pincék minősítő rendszere – In. Kiss F. – Vallner J. szerk.: Hallgatók a környezettudományért. Nyíregyháza, Nyíregyházi Főiskola TTFK, 260 p.
- NAGY R.** (2008): A pinceminősítés szerepe a települési értékvédelemben – In. Szabó V. – Orosz Z. – Nagy R. – Fazekas I. szerk.: IV. Magyar Földrajzi Konferencia, Debrecen, pp. 339-344.
- NAGY R.** (2008): The correspondence of the qualification of cellars and geological engineering in the Wine Region of Eger – In: Acta GGM Debrecina, Geology, Geomorphology, Physical Series Vol. 3., pp. 75-83.
- NAGY R.** (2006): A pincekataszterezés- és minősítés szükségessége, lehetőségei hazai borvidékek példáján – In. Balogh L. – Mező F. – Tóth L. szerk.: A Debreceni Egyetem Tehetség gondozó Programjának II. Konferenciája, Tanulmányok, Debrecen, pp. 125-130.