

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM

KERTÉSZETTUDOMÁNYI KAR

Szőlészeti Tanszék



## **Tudományos diákköri dolgozat**

A Mádi hegyközség kiemelt dűlőinek jellemzése a kemometria módszerével

**Filep Miklós Gergely**

Kertészmérnök BSc, IV. Évfolyam

Konzulens: Dr. Lukácsy György, egyetemi adjunktus

Dr. Ladányi Márta, egyetemi docens

Budapest, 2013

# Tartalom

|       |                                                                                                                             |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Bevezetés .....                                                                                                             | 3  |
| 2     | Irodalmi áttekintés .....                                                                                                   | 4  |
| 2.1   | Tokaji borvidék ökológiai adottságai .....                                                                                  | 4  |
| 2.1.1 | Földrajzi elhelyezkedés .....                                                                                               | 4  |
| 2.1.2 | Domborzat .....                                                                                                             | 4  |
| 2.1.3 | Klíma .....                                                                                                                 | 5  |
| 2.1.4 | Talaj .....                                                                                                                 | 5  |
| 2.1.5 | Geológia .....                                                                                                              | 6  |
| 2.2   | A bor eredetvédelmi rendszerei .....                                                                                        | 8  |
| 2.2.1 | Történeti áttekintés .....                                                                                                  | 8  |
| 2.2.2 | Franciaország eredetvédelmének rövid áttekintése .....                                                                      | 8  |
| 2.2.3 | Hazánk eredetvédelmi rendszere .....                                                                                        | 10 |
| 2.3   | Kemometriai módszerek a szőlő termőhelyek jellemzésében .....                                                               | 12 |
| 2.3.1 | A kemometria fogalom meghatározása .....                                                                                    | 12 |
| 2.3.2 | Kemometria alkalmazása a szőlő termőhelyek jellemzésében, a borok<br>eredetvédelmében .....                                 | 12 |
| 2.3.3 | Neurális hálózatok és diszkriminancia analízis módszerek szőlő termőhelyek<br>jellemzésében, a borok eredetvédelmében ..... | 13 |
| 3     | Anyag és módszer .....                                                                                                      | 15 |
| 3.1   | A kísérlet helye és ideje .....                                                                                             | 15 |
| 3.1.1 | A kísérleti év meteorológiai jellemzése .....                                                                               | 15 |
| 3.2   | A kísérlet anyaga .....                                                                                                     | 16 |
| 3.2.1 | A vizsgálatba vont dűlők .....                                                                                              | 16 |
| 3.2.2 | A vizsgált fajták .....                                                                                                     | 22 |
| 3.3   | A kísérlet módszerei .....                                                                                                  | 23 |
| 3.3.1 | A mintagyűjtés módszere .....                                                                                               | 23 |
| 3.3.2 | A minták feldolgozása .....                                                                                                 | 23 |
| 3.3.3 | A must elemtartalmának meghatározása .....                                                                                  | 24 |
| 3.3.4 | Alkalmazott statisztikai módszerek .....                                                                                    | 24 |
| 4     | Eredmények .....                                                                                                            | 29 |
| 4.1   | A vizsgált dűlőkről származó mustok elemösszetétele .....                                                                   | 29 |
| 4.1.1 | Király-dűlő .....                                                                                                           | 29 |
| 4.1.2 | Nyúlászó-dűlő .....                                                                                                         | 30 |
| 4.1.3 | Úrágya-dűlő .....                                                                                                           | 31 |
| 4.1.4 | Urbán-dűlő .....                                                                                                            | 32 |
| 4.1.5 | Hétszőlő-dűlő .....                                                                                                         | 33 |
| 4.1.6 | Szent Tamás-dűlő .....                                                                                                      | 34 |
| 4.2   | A vizsgált dűlők mustjának elkülönítése a neurális hálózatok módszerével .....                                              | 35 |
| 4.3   | A vizsgált dűlők mustjainak elkülönítése diszkriminancia analízissel .....                                                  | 36 |
| 5     | Következtetések .....                                                                                                       | 40 |
| 6     | Összefoglalás .....                                                                                                         | 43 |
| 7     | Irodalomjegyzék .....                                                                                                       | 44 |
| 8     | Ábrajegyzék .....                                                                                                           | 49 |
| 9     | Táblázat jegyzék .....                                                                                                      | 50 |

# 1 Bevezetés

A Tokaji borvidéket, mint a világörökség részét évszázadok óta ismerik és elismerik a borfogyasztók. A borvidék több szempontból is kitüntetett figyelmet érdemel. Ökológiai adottságainak köszönhetően a világ legmagasabb minőségű borai szülehetnek itt. Az őszi időjárás hatására a nemespenész által kialakult aszúszemek adják a méltán világhírű tokaji aszú borok alapanyagát. A változatos vulkáni működéseknek és vulkáni utóműködéseknek köszönhetően a borvidéken megtalálható talajtípusok kiválóak szőlőtermesztésre, továbbá a talajok változatossága egyedülálló a világ borvidékei közt. Ezen a borvidéken készült először az idők során területi osztályozás, úgynevezett dülő klasszifikáció. Már több mint kétszáz évvel ezelőtt besorolásokat kaptak a termőhelyek a megművelhetőségük, termésminőségük, aszúsodó képességük alapján. Ebben az időben leginkább édes borok születtek a térségben, melyeket érzékszervileg nehéz származás szerint elkülöníteni. Száraz borok esetében a különböző területek sok esetben rendkívül eltérő minőségű és karakterű borokat biztosítanak a különböző talajoknak és azokban található ásványi anyagoknak köszönhetően. A borvidéken számtalan olyan dülő és parcella található, amely rendkívül különleges mikroklímával, fekvéssel, talajjal és szőlőfajtaival rendelkezik. Ezek a hatások együttesen olyan különleges borokat eredményeznek, melyeket még a környékbeli borok sem képesek utánozni, azaz a dülő, a terroir egésze rajtahagyja az „ujjlenyomatát” a boron. A kétezres évek elején Szepsy István volt az első, aki tudatosan kezdett kiváló dűlőselektált száraz tokaji furmintokat készíteni. Az elmúlt évek alatt - a már addig is a szakmában aszú borairól világhíres termelő nevét – egyre inkább a száraz furmintokkal kapcsolták össze a világ borszakértői, akik közül többen a burgundiai „nagy” fehér borok vetélytársát látják a dűlős tokaji száraz borokban. Mára a Hegyalja borászainak jelentős része készít dűlőselektált borokat, egységesen vallják, hogy ebben a bortípusban is a világ élvonalába tartozó, kimagasló minőségű borok készülhetnek a Tokaji borvidéken. Tudjuk azt, hogy a megkezdett út elején járunk. A „nagy tokaji furmint” stílusa, szőlészeti, borászati technológiái még nem teljesen kiforrottak, de abban biztosak vagyunk, hogy másikké olyan borvidék nem létezik a világon, amely ennyire változatos dűlőkkel, alapközetekkel és talajokkal, illetve egy olyan szőlőfajtaival rendelkezik, ahogyan mi több száz éve már a furminttal, amely egyedülállóan tudja megmutatni a különböző területek szépségeit, erőnyeit, érdekességeit vagy esetleg hibáit.

E munka célja az volt, hogy statisztikai módszerekkel, növényélettani, mikrobiológiai, geológiai, talajtani ismereteinkre támaszkodva 6 különböző területről származó, főként furmint mustmintákat makro és mikroelem tartalmuk alapján, elkülöníthessünk egymástól.

## 2 Irodalmi áttekintés

### 2.1 Tokaji borvidék ökológiai adottságai

#### 2.1.1 Földrajzi elhelyezkedés

A Tokaji borvidék Magyarország északkeleti részén, a Tokaji-hegység és az Alföld találkozásánál található. A borvidéket északnyugaton az abaújszántói Sátor-hegy, északkeleten a sátoraljaújhelyi Sátor-hegy, délen pedig a tokaji Nagy-Kopasz-hegy által vesz fel csúcsára állított háromszög alakot, melyet az **1. ábrán** szemléltetünk. Pontos fekvését illetően a keleti hosszúság  $21^{\circ} 10'$  és  $21^{\circ} 40'$ , illetve az északi szélesség  $48^{\circ} 7'$  és  $48^{\circ} 30'$  fokai között fekszik.



**1. ábra:** A történelmi Tokaj-Hegyalja térképe (Magyar Állami Földtani Intézet)

#### 2.1.2 Domborzat

A mai domborzat meghatározó formái a csoportokba rendezett lepusztult vulkáni kúpok és szubvulkánok erősen tagolt vízfolyásokkal sűrűn felszabdalt alacsony középhegység képét mutatja. A hegység főtömegétől markánsan elkülönül a tokaji Nagy-Kopasz-hegy, melytől észak-keleti irányban a hosszan elnyúló Hegyalja található. Ennek domborzati térszínei félmedencékre tagolva alkotják a hegység hegyláb felszínét. A borvidék legészakibb része a Sátoraljaújhely és környékének meghatározó morfológiai egysége a Sátor-hegy. Tőle

Tokajig a Bodrog irányában haladva a következő szerkezeti egység a Sárospataki medence. Meghatározó morfológiai egységei a Király-hegy és a Megyer-hegy. A Tolcsvai-medencét keletről határoló vulkanikus dombsor meghatározó egységei a Vár-hegy és a Fekete-hegy. A borvidéken morfológiai szempontból központi helyet tölt be az Erdőbényei-medence és a Mulató-hegy. A medence északi részét alkotó Szokolya nyúlványain helyezkedik el az erdőbényei dűlők többsége. A borvidék nyugati részét képező Mádi-medence, a Nagy-Kopasz-hegytől északnyugatra, az Abaújszántói Sátor-hegytől Tarcál határáig húzódik. Meghatározó morfológiai egységei a Király-hegy az Ősz-hegy, Vár-hegy, Szár-hegy, Padi-hegy, Dancka-tető (Karátson 2002).

### **2.1.3 Klíma**

A Tokaji borvidék a szőlőtermesztés északi határán fekszik, melyet kontinentális éghajlat jellemez. A sokéves tapasztalatok alapján kevés csapadék (évi 525mm, melyből átlagosan 313mm jut a vegetációs időre), forró, száraz nyarak és hideg telek figyelhetők meg. Az évi átlaghőmérséklet 10,8 °C, a napsütéses órák száma 2009 h/év, az aktív hő összeg 1600-1800 °C. Az első őszi fagy október 15-20-a közé esik, az utolsó tavaszi fagy pedig április 20-ára. A nyári legmagasabb átlaghőmérséklet 33 °C, a téli legalacsonyabb átlaghőmérséklet -19 °C. A legcsapadékosabb hónap a június. Az uralkodó szélirány Kassa irányából északkeletről érkezik. Az őszt általában csapadékban szegény, a napsütéses órák száma más borvidékekhez képest magas, mely feltételek a Tisza és Bodrog folyók árteréből származó nedvességgel és a Zempléni-hegységnek köszönhető szélvédettséggel ideális körülményt biztosítanak a nemespenésznek (Botos 2005).

### **2.1.4 Talaj**

A Tokaji borvidék különleges geológiai múlttal és rendkívül változatos talajféleségekkel rendelkezik. A mai talajok kialakulásában a vulkanikus alapkőzetek, a szukcessziós folyamatok, az erdős vegetációk, és a lejtések együttesen meghatározók voltak. A terület fő alapkőzetét az andezit és a riolit, illetve ezek tufái alkotják, ezen kőzeteken talajtípust tekintve a legelterjedtebb az agyagbemosódásos barna erdőtalaj. A borvidék nyugati részein, különösen a Nagy-Kopasz-hegyen vastag löszrétegen kialakult csernozjom-barna erdőtalajok jellemzőek. Fizikai talajféleséget tekintve, köszönhetően a talajképző

közeteknek, agyagos-vályog és agyag talajok a meghatározóak a borvidéken. Az fent említett okok, illetve az eredeti erdős vegetációk hatására a talajok kémhatása savanyú. A talajok vastagságát a fizikai talajféleségeken túl meghatározza a lejtés, a magasabban fekvő meredekebb területeken vékony, közettörmelékes, intrazonális közethatású talajokkal, ereszkedve a hegylábak felé vastagabb zonális, legtöbb esetben az említett barna erdőtalajjal találkozhatunk (Szabó 2001).

### 2.1.5 Geológia

A Tokaji-hegység és ezen belül Mád és környékének a mai felszíni és talajtani viszonyok szempontjából meghatározó földtani (geológiai) viszonyok a neogén időszak miocén korára vezethetők vissza. A miocén vulkánosság az egész Kárpát-medence borászatára meghatározó volt, hisz abban az időszakban kezdtek kialakulni, illetve alakultak ki azok a felszíni morfológiai egységek, amelyekhez a mai borvidékek döntő mértékben kapcsolódnak. Az Alföld peremén található törésvonal mentén feltörő vulkáni anyagok hozták létre a Tokaji-hegység geológiai tömegét. Meghatározó volt a folyamatokban a magmás kőzetek (riolit, andezit), valamint a vulkáni törmelékes kőzetek (riolittufa, andezittufa) felszínre kerülése. A vulkáni működéshez az országban szinte egyedülálló mértékű és sokszínű vulkáni utóműködésű folyamatok kapcsolódtak, melyek jelentős mértékben átalakították az eredeti vulkanikus kőzeteket. E vulkáni működések olyan mértékű változásokat idéztek elő a kőzetek ásványos összetételében, mely a talajok kialakulásán keresztül a mai szőlészeti-borászati kultúrára alapvető meghatározottsággal bírnak.

Vulkáni utóműködésnek nevezzük a földkéreg vulkáni anyag és energiaáramával kapcsolatos anyagmozgás felszíni megnyilvánulását. A földkéreg dilatációs mélytörései által indított anyag és energiaáramlásnak két fajtáját különítjük el. A nagyobb anyagmozgási forma a vulkáni működés, amely a fő tömegeket hozza létre. A dilatációs mélytörés tengelyében, illetve előterében pedig elemmobilizáció folyik, amely hőáram hatására következik be. Az elemek mobilizációs sorrendje a következő:

Kationok: K, Na, Ca, Mg, Fe, Al, Si, Ti

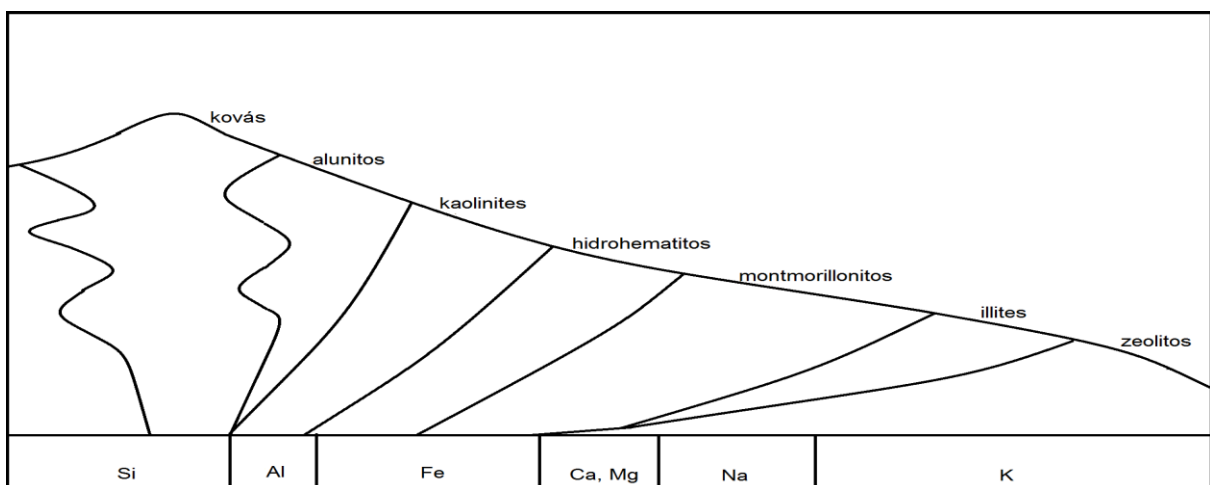
Anionok:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{O}^{2-}$

A mobilizált elemek az alacsonyabb nyomással bíró kéregrészek felé vándorolnak, ahol a nyomás, a hőmérséklet és a koncentráció változásai során kristályosodnak ki. A

kéregben felemelkedő lávatömegek felső részében a kationok és az anionok elemmobilizációs frontjai haladnak a felszín irányába a következő sorrendben. Legelőször a víz és a komplex anionok ionfrontjai érik el a felszínt, illetve annak közelét, intenzív vulkáni utóműködést folytatva. A halogének és az alkáliak frontja következik a sorrendben, a felszínre érés környezetében erős káliametaszomatózissal. Az alkáliföldfémek frontja ritkán éri el a felszínt a folyamat sebessége és idődimenzió eltérései miatt.

A vulkáni utóműködések meghatározott területeken folynak, nem egyenletesen helyezkednek el. Amennyiben a tektonikailag igénybevett helyek, a lávakitörési centrumokkal és hegylábi illetve kúpperemi felszíni vizekben és üledékekben gazdag területekkel térben és időben találkoznak úgy heves utóműködés alakul ki. A Tokaji-hegység nyugati peremén leginkább Mád környékén a szarmata korszak végén a feltételek adottak voltak a heves utóműködések lejátszódásához, ahol a főelemek ásványos, leginkább agyagásványos átrendeződésével nemérces ásványi nyersanyagtelepek jöttek létre.

A kőzetalkotó főelemek a hidrotermális centrumtól való távolságtól függően a következő módon helyezkednek el és kapcsolódnak ásványokká: A centrumban Si felhalmozódáskor  $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  módosulatok, Si és Al feláramlásakor kaolinit, Si, Al és K halmozódáskor pedig alunit képződik. A centrum szegélyén továbbra is képződik kaolinit, továbbá Si, Al és Fe feláramlásakor hidrohematit képződik. Az átmeneti zónában Si, Al, Fe, Ca és Mg feláramlásakor a főelemek montmorillonit ásványt képeznek. A perifériákon a Si, Al, Fe, Ca, Mg és K feláramlás allevarditot és illetet (zeolitokat) eredményez. A vulkanikus utóműködés hatására létrejövő ásványok képződésének helyeit a **2. ábra** mutatja be (Mátyás 2008, Filep 1984).



**2. ábra:** A főelemek ásványokká kapcsolódási helyei (Mátyás Ernő nyomán)

## **2.2 A bor eredetvédelmi rendszerei**

### **2.2.1 Történeti áttekintés**

Magyarország népének élete 1730 táján című művében Bél Mátyás írta le és klasszifikálta először a Tokaji borvidék dűlőit.

1737-ben királyi utasítás szólt a tokaji borok eredetvédelméről. A rendelet a tokaji bor egységes megítéléséről, a tokaji bor nevet használható települések felsorolásáról ír. Tiltotta az aszúbor készítését a „hegyaljai hegyeken” kívül, aszú szőlő bevitelét Tokaj-Hegyaljára, illetve kizárólag a vármegye engedélyével tette lehetővé a szőlőtelepítést.

A világon először a Tokaji borvidéken készült szőlődűlő besorolás. 1772-ben végzett felmérés alapján Szirmai Antal jelentette meg 1803-ban „NOTITIA TOPOGRAPHIA, POLITICA, INCLYTI COMITATUS ZEMPLÉNIENSIS” címmel úttörő munkáját. Zemplén vármegye településeihez tartozó dűlőket I., II. illetve III. osztályba sorolta a területek termésmennyisége, aszúsodó képessége, illetve a borok minősége alapján.

1897-ben a Magyar Kereskedelmi Minisztérium az 53850. rendeletében országunk 22 megkülönböztetett borvidéke közül a Tokaji borvidéken szabályozta legszigorúbban a termelhető szőlőfajtákat (furmint, hárslevelű, sárgamuskotály).

### **2.2.2 Franciaország eredetvédelmének rövid áttekintése**

1855-ben készült el az első francia klasszifikáció Bordeaux-ban. Az osztályozás alapjául a birtokok bor eladási árai szolgáltak. Médoc-ban 5 osztályba sorolták az akkor leghíresebb 61 cru classé-t (chateau-t), Sauternes-ben pedig 21 birtokot soroltak Premier Grand Cru Classé, Premier Cru, Deuxieme Cru (Second Crus) csoportokba. A bordeaux-i osztályozás már a megszületése óta vet fel szakmai problémákat. Egyrészt 1855-ben csak a borvidék apró részéről készült osztályozás, másrészt a birtokok mérete, szerkezete folyamatosan változik. Mivel egy darab gyenge minőségű szőlőföldről is születhet a legmagasabb osztályú bor, ha az Bordeaux egyik legelőkelőbb Chateau-jából származik, ezért a rendszer rendkívül támadható. Természetesen az utóbbi évtizedekben egy jól átlátható Bordeaux-i klasszifikációt vezettek be, de megmaradt a bő másfél évszázados osztályozás is.

1855-ben elkezdték a burgundiai klasszifikáció alapjait letenni a bordeaux-i válaszként, a hivatalos burgundiai osztályozást viszont csak 1936-ban született meg. A már megszerzett sok-sok éves tapasztalatok alapján a termőterületeket osztályozták

birtokviszonytól függetlenül ezen a francia borvidéken is, hasonlóképpen Bél Mátyás és Szirmai Antal munkájához. A világ sok részén szolgált példaként a Burgundiai klasszifikáció, amely regionális apellációkon alapszik, szűkül területi, majd kommunális (falu) szintekig, a legfelső szinten pedig az önálló ültetvények találhatók, melyeken belül még Premier Cru és Grand Cru ültetvényeket különböztetnek meg.

A mai francia eredetvédelmi rendszer:

#### *Appellation d'Origine Controlée (AC vagy AOC)*

A legmagasabb szint, amelyet a francia borok elérhetik. Meghatároznak termőhelyeket, szőlőfajtákat, szőlőművelést, terméskorlátozást, borászati technológiákat és cukrozás nélküli minimum alkoholfokot. A területek legnagyobb részén jól működő hierarchia vehető észre az apellációk között, a legkülönlegesebb termőhelyeken találkozhatunk a legszigorúbb szabályozásokkal a termőhelyi különlegességek palackba zárásához.

AOC-belül további termőhelyi klasszifikációk léteznek Franciaország több borvidékén is, mint pl. Burgundiában.

„AOC Bourgogne” névvel látják el azokat a „*generic*”, általános borokat, amelyek a borvidék valamely területéről származnak és kevesebb, mint 55 hl lékinyeréssel készülnek egy hektárnyi területre nézve.

A regionális apellációval rendelkező borok pl. Bourgogne Hautes-Cotes-de-Nuits a borvidék egy bizonyos területéről származnak, de a szőlőterületek amelyekről az alapanyagot szüretelték több „Communale” azaz községhez is tartoznak.

41 „Communale”-t azaz községet tart számon Burgundia. Ezen településnevekkel ellátott boroknak, mint pl. Pommard, meghatározott sajátos karakterrel kell rendelkezniük. További területek, dűlők nincsenek feltüntetve ezeken a borokon, többnyire több dűlő termését házasítva palackozzák.

Premier Cru besorolású borok egy meghatározott Communale, meghatározott területéről származik. A címkék általában tartalmazzák a község és az ültetvény nevét illetve a Premier Cru besorolást.

A Grand Cru besorolású borok tartoznak a legmagasabb minőségi kategóriába. A „generic” boroktól kezdve folyamatosan csökkennek a termésmennyiségek, illetve növekednek a érlelés évei a fent említett osztályoknál amíg elérünk a Grand Cru-ig. A címkéken kizárólag a terület neve illetve az osztály látható pl. Montrachet Grand Cru.

#### *Vins D limit s de Qualit  Supérieure (VDQS)*

Az AC elbírálásra v r  borok csoportja.  tmeneti kategória, amely az országos termelés alig 1 %- t érinti.

#### *Vin de Pays (T jbor)*

A francia bortermelés közel 20%-a. Meghatározott a Vins de Pays borok esetében a termőhely, a szőlőfajta (sokkal szélesebb a v laszt k, mint az AC borok esetében), a hozam (80-90 hl/ha), valamint a minimum alkohol fokok ( szakon 9 %, délen 10 %) mellett a maximum k n és illósav tartalom.

#### *Vins de Table (Asztali Borok)*

A termelés 30 %-a tartozik a kategóriába. Az ország bármely részén, bármely szőlőfajtából el  lehet állítani a Vins de Table borokat, de a mustcukroz s itt is tilos. Term skorl toz s nincs a kategóriában, viszont 100 hl/ha termésátlag felett a szülő egy részét desztillálni kell, mellyel próbálják ösztönözni a gazdákat a minőségi bortermelésre. Sem az évjárat, sem a régió, sem a szőlőfajta felt ntet se nem kötelező ebben a kategóriában.

### **2.2.3 Hazánk eredetvédelmi rendszere**

A 97/2004. (VI.3.) FVM rendelet a borok eredetvédelmi szabályáról illetve a 99/2009. (VII. 30.) FVM rendelet a borok erdetv delmi szabályáról szóló 97/2004 (VI. 3.) FVM rendelet módosítása alapján Magyarországon a következő eredetvédelmi rendszert használjuk:

#### *Az oltalom alatt álló eredet-megjel l ses (OEM) borkategória*

A védett eredetű bor meghatározott termőhelyről származik, melynek minősége illetve tulajdonságai alapvetően vagy kizárólag egy adott földrajzi helyet és ott lévő természeti tényezőket jellemez. Kizárólag az adott földrajzi helyen, az ott termett Vitis Vinifera fajhoz tartozó sz l k gyümölcséből készülhet.

#### *Az oltalom alatt álló földrajzi jelzéssel ellátott (OFJ) borkategória*

Meghatározott termőhelyről származó minőségi bor, tájbor és különleges hírnévvel vagy egyéb jellemzőkkel rendelkező borok, amelyek földrajzi eredethez kapcsolhatók. Az OFJ borok minimum 85 százalékban az adott földrajzi területen termett szőlőből, az adott területen készülnek.

#### *A földrajzi jelölés nélküli (FN) borkategória*

A kategóriába gyakorlatilag belesorolható az asztali bor, tájbor és minőségi bor is.

#### *A Mádi Eredetvédelmi Egyesület*

A mádi minőség- és eredetvédelmi rendszer három szintből áll. Az első kategóriába a községi, a második kategóriába a történelmi dűlőkből, a harmadikba pedig a szőlőkből származó borok tartoznak. A szőlő "olyan mádi területen fekvő szőlőültetvény, amely fekvése, talaja, esetleg a szőlő fajtatípusa, kora, művelésmódja alapján megkülönböztetésre alkalmas, és lehetőséget ad a környezettől lényegesen eltérő borkarakter elérésére, magas, egyedi, évente ismételhető minőség mellett" (Mádi Kör). A Mádi Kör igen szigorú hozamkorlátozást követel meg tagjaitól. A községi borok esetén maximum 50 mázsa lehet a leszüretelt ép szőlő mennyisége hektáronként. Minőségi községi bort hat évnél fiatalabb ültetvényről nem készülhet. A történelmi dűlős borok kategóriájában maximum 40 mázsa lehet a leszüretelt ép szőlő mennyisége hektáronként és nyolc évnél fiatalabb ültetvényről nem készíthető e kategóriájú bor. A legmagasabb kategóriába tartozó szőlős vagy kertes borok esetében maximum 30 mázsa ép szőlőt szüretelhetnek a tagok hektáronként és az ültetvénynek minimum tíz évesnek kell lennie. Az egyesület a Mád Hegyközséggel szorosan együttműködve megkezdte a mádi szőlő dűlők behatárolását és leírását. Az egyesületi tagok mádi dűlői jelenleg az alábbiak: Betsek, Birsalmás, Bomboly, Danczka, Hintós, Holdvölgy, Juharos, Kakas, Király, Kishegy, Középhegy, Kővágó, Nyulászó, Őzhegy, Percze, Sarkad, Suba, Szent Tamás, Urbán, Úrágya, Vilmány, Veres.

## **2.3 Kemometriai módszerek a szőlő termőhelyek jellemzésében**

### **2.3.1 A kemometria fogalom meghatározása**

A kemometria olyan matematikai, statisztikai, lineáris algebrai, konvex geometriai, számítástechnikai illetve formál logikai eljárások és módszerek együttes használatát jelenti, amelyek a kémiai és analitikai kémiai információ minél teljesebb kinyeréséhez szükséges (Héberger, 2004).

### **2.3.2 Kemometria alkalmazása a szőlő termőhelyek jellemzésében, a borok eredetvédelmében**

Argentína három különböző borvidékéről származó bormintákat különített el Fabani (2009). A vizsgálat során tizenegy elem által meghatározott bor és talajminták alapján lépésenkénti diszkriminancia analízissel sikerült a borokat 100%-os biztonsággal besorolni a származási területre. 85%-ban kimutatható volt szoros összefüggés a kísérletbe vont terület talajával és az azon termesztett szőlőből készült borral, mely eredmény bizonyította, hogy hatékony eszköz a borok földrajzi eredetének vizsgálatakor az elemi koncentrációk elemzése kemometriai módszerekkel. Jun-Feng Zou (2012) szőlő, bor és talajminták elemtartalmainak összefüggését vizsgálta hét kínai bortermő területen. Varianciaanalízist, lineáris diszkriminancia analízist illetve Pearson-féle korrelációs analízist használva kutatta az azonos területről származó minták elemkoncentrációi közötti hasonlóságokat. A felhasznált módszerek a vizsgált szőlő, illetve borminták majdnem összes elemtartalmi értékét statisztikailag szignifikánsnak találta a földrajzi származás szempontjából. Iztok és munkatársai (2000) Szlovéniában a Száva-parti területekről, a Dráva-parti területekről illetve a tengerparti területekről származó borokat vizsgálta főkomponens analízissel és Kann analízissel. Chilében a Casablanca-völgyben Saavedra és munkatársai (2009) különböző fekvésből származó Pinot Noir borokat karakterizáltak elem koncentrációk alapján főkomponens analízissel. 2003-ban és 2004-ben tokaji aszú borok eredetvizsgálatát szőlő illetve bor minták aminos és szerves savtartalma alapján végezték (Kiss 2010). A kísérlet során főkomponens analízist, diszkriminancia analízist és klaszteranalízist használtak az elkülönítésekhez.

### **2.3.3 Neurális hálózatok és diszkriminancia analízis módszerek szőlő termőhelyek jellemzésében, a borok eredetvédelmében**

Osztályozási struktúrákon alapuló statisztikai módszerek:

#### *Neurális hálózatok*

A neurális hálózatok olyan matematikai modellek, amelyek az agy működésének alapján szimulálják a tanulás és ismeretfelidézés folyamatát. A módszer akkor alkalmazható a legnagyobb sikerrel, amikor egy osztályozási feladat lényegében egy mintázat felismerésén alapul (Haykin, 1999; Tomlins és Gay, 1994). Bár a módszer igen fiatalnak tekinthető, felhasználása mára elterjedt a műszeres vizsgálatokon, illetve érzékszervi bírálatokon alapuló osztályozó kutatásokban, a kémiai és élelmiszeripari tudományokban, melyekre példa a sertéshús, paradicsom vagy kajszi szín szerinti osztályozása (Lu et al. 2000; Thai és Shewfelt, 1991), vagy az extra szűz olívaolaj érzékszervi bírálati csoportosítása (Angerosa et al., 1996). Muir és munkatársai (1997) a Cheddar sajt íz és aromaanyagai alapján végeztek kutatást neurális hálózatok alkalmazásával, míg Jack és Steele (2002) a skót whisky más típusú whisky termékektől való elkülönítésének lehetőségét bizonyította ezzel a módszerrel. Átfogó irodalmi áttekintést nyújtott a neurális hálózatok alkalmazásáról Gasteiger és Zupan (1993) a kémia területén, Marini (2009) pedig az élelmiszer-tudományban.

A neurális hálózatok első szőlészeti alkalmazásai az elmúlt 20 évben láttak napvilágot. Aires-De-Sousa (1996) antocianintartalom alapján elkülönítést végzett különböző *Vitis vinifera* fajtákból származó Portuguese borokra. A polifenoltartalom és az antioxidáns-kapacitás kapcsolatát vizsgálták Pazourek és munkatársai (2005) fajták és ültetvények neurális hálózatok módszerével való csoportosításának céljából. Ferreiro-Armán és munkatársai (2006) hiperspektrálképek alapján szőlőfajták elkülönítésére használtak neurális hálózatokat. Kruzlicova és munkatársai (2009) főleg illóanyag-tartalom alapján csoportosítottak ezzel a módszerrel különböző fajtákból, évekből, termesztési helyekről, illetve feldolgozóktól származó fehérborokat.

#### *Diszkriminanciaanalízis*

A diszkriminanciaanalízis elméletét taxonómiai problémák kezelésére dolgozta ki R. A. Fisher, és eredményeit a neurális hálózatok elméleténél sokkal korábban, 1937-ben publikálta. Ezt a csoportosító módszert a társadalomtudomány tárgykörében felbukkanó

problémákra is igen jól lehetett alkalmazni, ezért a módszer fejlesztésére e terület újabb motivációt jelentett. Mára már számos egyéb sokváltozós tudományterületen sikerrel alkalmazzák. Erdészeti vonatkozásban például Kovács (1996) vizsgált lucfenyőket morfológiai és fiziológiai különbségek okainak feltárására, és alkalmazta ennek során a diszkriminanciaanalízist mint többváltozós módszert. Moret és munkatársai 1980-ban borok csoportosítását végezték el analitikai paraméterek alapján. Ferreira és munkatársai (1996) a borok illóolaj-komponensek alapján való elkülönítésére alkalmazták. Haba és munkatársai (1997) közeli szőlőültetvények (Bobal) rozé borminták alapján való elkülönítésére használtak diszkriminancia analízist. Cliff és munkatársai (2007) 7 év, 4 fajta, 13 ültetvény, 7 pince 173 bormintájának antocianin- és fenolos komponensek tartalma, valamint szín és érzékszervi bírálatok eredményei alapján diszkriminanciaanalízissel tudták elkülöníteni a termőhelyeket.

Cichelli és munkatársai (2000) a neurális hálózatok és a diszkriminanciaanalízis módszerét együttesen alkalmazták 116 borminta évjárat szerinti, valamint pedoklimatikus eredet szerinti szétválasztásra.

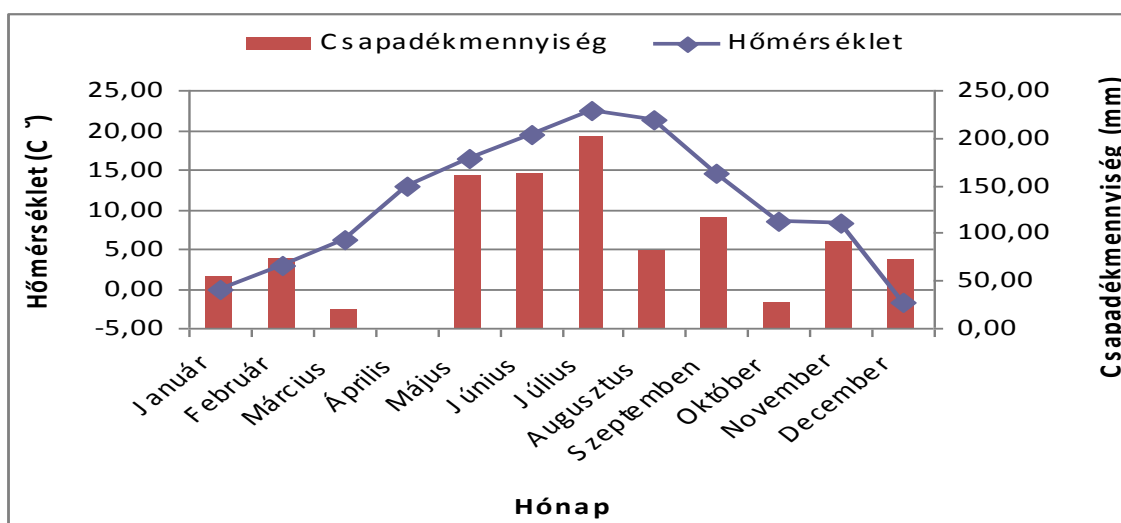
### 3 Anyag és módszer

#### 3.1 A kísérlet helye és ideje

A kísérletemet a Mádi Hegyközség Szent Tamás, Úrágya, Nyulászó, Király, Urbán dűlőiben, illetve a Tokaji Hegyközség Hétszőlő dűlőében állítottuk be. A mádi ültetvények vizsgált parcellái Szepsy István birtokához tartoznak (Szepsy Borászati Kft.) a tokaji terület Tokaj Hétszőlő birtokán fekszik. A vizsgálatot 2010-ben végeztem.

##### 3.1.1 A kísérleti év meteorológiai jellemzése

A 2010-es évjárat havi középhőmérséklet és csapadék eloszlását a **3. ábra** mutatja be. 2010-ben az évi középhőmérséklet átlagosnak mondható (10,89 °C). A tenyészidőszak alatt viszont több hónapban is az átlagosnál alacsonyabb havi középhőmérsékleteket tapasztalhattunk. Az elvégzett számítások alapján a tenyészidőszak kezdete április 2-ára, vége pedig október 7-ére esett. A tenyészidőszak hossza rövidnek mondható (189 nap). A tenyészidőszak középhőmérséklete 17,48 °C volt. A nyár legmelegebb hónapja a július volt, amikor 22,40°C-os havi középhőmérsékletet mértünk. A nyár hónapjainak középhőmérséklete 21,06 °C volt. A tenyészidőszak alatt 3304 °C teljes hő összeg és 1414 °C hatásos hő összeg akkumulálódott. Az első talaj menti fagy október 8-án jelentkezett. A teljes csapadékmennyiség 2010-ben Mádon 1059,7 mm volt, ebből a tenyészidőszakban 738,4 mm hullott. A 2010-es év rendkívül csapadékos volt, ami a szőlők minőségét kedvezőtlenül befolyásolta a gombás betegségek miatt.



**3. ábra:** A 2010-es év havi csapadékmennyiségei és hőmérséklet átlagai (Metosz mérőállomás, Mád)

## 3.2 A kísérlet anyaga

### 3.2.1 A vizsgálatba vont dűlők

#### *Király-dűlő*

A Mád községtől keletre eső Király-hegy déli oldalán található a Király-dűlő, melynek Kis-Király-dűlőéből származnak a minták. A térszín geológiai kialakulása a felső szarmata időszakban történt, mely időben ez a terület szárazulat volt. A vulkáni működés ezen a területen riolitot és riolittufát halmozott fel, mely a vulkáni működést követő utóműködés időszakában jelentős átalakuláson ment keresztül. A terület illetve a vizsgált dűlő alapkőzete ennek megfelelően kovásodott, kaolinitosodott, zeolitosodott. Ezen az alapkőzeten alakult ki a mai negyedidőszaki talaj és lejtőtörmelék mely elemi összetételében meghatározza a dűlő jellegét.

A dűlő területe 42 hektár melyből 36 hektár van szőlővel telepítve. Magasságát tekintve 160-230 m-ig húzódik, lejtését tekintve keleti lejtéstől délin át nyugati lejtései vannak, melyek százalékban kifejezve 5-60 között jellemezhetők.

Bél Mátyás, Szirmai Antal, illetve a Tokaj-Hegyaljai Album is I. osztályú területnek tartja. Az 1995-ös kataszter szerinti pontértéke 370.

A területről négy mintát vizsgáltunk.

A Király-dűlő műholdfelvétele a **4. ábrán** látható.



**4. ábra:** A Király-dűlő műhold felvétele (Google earth)

## Nyúlászó-dűlő

Szintén Mádtól keletre található (**5. ábra**). A Szent Tamás tető déli nyúlványát alkotó Nyúlászó-dűlő mely meghatározó területe a mádi hegyközségnek sőt az egész Tokaji borvidéknek. A lankás dombhát alapkőzetét riolit és riolittufa változatok alkotják, melyek jelentős vulkáni utóműködési hatásnak voltak kitéve. Ennek következtében a viszonylag nagy kiterjedésű dűlőben pontosan nyomon követhetők a vulkáni utóműködési centrum környezetében kialakuló kovás, kaolinos, zeolitos átalakult kőzetfáciesek felszíni nyomai, melyek a alapvetően meghatározták a sárgás és vöröses agyag talajképződést.

Területe 40 ha, lejtését tekintve megegyezik a Király-dűlővel. Legmagasabb tengerszint feletti magassága 200 m. A történelem során minden időben I. osztályúnak lett klasszifikálva. 1995-ben 379 pontra értékelték.

A Nyúlászó-dűlőből hat mustmintát vizsgáltunk.



**5. ábra:** A Nyúlászó-dűlő műholdfelvétele (Google earth)

## Úrágya-dűlő

Mádtól északkeleti irányban helyezkedik el az Úrágya melynek keleti oldalát alkotja az azonos elnevezésű dűlő (**6. ábra**). A terület a felső szarmata limnikus üledékgyűjtő medence peremén helyezkedik el, mely jelentős és hosszantartó vulkáni utóműködésnek volt kitéve. Ennek bizonyítékai a felszínen található egykori erősen kovásodott hévforráscentrumok, melyeken mind a mai napig csak vékony talaj tudott kialakulni, és meghatározzák a dűlő arculatát azáltal, hogy az ültetvényeket kőgátak és kőbástyák veszik körül.

25,6 ha szőlő található a dűlőben, ahol máig folyik további területek termelésbe vonása.

Legnagyobb magassága 245 m, keleti, déli és nyugati lejtések jellemzőek. Ahogy a Mádtól nyugatra eső dűlők többsége, úgy az Úrágya sem volt a történelem során mindig I. osztályúnak titulált termőhely (feltehetően a nehéz megművelhetőség miatt), de az elmúlt évtizedekben mióta a nehezebben megművelhető parcellák is újra szőlész kezekbe kerültek évről-évre kimagasló minőségű szőlőt és borokat ismerhetünk meg a területről. Az 1995-ös besoroláskor 376 ponttal értékelték.

Az Úrágya-dűlőből öt mintát gyűjtöttünk.



**6. ábra:** Az Úrágya-dűlő műholdfelvétele (Google earth)

## Urbán-dűlő

Az Úrágya dombvonulatának északkeleti végződésénél található a zömében keletre néző lejtőket alkotó Urbán-dűlő (**7. ábra**). Földtörténeti kialakulásában jelentős szerepet játszott a Mád és Rátka települések között elhelyezkedő felső szarmata limnikus üledékgyűjtő medence parti sávja. Az Úrágyához hasonlóan a felszínen az erős vulkáni utóműködés eredményeképpen keletkezett kvarcitközetek a jellemzőek, de a hévforrás centrumoktól távolodva agyagásványosodott kovaközetekkel is találkozhatunk. Ezeken a közeteken vékony, törmelékes, könnyen felmelegedő talaj képződött mely teraszok, kőbástyák kialakítását tette szükségessé. Az elmúlt évszázadok során számtalan irodalom nevezte Kövesnek, illetve Köves-hegynek, mai napig a Mád környéki dűlők közül innen kerül ki a legtöbb kőzet a művelés során a talajból, tovább magasítva az évszázados kőgátakat. A dűlő nagyobb fekvése keleti, lejtőszöge 4-5%. Az Úrágya folytatásaként a hegygerincen is található néhány parcella, melyek közül sokat újra kell meliorálni, illetve meredekebb részeken teraszozni. Legmagasabb pontja 265 m. A 45 ha-os történelmi dűlő területének legnagyobb részén ma nem folyik szőlőművelés, de a következő években minden bizonnyal nagyfokú szőlőtelepítések várhatók. A történelmi időkben az Úrágyához hasonlóan II. osztályba sorolták, az elmúlt években mégis a borvidék legszebb száraz borainak egy részét ebből a dűlőből szüretelve kóstolhattuk. 1995-ben 336 pontra értékelték.

Az Urbán-dűlőből 5 mintát vizsgáltunk.



**7. ábra:** Az Urbán-dűlő műholdfelvétele (Google earth)

## *Hétszőlő-dűlő*

Az egyetlen a vizsgált dűlők közül, amely nem a Mádi Hegyközséghez tartozik. A kísérletbe vonást az alapkőzetet takaró vastak löszréteg indokolta, amely a borvidéken sokféle jellemző, de a vizsgált dűlők közt máshol lösszel nem találkozhatunk.

A Hétszőlő-dűlő a Tokaji-hegység legdélebbi pontján található a Nagy-Kopasz-hegy déli lejtőjén. Az egész Tokaji borvidék meghatározó morfológiai formája, nemcsak megjelenésében, hanem felépítésében is különbözik a hegyvidék többi morfológiai egységétől. A területre jellemző vulkáni működés legfiatalabb képződménye, mely anyagában egymásra rakódó lávaárak sorozatát alkotva andezitből, és fedőképződményként dácitból épül fel. A Mádi Hegyközség dűlőivel ellentétben itt erős vulkáni utóműködéssel nem találkozunk, ellenben a negyedidőszakban jelentős mennyiségű lösz képződött és rakódott le a Nagy-Kopasz egészére és különösen a déli lejtőkre. A képződmény vastagsága változó, átlagban több méter vastagságú, extrém esetben a tíz métert is meghaladja. Ezen képződött lösz váz talajok és nyirok talajok jellemzik a vizsgált dűlőt.

A történelmi dűlő legmagasabb pontja 240 m, fekvése dél-délkeleti. Területe 21 ha. Évszázadok óta I. osztályúnak tartott terület.

A területről hat mintát vizsgáltunk.

A Hétszőlő-dűlő műholdfelvétele a **8. ábrán** látható.



**8. ábra:** A Hétszőlő-dűlő műholdfelvétele (Forrás: Google earth)

## Szent Tamás-dűlő

Szintén Mádtól keletre helyezkedik el a Szent Tamás-tető közepes magasságú dombokra jellemző morfológiai megjelenésével, melynek egyik legnevezetesebb dűlője a szintén Szent Tamás névre hallgató dűlő (9. ábra). A felső szarmata vulkánosság eredménye szintén ez a területi egység a többi mádtól keletre elhelyezkedő dűlőhöz hasonlóan. A vulkáni működés eredményeképp ezen a területen is a talajképződést a riolit és a riolittufa valamint ezeknek különböző mértékben átalakult vulkáni utóműködési változatai határozzák meg. Jellemzőek a területre a kovásodott és zeolitosodott riolittufa változatok, melyeken zömében vörös agyag változatok alakultak ki. A dűlőt az idők során sokszor felosztották, aldűlőkre bontották. A fekvésen kívül a legjelentősebb különbség a termőréteg vastagságából adódik. A terület keleti irányba ereszkedő lejtője a legmeredekebb. A legvékonyabb talajréteggel bíró részeket ezekben a parcellákban találhatjuk. Parcella szelektált „kertes” borait a borvidék legásványosabb karakterű, legkoncentráltabb borai közt tartják számon. A történelmi Szent Tamás-dűlő beleértve a Makovica, Nőtelen, Szem-szűrő és Fürdő elnevezésű területeket is 56 ha területű. A Szent Tamás-tető 230 m-rel található a tengerszint felett, ahonnan mind a négy égtáj felé kezdenek a szőlőültetvények lejtani. Minden történelmi besorolás I. osztályúnak tartotta, a 95-ös klasszifikálás 359 és 370 pont közé pontozta fekvéstől függően. A Szent Tamás-dűlőből öt mintát vizsgáltunk.



**9. ábra:** A Szent Tamás-dűlő műholdfelvetele (Forrás: Google earth)

### 3.2.2 A vizsgált fajták

#### *Furmint*

Hasonnevei: Szigeti, Som, Furmint bianco, Zapfner, Posipel, Moslavina Mosler, Szalai, Sipon. A fajtát hazánkban mindenki egységesen furmint néven ismeri.

Származása: Tipikusan magyar fehér borszőlőfajtaként tekintünk rá, de eredete nem pontosan tisztázott. A mai Magyarországon kívül származhat Dél-Olaszországból, Horvátországból és a Szerémségből is. Évszázadok óta termesztett fajta a Kárpát-medencében, a Tokaji borvidék fő fajtája kiváló aszúsodó képessége miatt.

Elterjedtsége: A Tokaji borvidéken kívül, minimális területen folyik a fajta termesztése az Egri, Zalai illetve a Balaton északi partján fekvő borvidékeken. Határainkon túl leginkább Szlovéniában, Szerbiában, Horvátországban és Olaszországban termesztik.

Ampelográfiai jellemzői: Tőkéje közepesen erős növekedésű, vesszői közepes vastagságúak, középhosszú ízközüek, barnás színűek. Levelei vastagak, kissé hólyagos felületűek, alig tagoltak. A fürtök közepesen nagyok, lazák, hengeresek.

Termesztési értéke: Fagyra és rothadásra érzékeny, késői érésű, bőtermő fajta. Bora illatos, fajtajelleges, karakteres, a világhírű tokaji aszú fő alapanyaga (Bényei 2005, Bényei 1999, Prohászka 1978).

A jellemzett fajtát a Nyúlászó, Úrágya, Urbán és Szent Tamás és Hétszőlő dűlőkből gyűjtöttük. Az egyes dűlőkön belül különböző fajtákkal, fajtákon belül különböző klónokkal találkozunk, illetve az ültetvények korai is különböznek, ezért dűlönként elsődlegesen a fajtaazonos minták gyűjtése volt a cél.

#### *Hárslevelű*

Hasonnevei: Lipovina, Lindenblättriger, Feuille de Tilleul

Származása: Őshonos magyar fehér borszőlőfajta.

Elterjedtsége: Legnagyobb területen a Tokaji borvidéken termesztik, ahol a furmint után a legfontosabb fajta. További fő termesztési területei: Mátrai, Egri és Villányi borvidék.

Ampelográfiai jellemzői: Tőkéje közepesen erős növekedésű, vesszői közepesen vastagok. Levelei vese vagy kerekded formájúak, melyek nyílt U alakú vállöböllel rendelkeznek. Fürtjei igen nagyok és hosszúak, a bogyók közepesek, gömbölyűek és lazán állva alkotják a fürtöt.

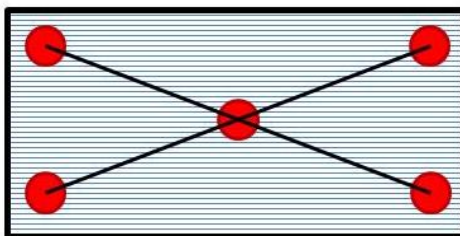
Termesztési értéke: A fajta érzékeny a fagyra, rothadásra és a szárazságra. Erős növekedésű, bőtermő, jól aszúsodó. Bora jellegzetes hársmez illatú, általában közepes testű jó savú (Bényei 2005, Bényei 1999, Prohászka 1978).

Hárslevelűt a Király-dűlőből illetve a Hétszőlő-dűlőből gyűjtöttünk. Az utóbbi dűlőből három mintavételi pontot jelöltünk ki furmint ültetvényben és hármat hárslevelűben.

### 3.3 A kísérlet módszerei

#### 3.3.1 A mintagyűjtés módszere

Minden kiválasztott dűlőn elhelyezkedő ültetvényben négy, öt vagy hat mintavételi helyet jelöltünk ki. A mintavétel helyének kijelölésénél a szegélyhatás elkerülésére a tábla széleitől két oszlopközt és két sort hagytunk el. Az öt mintavételi hely elrendezését a **10. ábra** mutatja be.



**10. ábra:** A mintavételi helyek elrendezése öt mintavételi pont esetében

A mintavételi helyekről 10 méter sugarú körben gyűjtöttünk bogyómintákat úgy, hogy 20 tőkeről, tőkénként 4 fürtöt mintázva, annak vállából, közepéből és csúcsából egy bogyót szedtem. Így összesen mintánként 240 bogyót gyűjtöttem. A bogyókat feliratozott polietilén zacskókba helyeztem, majd a BCE SZBI Szőlészeti Tanszékének laboratóriumába szállítottuk, ahol további feldolgozásig 4 °C fokos hűtőben tároltuk.

#### 3.3.2 A minták feldolgozása

A kiolvasztott mustmintákból 2 ml-t infralámpa alatt majdnem szárazra pároltunk. Hűtés után 3 ml tömény  $\text{HNO}_3$ -t és 3 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ -t adtunk a mintákhoz. További lepárlást folytattunk infralámpa alatt, amíg minden kristályos anyag el nem tűnt az oldatban, ekkor az oldatunk térfogata kb. 3 ml-re csökkent le. Hűtés után további 1ml tömény  $\text{HNO}_3$ -t és 1 ml

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-t mértünk az oldatokhoz. 5 napig állni hagytuk a mintákat majd 60 percig roncsoltuk azokat. Ezt követően végeztük az optikai vizsgálatot az elemkoncentrációk beméréséhez.

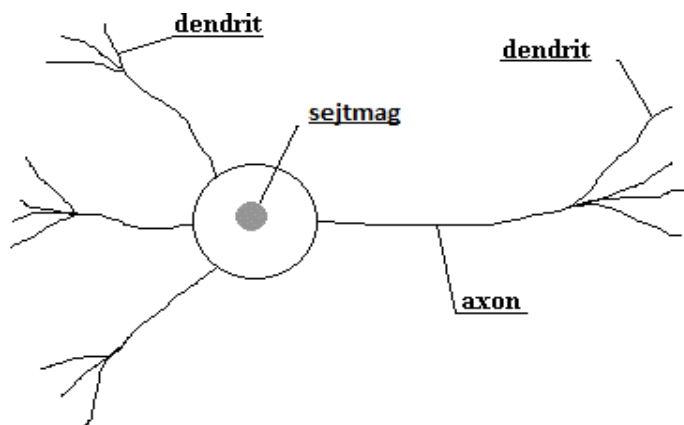
### 3.3.3 A must elemtartalmának meghatározása

A mustminták elemtartalmának meghatározása a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Karának laboratóriumában induktív csatolású plazma-tömegspektrometria (ICP-MS) módszerrel történt.

### 3.3.4 Alkalmazott statisztikai módszerek

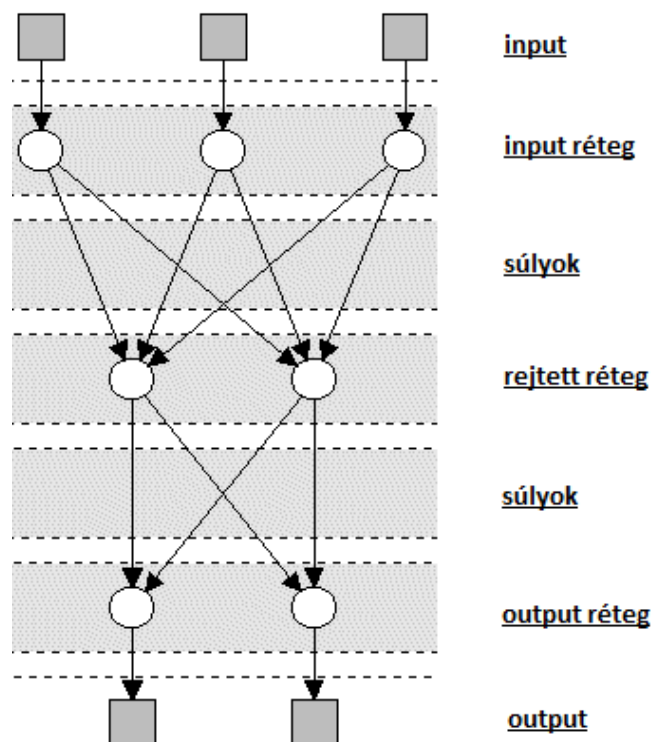
#### *Mesterséges neurális hálózatok*

A mesterséges neurális hálózatok ötlete az idegsejtek fiziológiájának alapelvéből indul ki. A dendritek által érzékelt információ a csomópontban (sejtmagban) dolgozódik fel, és az így feldolgozott információ az axonon keresztül jut el a következő csomóponthoz. A csomópontok és axonok egy bonyolult hálózatot alkotnak, és az információ sok lépésben jut el az ingerre adott válaszáért felelős központba (**11. ábra**).



**11. ábra:** Az idegsejtek felépítésének egyszerű szerkezeti sémája

A beérkezett, és már többszöri feldolgozáson átesett ingerre adott válasz (output) részben előre programozott (örökletes), részben a korábbi információk feldolgozása során tanult tapasztalattól függ. A neurális hálózatok tervezéséhez ebből a leegyszerűsített modellből indulunk ki, miközben felhasználjuk azt a tulajdonságát, hogy nagyszámú bemenő adatra vonatkozó választ ismerve a rendszer „tanítható”.



**12. ábra:** Egy egyszerű neurális hálózat általános modellje

A **12. ábrán** egy egyszerű neurális hálózat általános modelljét láthatjuk három bemenő változóval, egyetlen rejtett réteggel, azon belül két csomóponttal (*neuronnal*), valamint két kimenő változóval. A neurális hálózatok modelljeiben a rétegek és a neuronok száma elvileg tetszőleges számú lehet. Egy csomópontból a kimeneti értéket a súlyozott bemeneti értékektől egy ún. aktiváló (feldolgozó) függvényen keresztül kapjuk. Egy neurális hálózat kimeneti változóinak értékei a hálózat alakjától, összetettségétől, a súlyaitól, valamint az aktiváló függvénytől függenek (Reiczigel et al., 2012; Bishop, 1995).

Az ún. MLF (*Multi-Layer Feedforward*) módszerben a tangens hiperbolicus aktiváló függvényt használtuk a rejtett rétegben, és az identitást az output rétegben. Egyetlen kategória típusú függő változóhoz annyi output változót használtunk, ahány kategória értéke van az adott függő változónak. Egy elemet abba a kategóriába soroltunk, amelyikhez tartozó output változó a legmagasabb aktiváló függvényértéket adta (Masters, 1995).

A neurális hálózat tanítása (*training*) azt jelenti, hogy keresünk egy olyan súlyhalmazt, amellyel az outputot generálva egy jó közelítést kapunk az ismert kimeneti értékekre, esetünkben a kategóriaváltozó értékeire. A hibát az átlagos eltérés-négyzetösszeg négyzetgyökével definiáltuk (*mean square error*, MSE). Véletlen súlyozással indultunk, és kiszámoltuk az output hibáját. A következő lépésben az ún. konjugált gradiens módszert használtuk a hiba lokális minimumának keresésére. Annak érdekében, hogy végül a globális

minimumhelyet is elérjük, ezt a másodrendű determinisztikus optimalizáló módszert felváltva alkalmazzuk az ún. SA (*simulated annealing*) sztochasztikus módszerrel, amelynek az a lényege, hogy minden lépésben bizonyos valószínűséggel nemcsak az adott pont közelében lévő minimumot keresi, hanem akár a hiba növelésének árán is egy véletlenszerű nagyobb lépést is tesz, amellyel elkerülhető, hogy megrekedjen egy lokális minimumhely közelében. Az ilyen nagyobb lépések valószínűsége a hiba csökkenésével csökken (Granville et al., 1994; Kirkpatrick et al., 1983).

Megfelelően sok rejtett réteget és neuront építve a modellbe tetszőleges pontosság érhető el a hálózat tanításával, ez viszont a túltanulással (*overfitting*) járhat. Ennek elkerülésére az adathalmazt kétfelé vágva egy tanító és egy tesztadatsort hozunk létre. Ezután egyszerre vizsgáljuk a tanító és a tesztállományon a súlyok kalibrálása során a hiba változását. A tanítást akkor állítjuk le, amikor a tanító halmazon a hiba csökken, de a tesztalmazon már növekszik, azaz a hálózat már nem a teljes adathalmazra jellemző információt tanulja, hanem a tanuló halmaz specifikus tulajdonságait sajátítja el (Masters, 1995).

Az osztályozás akkor hatékony, ha a módszert különböző véletlen súlyhalmazzal indítva sokszor lefuttatjuk, és a legjobb megoldást választjuk, így növelve annak esélyét, hogy valóban elérjük a globális minimumot.

Az ún. PN (*Probabilistic Neural*) módszer a fent ismertetett MLF módszer alapötletére támaszkodik, speciálisan kategória típusú output változóra alkalmazható. A PN módszer az MLF módszert úgy finomítja, hogy egy simítófüggvény segítségével egy, a tanító adathalmazból érkező bemenő adathoz „közelebb” lévő esetek nagyobb súlyt kapnak, mint a távolabbiak, és így a kimenő változó értékét jobban befolyásolják. A távolságot a bemenő adatokra mint vektorra vonatkozó euklideszi távolságfüggvénnyel definiáljuk (Sprecht, 1990, 1991).

Miután a tanulási folyamat lezajlott, a kapott struktúrát elmentve tesztelhetjük az egész adatsoron az eredményt, továbbá az ismeretlen kimenetelű esetekhez is megadhatjuk a tanult módszer alapján kapható választ, azaz a módszer eredménye további esetek besorolására (predikcióra) alkalmas.

A PN módszer előnye, hogy a tanulási folyamat gyors, és nemcsak a csoportosítás eredményét adja meg, hanem a csoportba kerülés valószínűségét is. Az MLF módszer előnye, hogy azokra az esetekre is viszonylag megbízható, amelyek a tanító adatsor értéktartományán kívül esnek, valamint az, hogy kisebb adatsorra is sikeres.

A módszerek kiértékeléséhez többek között *cross-validációt* használtunk, ami úgy működik, hogy az adatok egy meghatározott százalékát véletlenszerűen kiválasztva megkeressük az ezen adathalmaz alapján legmegfelelőbbnek látszó modellt, majd a maradék adatokon teszteljük a kapott struktúra segítségével nyerhető osztályozás hatékonyságát, azaz esetünkben azt, hogy mekkora arányban tudta reprodukálni a dűlők által meghatározott kategóriákat.

### *Diszkriminanciaanalízis*

A diszkriminanciaanalízis a megfigyelt objektumok csoportosítására alkalmas biometria módszer, melynek során egyszerre több független kvantitatív változó alapján igyekszünk elkülöníteni az előzetesen már besorolt egyedeket, azaz a független változókkal szeretnénk magyarázni, igazolni az előzetes besorolást. A magyarázó  $X_1, X_2, \dots, X_k$  változók  $D_i = a_{i0} + a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ik}X_k$  ( $a_{ij} \in \mathbf{R}$ ) lineáris kombinációjaként létrehozunk olyan  $D_i$ , ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) diszkrimináló függvényeket, melyek értékei alapján az egyedek jól elkülöníthetők (Székelyi és Barna, 2003; Münnich et al., 2006).

Az analízis a független változók számával megegyező számú ( $k$ ) dimenziós teret hoz létre, amelyben  $k$  dimenziós pontokként helyezi el a megfigyelt egységeket. A diszkriminanciaanalízis célja tehát egy vagy több olyan, ún. diszkrimináló függvény létrehozása, melyek a lehető legélesebb vágással képesek elválasztani az eredetileg osztályba sorolt objektumokat a  $k$  dimenziós térben. A diszkrimináló függvény úgy vetíti le a csoportokat egy  $k$ -nál alacsonyabb dimenziós térbe, hogy azok eloszlásai a legkisebb mértékben fedjék át egymást. A módszer tesztelése során vizsgáljuk a diszkriminációs függvények (elvágó síkok) elválasztó erejének szignifikanciáját, valamint azt, hogy az előzetes besorolást milyen százalékban képes visszaadni a síkbeli vágás.

A diszkrimináló függvények alkalmasak annak meghatározására is, mely változók magyarázzák a legjobban a csoportok közötti különbségeket. A módszer további haszna, hogy ha ezek diszkrimináló függvények jól elválasztják az objektumokat, akkor a továbbiakban az eredeti változók értékei alapján az osztályba sorolás előre jósolhatóvá válik olyan objektumokra is, melyek besorolása nem ismert.

Mivel a diszkriminanciaanalízis megköveteli az adatok normalitását, ezért azokat változókat (Na, Fe, Mn, Sr), amelyeknél a normalitás sérült, Box-Cox (Box Cox, 1964.)

transzformációnak vetettük alá, mégpedig rendre a  $\lambda=0$ ;  $\lambda=0,4$ ;  $\lambda=-0,6$ ;  $\lambda=-1,1$  paraméterekkel. A normalitást végül d'Agostino teszttel igazoltuk (d'Agostino et al., 1990.).

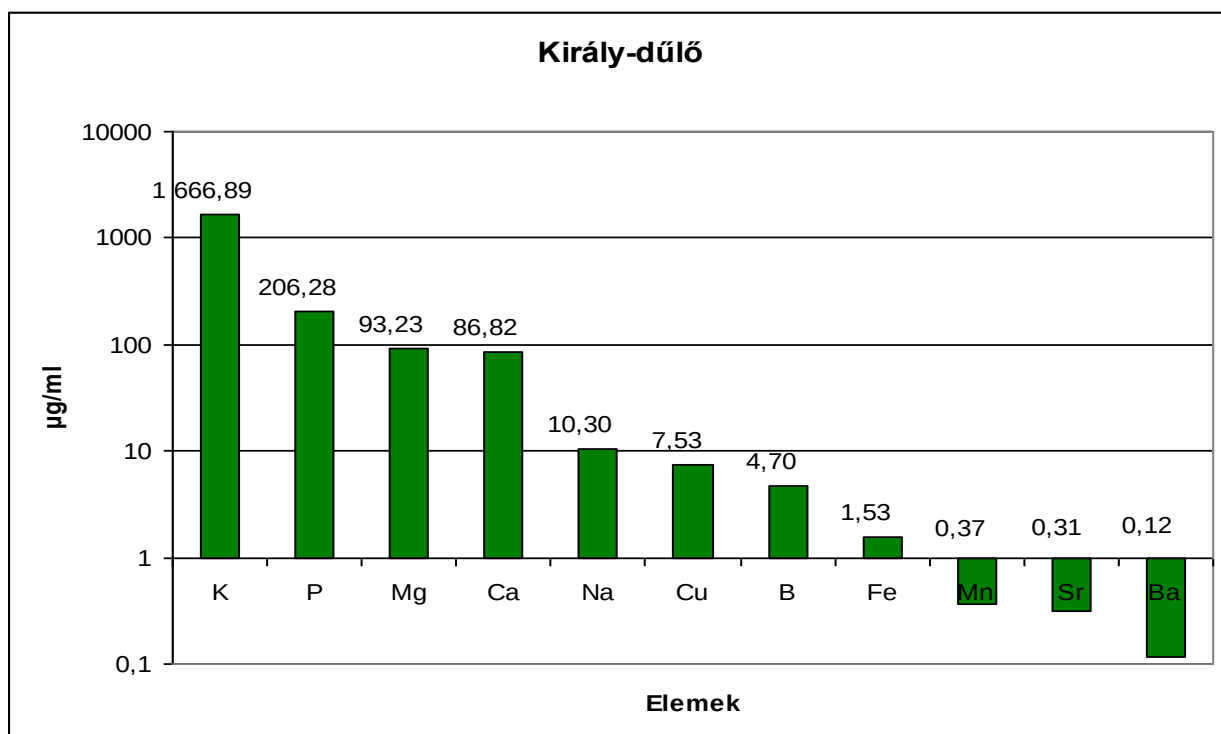
A munkához az alábbi szoftvereket használtuk: Microsoft Excel, SPSS, Palisade Neural Tools.

## 4 Eredmények

### 4.1 A vizsgált dűlőkről származó mustok elemösszetétele

#### 4.1.1 Király-dűlő

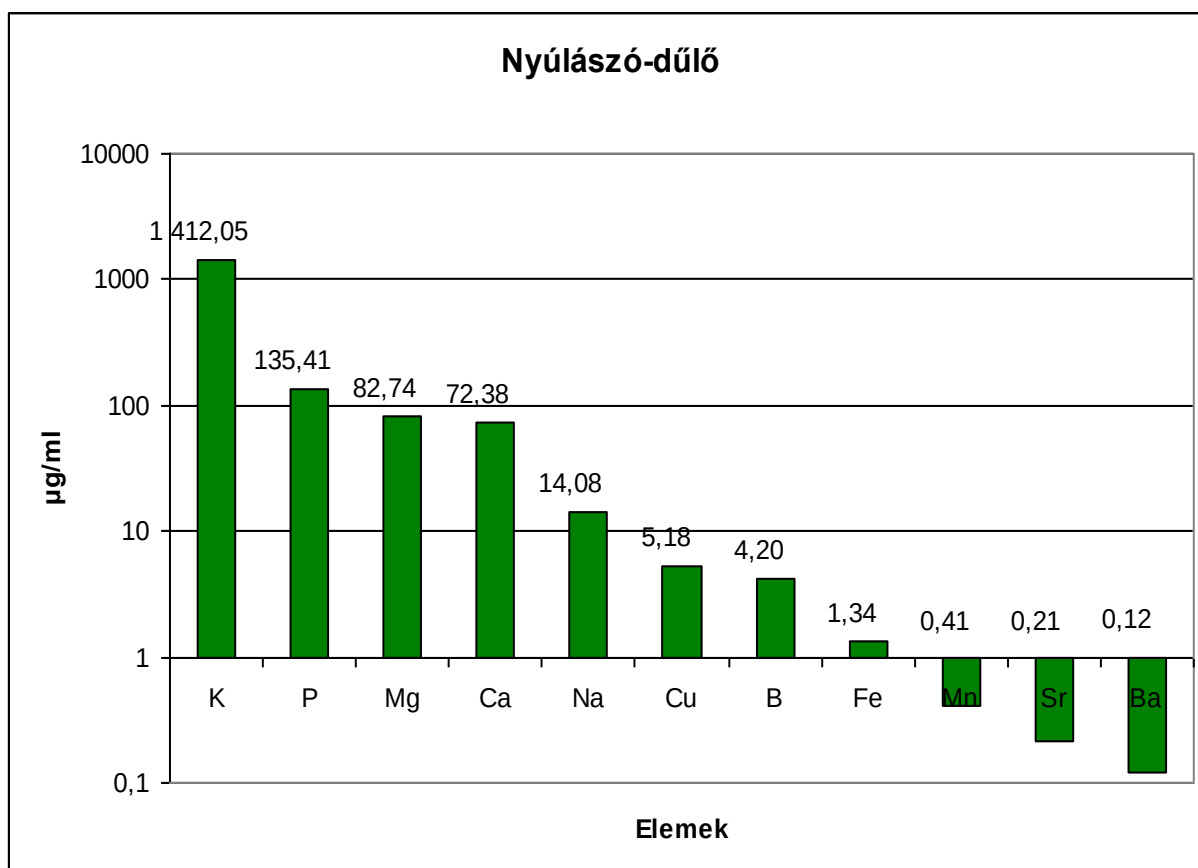
A Király-dűlőből származó mustminták elemtartalmi eredményei a **13. ábrán** láthatóak. Az elemek közül a legmagasabb értékeket K érte el (1667 µg/ml). A mustmintákat alkotó többi elem a K értékeihez képest sokkal alacsonyabbak. A vizsgált dűlőből származó minták átlag foszfor tartalma 206,28 µg/ml. A mustok ezen a területen a magnézium tekintetében 93,23 µg/ml, kalcium esetében 86,82 µg/ml átlagkoncentrációval rendelkeznek, a Mg:Ca aránya 1,074. A nátrium és a réz közel azonos értékekkel bírnak, a bór értékei ezeknél alacsonyabbak. A mikroelem vizsgálatok során bemért további elemek koncentrációi nagyságrendekkel kisebbek a már említett elemtartalmaknál. A minták átlagolt vas tartalma 1,53 µg/ml. A mangán és stroncium eredményei hasonlóak 0,37 µg/ml, illetve 0,31 µg/ml. A bemért elemek közül mérési határt elérők közül a legalacsonyabb átlag értékeket a bárium tartalmazza 0,12 µg/ml-t.



**13. ábra:** A Király-dűlő átlagolt ásványi elem tartalma

#### 4.1.2 Nyúlászó-dűlő

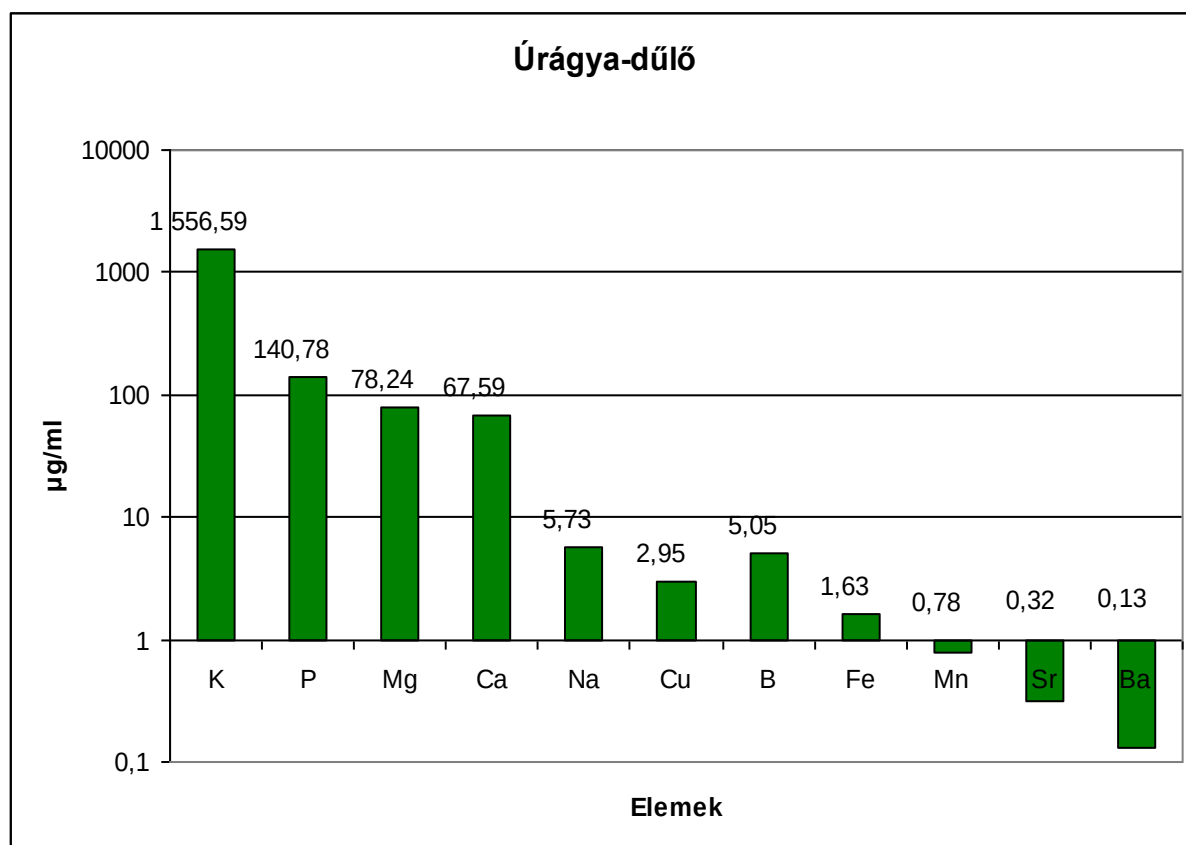
A Nyúlászó-dűlőben gyűjtött minták elemtartalmainak átlageredményeit a **14. ábra** tartalmazza. A legmagasabb értékeket a kálium esetében figyeltük meg, a minták átlag K tartalma 1412 µg/ml. A minták foszfor tartalma 135,41 µg/ml átlagkoncentrációt mutattak a Nyúlászó-dűlőben. A magnézium átlageredménye a területről származó mintákban 82,74 µg/ml, a kalciumé pedig 72,38 µg/ml. A Mg:Ca aránya 1,143. Az induktív csatolású plazma-tömegspektrometria módszer nátrium esetében 14,08 µg/ml átlagkoncentrációt mutatott ki. A réz és a bór eredményei kis mértékben térnek el egymástól a Cu átlagértéke 5,18 µg/ml a B-é pedig 4,20 µg/ml. A dűlőből gyűjtött minták vas elemtartalmának vizsgálatakor a minták átlageredményei 1,34 µg/ml-os koncentrációt adtak. A legkisebb értékeket a mangán, stroncium és a bárium elemek adták, sorrendben 0,41 µg/ml, 0,21 µg/ml, 0,12 µg/ml koncentrációkkal.



**14. ábra:** A Nyúlászó-dűlő átlagolt ásványi elem tartalma

### 4.1.3 Úrágya-dűlő

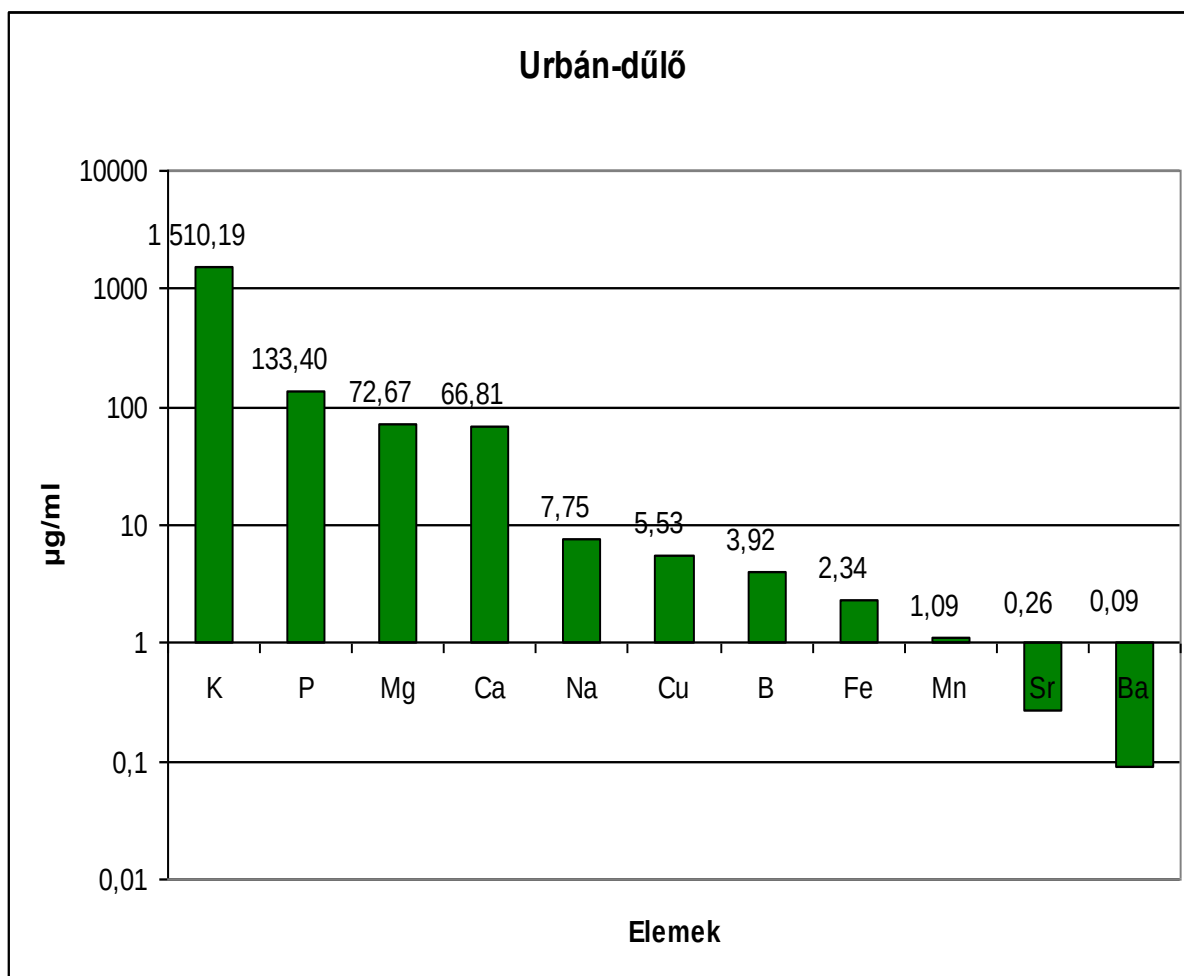
Az Úrágya-dűlőben gyűjtött bogyómintákból készült mustminták kiértékelése során a legmagasabb értékeket ezen a területen is a K érte el, mely átlageredménye 1557 µg/ml. Az egyes elemkoncentrációk a **15. ábráról** olvashatók le. A minták fosztor átlag koncentrációja 140,78 µg/ml. A magnézium és a kalcium aránya 1,158 átlagértékei 78,24 µg/ml és 67,59 µg/ml. Az Úrágya-dűlőből származó nátrium és bór eredmények hasonló koncentrációt mutatnak Na: 5,73 µg/ml B: 5,05 µg/ml, a réz hozzájuk képest alacsony 2,95 µg/ml átlagértéket mutat. A vizsgált területről származó mustok átlagosan 1,63 µg/ml vas koncentrációt mutatnak. A mangán átlageredménye a vashoz hasonlítva kevesebb mint a fele, 0,78 µg/ml. Az Úrágya-dűlőből származó mustminták vizsgálatakor a mérési határt elérő elemek közül a stroncium és a bárium érte el a legalacsonyabb elemkoncentrációkat, sorrendben 0,32 µg/ml és 0,13 µg/ml-t.



**15. ábra:** A Úrágya-dűlő átlagolt ásványi elem tartalma

#### 4.1.4 Urbán-dűlő

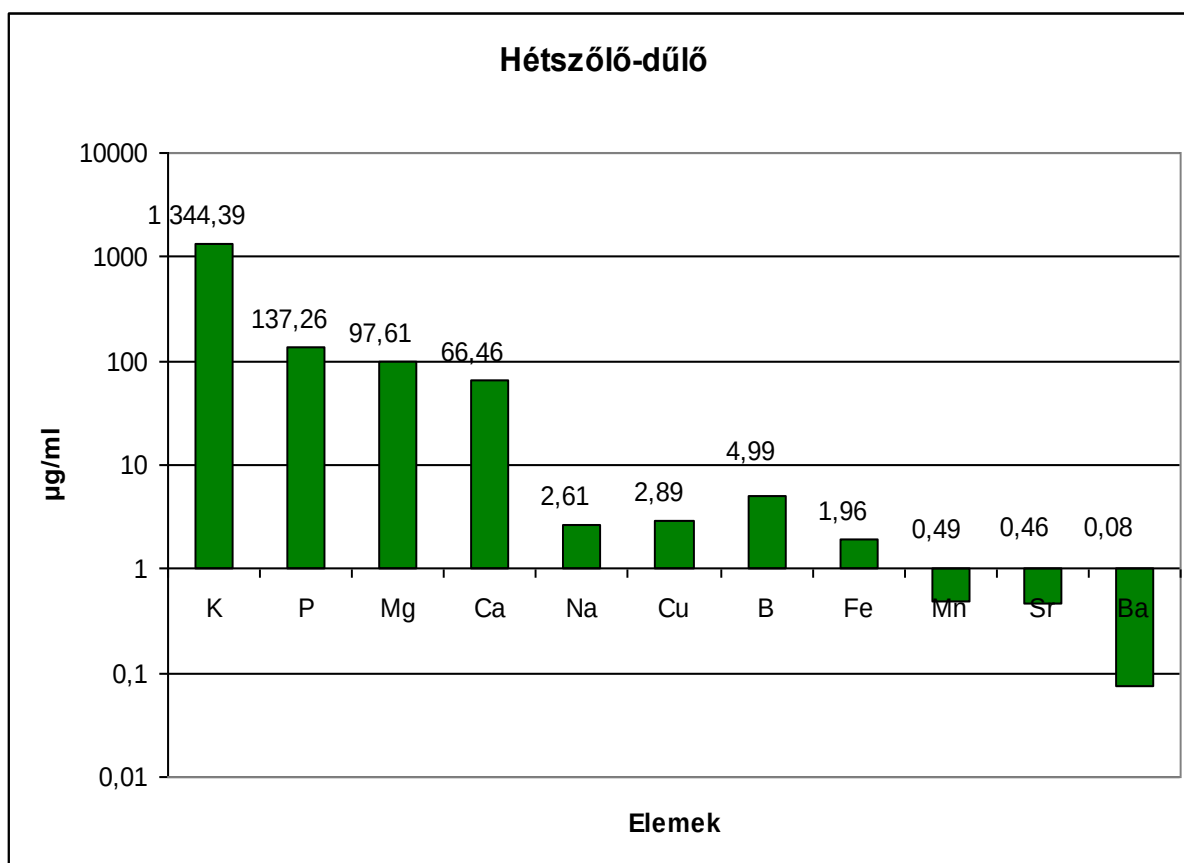
Az Urbán-dűlőből származó mintasor eredményei közül is kiemelkedik mustok K tartalma, 1510,19  $\mu\text{g/ml}$ -rel. A mintasor elemtartalmainak átlagait a **16. ábra** mutatja be. A kálium után a legmagasabb elemkoncentrációt a foszfor érte el (133,40  $\mu\text{g/ml}$ ). A magnézium értéke 72,67  $\mu\text{g/ml}$ , a kalciumé 66,81  $\mu\text{g/ml}$ , a Mg:Ca aránya 1,088. A nátrium, réz, bór és vas koncentrációk a területről származó musmintákban a felsorolási sorrend szerint egyenletesen csökken, sorrendben az értékek a következők: 7,75  $\mu\text{g/ml}$ , 5,53  $\mu\text{g/ml}$ , 3,92  $\mu\text{g/ml}$  és 2,34  $\mu\text{g/ml}$ . A mangán koncentrációk magasak a területről származó mustokban (1,09  $\mu\text{g/ml}$ ). A stroncium átlagértéke 0,26  $\mu\text{g/ml}$ . A barium rendkívül alacsony értéket mutat de a mérési határt az összes minta elérte, átlagos koncentrációja 0,09  $\mu\text{g/ml}$ .



**16. ábra:** A Urbán-dűlő átlagolt ásványi elem tartalma

#### 4.1.5 Hétszőlő-dűlő

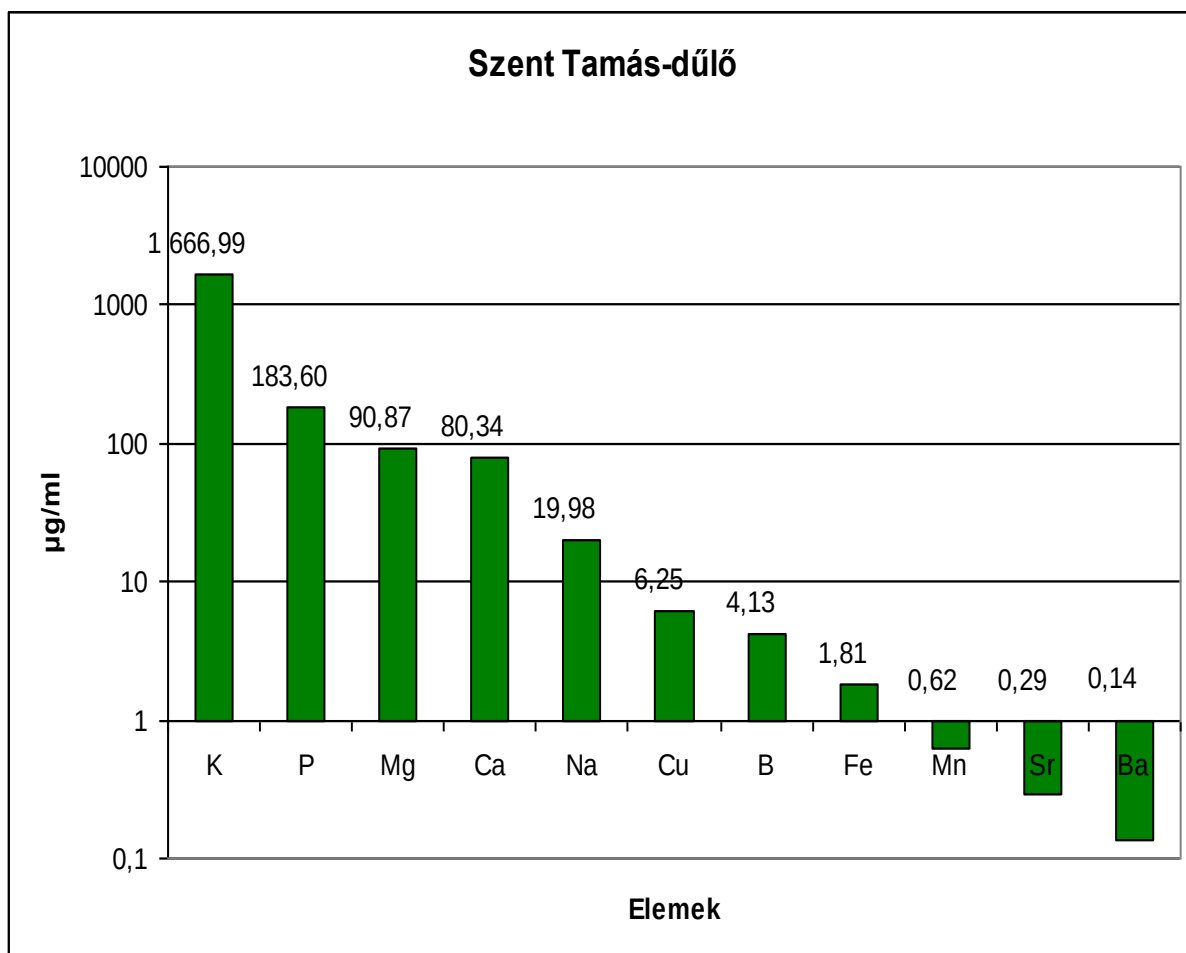
A Hétszőlő-dűlő mintasorának elemkoncentráció eloszlásait a **17. ábra** mutatja be. A legmagasabb értékeket a minták kálium tartalma adta (átlag 1344,39 µg/ml). A laboratóriumi vizsgálat foszfor esetében átlagosan 137,26 µg/ml koncentrációt eredményezett az elemzett dűlő mintáiban. A magnézium átlagkoncentrációja a területen 97,61 µg/ml, míg a kalciumé 66,46 µg/ml. A Mg:Ca arány 1,469. A Hétszőlő-dűlőből származó mintasor Na átlag eredménye alacsony 2,61 µg/ml, ennél alig magasabb a Cu értéke (2,89 µg/ml). A bór koncentrációk átlagai magasnak számítanak az előző két elemhez képest (4,99 µg/ml). A vas koncentrációira nézve a mérési eredmények 1,96 µg/ml átlagot adtak. A mangán és stroncium értékek hasonlóak a területről gyűjtött mintákban, sorrendben 0,49 µg/ml és 0,46 µg/ml értékeket mutattak az átlagok. A legkisebb koncentrációval rendelkező elem bárium (0,08 µg/ml).



**17. ábra:** A Hétszőlő-dűlő mintáinak átlagolt ásványi elem tartalma

#### 4.1.6 Szent Tamás-dűlő

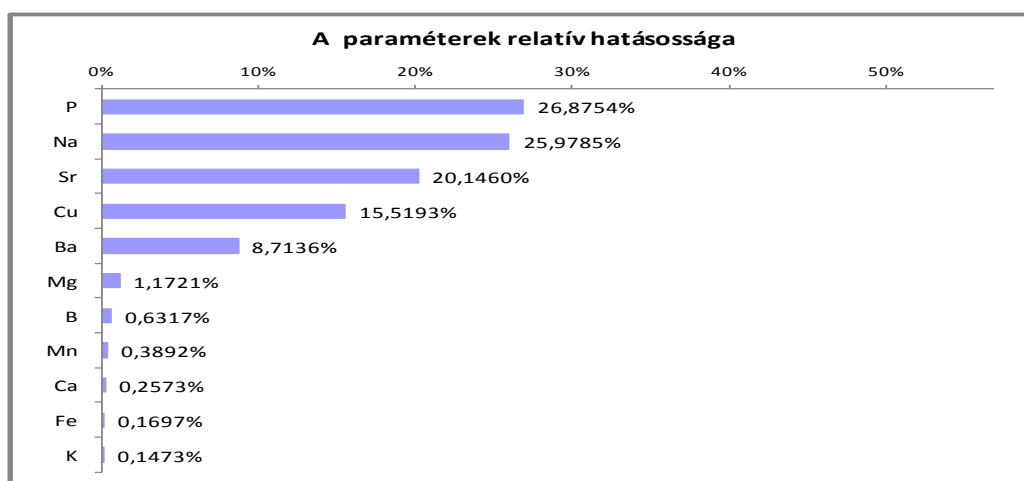
A Szent Tamás-dűlő mintasorának elemkoncentrációit átlagolva a **18. ábra** mutatja be. A vizsgált területről származó mustok kálium koncentrációi 1667 µg/ml átlagot értek el. A foszfor átlag értéke a dűlő mintáiban 183,60 µg/ml. A mért és átlagolt magnézium és kalcium koncentrációk a következők: 90,87 µg/ml és 80,34 µg/ml. A Mg:Ca aránya 1,131. A mintasor nátrium átlagolt koncentrációja 19,98 µg/ml. A réz értékeitől jól elkülönülnek a bór értékei, az előbbi 6,25 µg/ml, az utóbbi 4,13 µg/ml átlag koncentrációt mutat. A vas ebben a dűlőben mért eredményeinek az átlaga 1,81 µg/ml. A mangán esetében az bemért és számított értékünk 0,62 µg/ml, ami jóval magasabb stronciumnál tapasztalt 0,29 µg/ml értéknél. A bárium átlag értéke a Szent Tamás-dűlőben 0,14 µg/ml.



**18. ábra:** A Szent Tamás-dűlő mintáinak átlagolt ásványi elem tartalma

## 4.2 A vizsgált dűlők mustjának elkülönítése a neurális hálózatok módszerével

Az MLF módszert egyetlen rejtett rétegre és 2,3,4,5, illetve 6 neuron alkalmazásával a standardizált adatokra futtattuk. Emellett a PN módszer eredményét is megvizsgáltuk. Összehasonlításakor azt kaptuk, hogy a legjobb eredményt a PN módszerrel értük el. Hosszas szűrési eljárást követően 11 paraméter (Ca, K, Mg, Na, P, B, Ba, Cu, Fe, Mn, Sr) bizonyult meghatározónak az elválasztásban. A tanító adatsor és a tesztadatsor arányát 5:1-re állítottuk be, ez 25 elemű tanító adatsort és 5 elemű tesztadatsort jelentett. A tanító halmazra és a teszthalmazra is 100%-osan helyes besorolás született. Az egyes elemeknek a besorolásban betöltött szerepéről a paraméterek relatív fontosságából következtethetünk (19. ábra). A neurális hálózat felépítésében a legfontosabb elemnek a P bizonyult, amit a Na, a Sr, a Cu és a Ba követett.



19. ábra: A paraméterek relatív hatásossága

A felépített hálózat segítségével a teljes adathalmaz besorolása 100%-ban helyesnek bizonyult (20. ábra)

| Classification Matrix |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
| (for testing cases)   |   |   |   |   |   |   |
|                       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1                     | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2                     | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3                     | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 4                     | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| 5                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| 6                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |

20. ábra: A neurális hálózatokkal történt minta besorolás

### 4.3 A vizsgált dűlők mustjainak elkülönítése diszkriminancia analízissel

A dűlők mustjainak elkülönítését diszkriminancia analízissel is elvégeztük. A diszkriminancia analízis során a Wilk-féle  $\Lambda$  értékek megadják, hogy hány százalékban magyarázzák a változók a csoportosító változók varianciáját. Ezt Khi-négyzet-próbával tesztelve az első két diszkrimináns függvény bizonyult szignifikánsnak, bár még további két diszkrimináns függvényhez tartozó kanonikus korreláció érték is magas (0,77 és 0,73) (**1. táblázat**).

**1. táblázat:** Diszkrimináns függvények szignifikancia szintjei

| Diszkrimináns<br>függvény | kanonikus<br>korreláció<br>( $\eta$ ) | Wilk-<br>féle<br>$\Lambda$<br>$\eta^2 = 1 - \Lambda$ | Khi-<br>négyzet | szabadsági<br>fok | szignifikancia<br>szint |
|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| 1                         | 0,967                                 | 0,002                                                | 125,58          | 65                | 9,73E-06                |
| 2                         | 0,867                                 | 0,034                                                | 69,29           | 48                | 0,02                    |
| 3                         | 0,773                                 | 0,137                                                | 40,68           | 33                | 0,17                    |
| 4                         | 0,727                                 | 0,342                                                | 22,02           | 20                | 0,34                    |
| 5                         | 0,524                                 | 0,725                                                | 6,58            | 9                 | 0,68                    |

A dűlők elválasztás sikere a fenti diszkrimináns függvények segítségével 100%-osnak bizonyult.

A Wilk-próba szerint a minták elkülönítésénél a legfontosabb szerepet játssza a Na, melyet fontossági sorrendben a Sr, a Mg, a Ba, a Cu, a P, a Mn és a B követ (**2. táblázat**). A bizonyos dűlőkhöz tartozó minták elkülönítésekor mindkét módszer szerint a Fe, a K és a Ca a legkevésbé szignifikáns.

**2. táblázat:** Az elemek fontossága a diszkriminancia analízis során

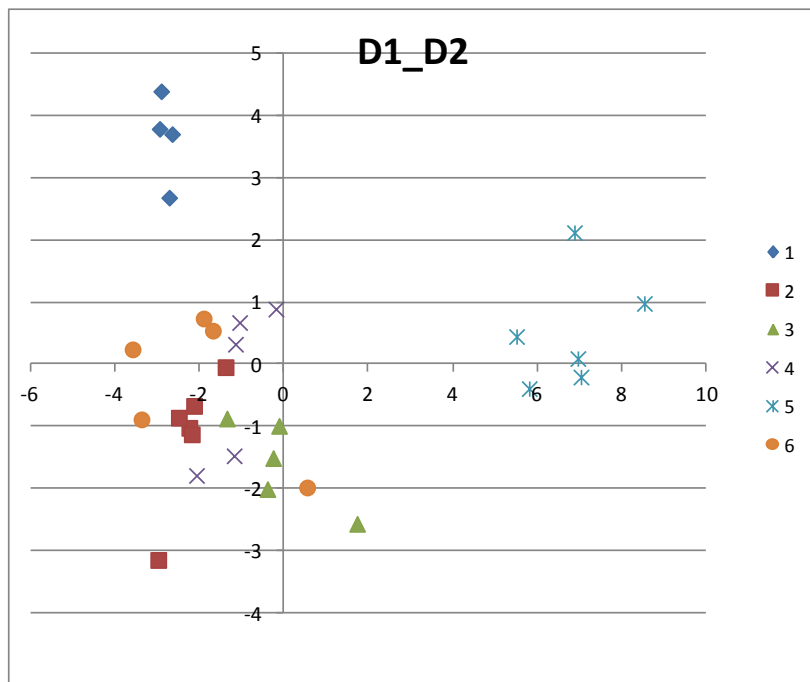
|        | Wilk-próba az elemek<br>átlagértékeinek egyezésére az<br>egyes csoportokban |       |                          | A diszkriminációs függvények és<br>az elemek korrelációja |        |        | A diszkriminációs függvény<br>standardizált együtthatói |        |        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|--------|--------|---------------------------------------------------------|--------|--------|
| elemek | Wilk-féle<br>$\Lambda$                                                      | F     | szignifika<br>ncia szint | 1                                                         | 2      | 3      | 1                                                       | 2      | 3      |
| Na     | 0,452                                                                       | 6,056 | 0,001                    | -0,273                                                    | -0,023 | -0,061 | -0,202                                                  | 0,062  | -0,115 |
| Sr     | 0,560                                                                       | 3,933 | 0,009                    | 0,175                                                     | 0,248  | -0,043 | 0,753                                                   | 1,224  | -0,200 |
| Mg     | 0,566                                                                       | 3,834 | 0,010                    | -0,167                                                    | -0,102 | -0,394 | -0,606                                                  | -0,663 | -1,000 |
| Ba     | 0,569                                                                       | 3,791 | 0,011                    | -0,155                                                    | 0,243  | 0,092  | -1,058                                                  | 0,993  | 0,225  |
| Cu     | 0,623                                                                       | 3,025 | 0,029                    | 0,114                                                     | 0,279  | -0,363 | 2,317                                                   | -0,716 | -0,639 |
| P      | 0,636                                                                       | 2,858 | 0,036                    | -0,083                                                    | 0,313  | -0,193 | -1,128                                                  | 1,218  | 0,455  |
| Mn     | 0,667                                                                       | 2,493 | 0,058                    | 0,058                                                     | -0,222 | 0,365  | 0,671                                                   | -1,503 | 0,781  |
| B      | 0,730                                                                       | 1,853 | 0,139                    | 0,097                                                     | 0,056  | -0,275 | 0,206                                                   | 0,123  | -0,400 |
| Fe     | 0,777                                                                       | 1,431 | 0,248                    | 0,060                                                     | 0,019  | 0,351  | 0,494                                                   | 0,067  | 0,177  |
| K      | 0,780                                                                       | 1,408 | 0,256                    | -0,095                                                    | 0,097  | -0,036 | -0,480                                                  | -0,251 | -0,162 |
| Ca     | 0,792                                                                       | 1,313 | 0,291                    | -0,078                                                    | 0,190  | -0,153 | -0,676                                                  | -0,803 | 0,804  |

A felhasznált kemometriai módszerek közel ugyan azokat az elemeket, ugyan más-más fontossági sorrendben vették alapul a termőhelyek elkülönítésénél (**3. táblázat**).

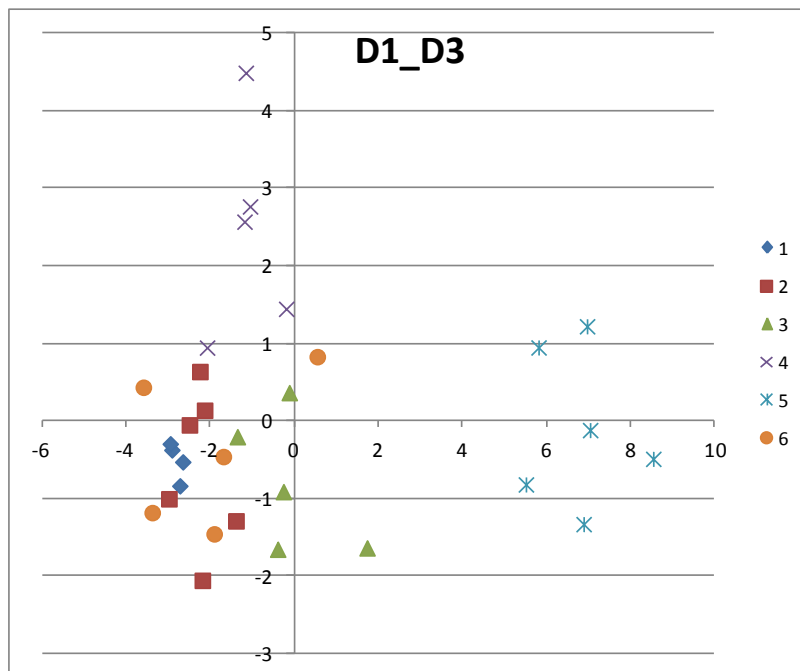
**3. táblázat:** Az elemek fontossága a felhasznált kemometriai módszereknél

| Elemek relatív hatásossága a neurális<br>hálózatban |        | Elemek szignifikancia szintje az egyes<br>csoportok szétválasztásában<br>(diszkriminanciaanalízis) |       |
|-----------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| P                                                   | 26,88% | Na                                                                                                 | 0,001 |
| Na                                                  | 25,98% | Sr                                                                                                 | 0,009 |
| Sr                                                  | 20,15% | Mg                                                                                                 | 0,010 |
| Cu                                                  | 15,52% | Ba                                                                                                 | 0,011 |
| Ba                                                  | 8,71%  | Cu                                                                                                 | 0,029 |
| Mg                                                  | 1,17%  | P                                                                                                  | 0,036 |
| B                                                   | 0,63%  | Mn                                                                                                 | 0,058 |
| Mn                                                  | 0,39%  | B                                                                                                  | 0,139 |
| Ca                                                  | 0,26%  | Fe                                                                                                 | 0,248 |
| Fe                                                  | 0,17%  | K                                                                                                  | 0,256 |
| K                                                   | 0,15%  | Ca                                                                                                 | 0,291 |

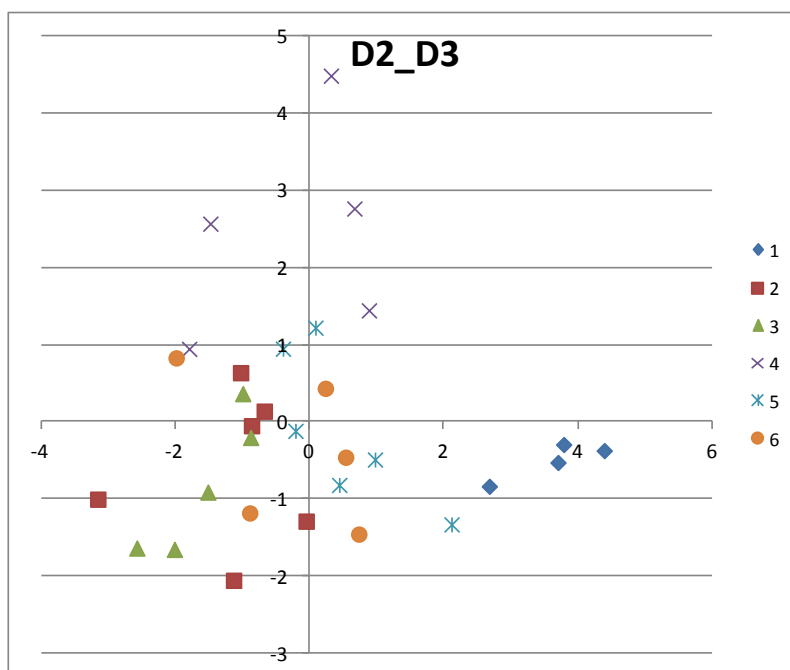
Az egyes dűlőkről származó adatok ábrázolása a diszkrimináns függvények által alkotott koordináta-rendszerben a **21-23. ábrán** szemléltjük.



**21. ábra:** A dűlőkből származó minták eloszlása az 1. és a 2. diszkrimináns függvények alapján

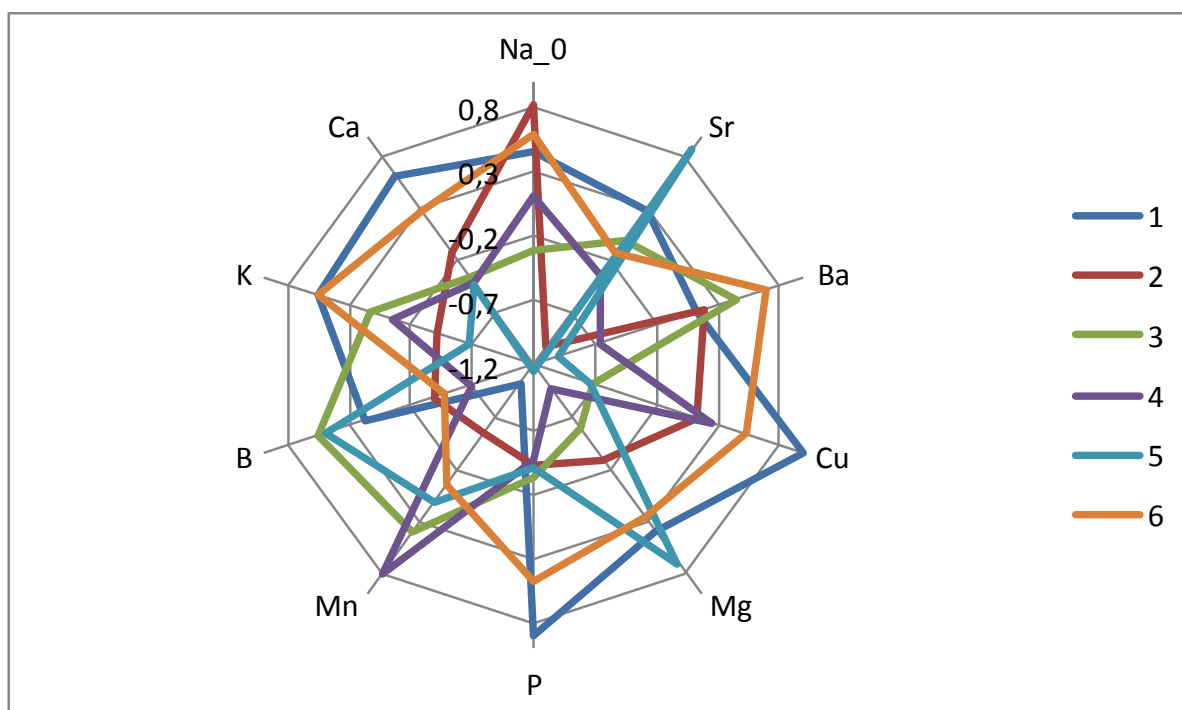


**22. ábra:** A dűlőkből származó minták eloszlása az 1. és a 3. diszkrimináns függvények alapján



**23. ábra:** A dűlőkből származó minták eloszlása az 2. és a 3. diszkrimináns függvények alapján

Az egyes dűlők elem-profiljét a **24. ábra** mutatja be.



**24. ábra:** Az egyes dűlők elem-profilja

## 5 Következtetések

A vizsgált dűlők elemösszetétele az elemek egymásutáni mennyiségi rangsorát tekintve jelentősen nem különbözött. Az elemek mennyiségi sorrendje megegyezett Lukácsy (2006) Hétszőlő-dűlőben 2003-ban és 2004-ben mért eredményeivel. Az általunk vizsgált elemek mennyisége teljesen hasonló az Eperjesi et al. (1998) must elemtartamára vonatkozó értékeihez.

A kálium esetén a legmagasabb értékeket a zeolitokban gazdag Király és a Szent Tamás-dűlőben mértünk, míg a legalacsonyabb értékeket a löszös Hétszőlő-dűlő mintái adták. A mustok magas káliumtartalom a magas cukortartalom jelzője is lehet (Vercesi et al. 1991). Amennyiben a kálium magas koncentrációban van jelen a mustban, úgy később a bor pH értékének emelkedését is okozhatja a borkősav kiválása útján (Boulton 1980). Tehát a magas kálium tartalom a Tokaji borvidék szempontjából nem sorolható a kedvező mutatók közé. A borvidék borainak komplexitása nagyban függ a borok savtartalmától, savösszetételétől, és pH értékétől. A pH továbbá az erjesztés mikrobiológiáját is jelentősen befolyásolja, módosítja (Eperjesi et al. 1998). A must magas 3,6 feletti pH értéke az erjedés folyamatára, az erjedés mikroflóráján keresztül kedvezőtlen hatást gyakorolhat.

A legmagasabb foszfor koncentrációkat szintén az előbb említett két mádi dűlőből származó mintákban tapasztaltunk, a további területekről származó minták értékei alacsonyabbak.

A must és a bor biokémiai folyamataiban fontos szerepe van a magnéziumnak, több mint 300 enzim alkotó eleme. A magnézium nagy hatással bír az alkoholos erjedésre, az élesztők felszaporodására, a cukorfogyás mértékére, megnöveli az élesztő gombák magas hőmérséklettel szembeni ellenállóképességét (Walker 2002). A legmagasabb magnézium értékeket a Hétszőlő-dűlőben, a legalacsonyabbakat az Urbán-dűlőben gyűjtött mintáknál tapasztaltuk. A magnézium értékelésénél fontos említést tenni a magnézium: kalcium arányról is, amely csökkenése növeli az élesztők stresszérzékenységét (Brich és Walker 2000, Brich et al. 2003). A legalacsonyabb Mg:Ca arányokat a Király-dűlőből származó mintákban mértük.

Kalcium esetében is a legmagasabb koncentrációval rendelkező minták a Király és Szent Tamás-dűlőből származnak.

A bór az termésérés során a cukormolekulákkal alkotott komplexével segíti a cukrok sejtmembránon történő átdiffundálását, ezáltal a bogyókba való transzlokációját is (Szalai 1994). A legmagasabb bór értékeket az Úrágya-dűlő mintáiban mértük. Vélhetőleg e

mintákban a must cukortartalma is magasabb volt, így az erjedés után e termőhelyről származó bor alkoholtartalma is magasabb értéket vehetett fel. A must cukortartalma, valamint a must bór tartalma közötti pozitív korrelációt Lukácsy (2006) is igazolta.

Mindkét kemometriai módszer a legszignifikánsabb három elem közé sorolta a nátriumot és a stronciumot. A nátrium értékei az egyes dűlőkben jellemző koncentrációkat mutattak, ezek közül a legnagyobbakat a Szent Tamás, Király és Nyúlászó-dűlőkben tapasztaltunk, a legalacsonyabbat pedig a tokaji Hétszőlőben. A stronciumban legkoncentráltabb minták a löszön termesztett Hétszőlő-dűlőből származnak, az elem értékeinek szórása a dűlőkön belül minimális.

Mangánt vizsgálva kimagasló eredményeket találunk az Urbán-dűlőben, illetve a vele szomszédos, talajtaniilag hasonló, geológiaiilag azonos morfológiai egységen fekvő Úrágya-dűlőben.

A réz és a bárium is a felhasznált kemometriai módszerekkel történő elkülönítések mindkét esetében a legfontosabb hat elem között található. A Cu koncentrációkra ugyanaz érvényes mint a Na, Ca és K esetében. Meg kell említeni, hogy a szőlő növényvédelmében rendkívül fontosak a réz-szulfát, réz-oxiklorid és réz-hidroxid hatóanyagú növényvédőszer. Annak ellenére, hogy vizsgált minták származás szerint eltérést mutatnak a mustok réz tartalmában, az elmített ok miatt következtetések nem vonhatóak le a származás és a minták réz tartalma között (Karl 2006).

A bárium értékei a legalacsonyabbak az mintasorok elemei közül, legmagasabb koncentrációkat a Szent Tamás-dűlőben mértünk, bár ez esetben a szórás nagy.

Az alkalmazott statisztikai módszerek mindkét vizsgálat során 100%-os biztonsággal elkülönítették és csoportosították a mintákat származás szerint. A kemometria igazolta a talajtani és geológiai különbségeket. A löszön termesztett szőlők mustjai a Hétszőlő-dűlőben a legtöbb elem tekintetében merően eltérő profilt mutat a többi, ásványosabb dűlőhöz képest. A Király-dűlő mintái több elem esetében is a legmagasabb koncentrációkat mutatták, amelyek a statisztikai számításoknak jó alapot adtak a differenciáláshoz. Az elemkoncentráció értékek alapján a kemometriai módszerek az Úrágya és az Urbán-dűlők mintáit is elkülönítették a többitől, illetve a tárgyalt két területől származó mustokat is egymástól, köszönhetően mustok B és Ba értékeinek. A Nyúlászó-dűlő a legtöbb elemet tekintve nem rendelkezik kiugróan magas vagy alacsony értékekkel. A két alkalmazott statisztikai módszer azonban a vizsgált elemek együttes értékei által el tudta különíteni a Nyúlászó mintákat a többitől, illetve azonos csoportba sorolta őket az elemprofilok alapján. A Szent Tamás-dűlő mintái

adták a területen belüli legnagyobb szórásokat, melyet a dűlön belüli nagy mértékű változatosságnak tudhatunk be. A statisztikai módszerek az említett dűlőből származó mintákat, más területen gyűjtött mintákkal nem keverték, különálló csoportba helyezték a minták koncentrációi alapján.

A mintavételi, vizsgálati és statisztikai módszerek alkalmasnak bizonyultak mustok származási helyének elkülönítésére a Tokaji borvidék vizsgált területein. Úgy gondoljuk, hogy a különböző elemprofillal rendelkező mustok, a feldolgozás és az erjedés során tapasztalható elemváltozásokat is figyelembe véve (Kállay 2010) különböző karakterű borokat adnak, mely karakterek érzékszervi kóstolás során is elkülöníthetők. További mérések szükségesek azonban, hogy a termőhelyek végleges „ujjlenyomatát” az elemtartalom alapján kirajzolhassuk. A munka eredményei azonban körvonalazzák, hogy az alkalmazott kemometria módszerek alkalmasak a különböző termőhelyekről származó mustok leírására. A must minták eredményei utat mutatnak a végtermék, azaz a bor vizsgálatának relevanciájára, mellyel a dűlőszelektált borok az elemtartalom alapján karakterizálhatók. Így e módszerek alkalmazásával a borok eredetvédelelmi rendszerében a feltüntetett dűlő eredet (klasszifikáció) ellenőrizhetővé válhat.

## 6 Összefoglalás

A kísérlet helyszíne, a mintavételi módszer, a laboratóriumi vizsgálatok és a statisztikai módszerek egyöntetűen igazolták, hogy eltérő talajokon termesztett szőlők, eltérő ásványi anyagprofillal rendelkező gyümölcsöt nevelnek, mustot eredményeznek a vizsgált tokaji dűlőkben.

Igazolni tudtuk, hogy a mádi dűlők nemcsak geológiai, mikroklimában és talajtípusokban különböznek, hanem terméseik elemprofiljában is. Úgy gondoljuk, hogy a Tokaji borvidéken és különösképpen a Mád környéki dűlőkből származó, dűlőszelektáltan szüretelt szőlőkből készített borok más-más, rendkívül egyedi karakterrel rendelkeznek, a különböző termőhelyek rajtahagyják a borokon az „ujjlenyomatukat”, ezek szabályszerűségeinek leírásához, azonban további mérésekre van szükség.

Az alkalmazott kemometriai módszerek majdnem teljesen ugyanazt a szignifikanciai sorrendet állítják fel az elkülönítésnél vizsgált elemek között, ezáltal megtudtuk, hogy a származási helyeket, milyen módon és mekkora százalékban befolyásolja egyik vagy másik elem koncentrációjának eloszlása.

A kísérlet során erős korrelációkat tapasztaltunk az azonos dűlőkből származó mustminták többségében, bár a vizsgált mintasor mérete statisztikailag kicsi, és kizárólag a 2010-es évjáratból vannak eredményeink. Mégis úgy gondoljuk, hogy a munkánk következtetéseket adhat egy jövőbeli terület alapú klasszifikáció felállításához a Tokaji borvidéken.

Kísérletünket további dűlők vizsgálatba vonásával, a mintaszámok növelésével kívánjuk folytatni. Az különböző talajokról származó mustok, majd borok összefüggéseinek további kutatása a jelen dolgozat vizsgálati módszereivel, további talaj, must és borminták elemtartalmi koncentrációinak együttes kiértékelésével folytatható. Eltérő mélységből származó talajminták, ülepítettlen és ülepített mustok, illetve különböző borászati eljárásokkal készült borok több évjáratban való ismétléses vizsgálatok a tokaji eredetvédelmi rendszert és a dűlőklasszifikációt segíthetik.

## 7 Irodalomjegyzék

- Aires-De-Sousa, J. (1996). Verifying Wine Origin: A Neural Network Approach. *Am. J. Enol. Vitic* 47(4) pp. 410-414.
- Angerosa, F., Giacinto, L. D., Vito, R., & Cumitini, S. (1996). Sensory evaluation of virgin olive oils by artificial neural network processing of dynamic headspace gas chromatographic data. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 323–328.
- Berthold, M. R., & Diamond, J. (1998). Construction training of probabilistic neural networks. *Neurocomputing*, 19, 167–183.
- Bishop, C. M. (1995). *Neural Networks for Pattern Recognition*, Oxford, 1995.
- Bél M. (1984). *Magyarország népének élete 1730 táján*, Gondolat Kiadó, Budapest
- Bényei F., Lőrincz A., Sz. Nagy L. (1999). *Szőlőtermesztés*, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Bényei F., Lőrincz A. (2005). *Borszőlőfajták, csemege-szőlő-fajták és alanyok*, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Borosy A., Héberger K., Horvai Gy., Kolossváry I., Lengyel A., Paksy L., Rajkó R., Szepesváry P. (2001). *Sokváltozós adatelemzés (Kemometria)*, Szerk.: Horvai, Gy. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Botos E. P. Marcinkó F., (2005). *Tokaj, Bor-Kép Kiadó*, Budapest
- Box, G. E. P., Cox, D. R., (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 26 (2): 211-252.
- Boulton R. (1980). The general relationship between potassium and pH in grape juice and wine. *Am J. Enol. Vitic.*, 31 (2) 182-186. p.
- Brich, R. M., Ciani, M., Walker, G. M. (2003). Magnesium, calcium and fermentative metabolism in wine yeast. *Journal of Wine Research*, 14 (1) 3-15. p.
- Brich, R. M., Walker, G. M. (2000). Influence of magnesium ions on heat shock and ethanol stress responses of *Saccharomyces cerevisiae* \*. *Enzyme and Microbial Technology*, 26 (9-10) 678-687. p.
- Cichelli, A., Damiani, F., Murmura, F., Simonetti, M. S., Odoardi, M., Damiani, P. (2000). Classification of Montepulciano d'Abruzzo Wines by Linear Discriminant Analysis and Artificial Neural Networks. *Am. J. Enol. Vitic* 51(2) pp. 108-114.

Cliff, M. A., King, M. C., Schlosser, J. (2007). Anthocyanin, phenolic composition, colour measurement and sensory analysis of BC commercial red wines. *Food Research International* 40 pp. 92–100.

D'Agostino, R. B., Belanger, A., D'Agostino, R. B. Jr (1990). A suggestion for using powerful and informative tests of normality. *The American Statistician* 44 (4): 316–321.

Eperjesi I., Kállay M., Magyar I. (1998). *Borászat*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

Fabani P., Arrúa C., Baroni m., Diaz M., Vazques F., Wunderlin A. (2009). Evaluation of elemental profile coupled to chemometrics to assess the geographical origin of Argentinean wines

Ferreira, V., Fernandez, P., Cacho, J. F. (1996). A study of factors affecting wine volatile composition and its application in discriminant analysis. *Food Science and Technology*, 29. pp. 251–259.

Ferreiro-Armán, M., Da Costa, J. P., Homayouni, S., Martín-Herrero (2006). Hyperspectral Image Analysis for Precision Viticulture. In: Campilho, A., Kamel, M. (Eds.): *ICIAR 2006*, LNCS 4142, pp. 730–741. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006

Filep M. (1984). *A Szerencsi-dombvidék vulkáni utóműködéseinek vizsgálata*. Szakdolgozat. KLTE, Debrecen

Gasteiger, J., Zupan, J. (1993). Neural networks in chemistry. *Angewandte Chemie*, 32. pp. 503–527.

Granville, V., Krivanek, M., Rasson, J.P. (1994). Simulated annealing: A proof of convergence. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 16 (6): 652–656.

Haba, M., Mulet, A., Berna, A. (1997). Stability in Wine Differentiation of Two Close Viticultural Zones. *Am. J. Enol. Vitic* 48(3) pp. 285-290.

Haykin, S. (1999). *Neural networks*. London: Prentice Hall.

Hugh J., Jancis R. (2008). *A világ boratlasza*, Alexandra Kiadó, Pécs

Iztok J., Mitja K., Nives O., Jurkica. K., (2000). Use of SNIF-NMR and IRMS in combination with chemometric methods for the determination of chaptalisation and geographical origin of wines

Jancis R. (2005). *Boriskola*, Alexandra Kiadó, Pécs

- Jack F.R., Steele G.M. (2002). Modelling the sensory characteristics of Scotch whisky using neural networks-a novel tool for generic protection. *Food Quality and Preference*, 13(3), pp. 163-172.
- Jun-Feng Z., Zhen-Xue P., Hui-Juan D., Chang-Qing D., Reeves M., Qui-Hong P. (2012) *Elemental Patterns of Wines, Grapes, and Vineyard Soils from Chinese Wine-Producing Regions and Their Association*
- Karl B. (2006). *Szőlősgazdák könyve, Integrált szőlőtermesztés*, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Karátson D. (2002). *Magyarország földje*, Budapest. Magyar Könyvklub,
- Kállay M. (2010). *Borászati kémia*, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., Vecchi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *Science* 220 (4598): 621–630.
- Kiss J. (2007). *Tokaji aszú borok eredetvizsgálata szőlők és borok amin- és sav-összetétele alapján*, Doktori értekezés, BCE
- Kovács G. (1996). Növényvizsgálatok kiértékelése többváltozós módszerekkel. In: *Soproni Műhely* 6-7. sz.
- Kruzlicova, D., Mocak, J., Balla, B., Petka, J., Farkova, M., Havel, J. (2009). Classification of Slovak white wines using artificial neural networks and discriminant techniques. *Food Chemistry* 112 pp. 1046–1052.
- Lu, J., Tan, J., Shatadal, P., errard, D. E. (2000). Evaluation of pork colour by using computer vision. *Meat Science*, 56(1), 57–60.
- Lukácsy Gy. (2006). *A fűritkítés idejének és mértékének hatása a furmint és a hárslevelű fajták vegetatív és generatív teljesítményére Tokaj-Hegyalján*, Doktori értekezés, BCE
- Marini, F (2009). Artificial neural networks in foodstuff analyses: Trends and perspectives. A review. *Analytica Chimica Acta* 635 (2009) 121–131.
- Masters, T. (1995). *Advanced Algorithms for Neural Networks*, Wiley,
- Mátyás E. (2008). *A más környéki neogén utóműködés*, Egykori egyetemi doktori értekezés 1967, Mád
- Moret, I., Scarponi, G., Capodaglio, G., Zanin, S., Camaiani, G., Toniolo, A. (1980). Analytical parameters in the characterization of three Venetian wines. Application of the

statistical linear discriminant analysis. American Journal of Enology and Viticulture, 31. pp. 245–249.

Muir, D. D., Hunter, E. A., Banks, J. M. (1997). Aroma of cheese. 2. Contribution of aroma to the flavour of Cheddar cheese. Milch-wissenschaft, 52(2), 85–88.

Münnich Á., Nagy Á., Abari K. (2006). Többváltozós statisztika pszichológus hallgatók számára. Bölcsész Konzorcium, Debrecen (<http://psycho.unideb.hu/statisztika>)

Pazourek, J. Gajdosová, D. Spanilá, M., Farková, M., Novotná, K., Havel, J. (2005). Analysis of polyphenols in wines. 1081 pp. 48–54.

Podani, J. (1997). Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelseibe. Sciencia Kiadó, Budapest.

Prohászka F. (2003). Szőlő és Bor, Mezőgazda Kiadó, Budapest

Reiczigel, Zs., Bodor, P., Bisztray, Gy., D., Ladányi, M. (2012). Osztályozási módszerek szőlőrendszertani alkalmazása Journal of Agricultural Informatics.

Saavedra J., Bravo M., Carot J. M., Fuentealba C., Lukácsy Gy., Quiroz W., Yanez L. (2009). Chemometric approaches for the zoning of Pinot Noir wines from the Casablanca valley, Chile

Specht, D. (1990). Probabilistic Neural Networks, Neural Networks, 3, pp. 109-118;

Specht, D. (1991). A General Regression Neural Network, IEEE Transactions on Neural Networks, 2, pp. 568-576.

Sváb J. (1979). Többváltozós módszerek a biometriában, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Szabó J., Török I., (1867). Tokaj-Hegyaljai Album, Emich Gusztáv, Magyar Akad. Nyomdász, Pest

Szabó L., R., Gretzmacher, Surányi K., Balogh I. (2001). A tápanyaggazdálkodás néhány talajföldrajzi szempontja Tokaj-Hegyalja térségében

Szalai I. (1994). A növények élete. JATEPress. Szeged.

Székelyi M., Barna I. (2003). Túlélőkészlet az SPSS-hez, Typotex Kiadó.

Thai, C. N., Shewfelt, R. L. (1991). Modelling sensory colour quality of tomato and peach: Neural networks and statistical regression. American Society of Agricultural Engineering, 34, 950–955.

Tomlins, K. I., Gay, C. (1994). Prediction of quality and origin of black tea and pine resin samples from chromatographic and sensory information: evaluation of neural networks. *Food Chemistry*, 50. pp. 157–165.

Vercesi A. (1991). Prove di diradamento del Pinot nero di Oltrepo Pavese. *Vignevini*, 17 (7-8) 36-38. p.

Walker, G., M. (2002). Processo fermentativo: ruolo di calcio e magnesio. *Vignevini Bologna*, 28 (7-8) 47-50. p.

97/2004. (VI.3.) FVM rendelet a borok eredetvédelmi szabályáról

99/2009. (VII. 30.) FVM rendelet a borok eredetvédelmi szabályáról szóló 97/2004 (VI. 3.) FVM rendelet módosításáról

[www.madikor.hu](http://www.madikor.hu)

## 8 Ábrajegyzék

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ábra: A történelmi Tokaj-Hegyalja térképe (Magyar Állami Földtani Intézet) .....                  | 4  |
| 2. ábra: A főelemek ásványokká kapcsolódási helyei (Mátyás Ernő nyomán).....                         | 7  |
| 3. ábra: A 2010-es év havi csapadékmennyiségei és hőmérséklet átlagai (Metosz mérőállomás, Mád)..... | 15 |
| 4. ábra: A Király-dűlő műhold felvétele (Google earth) .....                                         | 16 |
| 5. ábra: A Nyúlászó-dűlő műholdfelvétele (Google earth) .....                                        | 17 |
| 6. ábra: Az Úrágya-dűlő műholdfelvétele (Google earth).....                                          | 18 |
| 7. ábra: Az Urbán-dűlő műholdfelvétele (Google earth) .....                                          | 19 |
| 8. ábra: A Hétszőlő-dűlő műholdfelvétele (Forrás: Google earth).....                                 | 20 |
| 9. ábra: A Szent Tamás-dűlő műholdfelvétele (Forrás: Google earth) .....                             | 21 |
| 10. ábra: A mintavételi helyek elrendezése öt mintavételi pont esetében.....                         | 23 |
| 11. ábra: Az idegsejtek felépítésének egyszerű szerkezeti sémája.....                                | 24 |
| 12. ábra: Egy egyszerű neurális hálózat általános modellje.....                                      | 25 |
| 13. ábra: A Király-dűlő átlagolt ásványi elem tartalma .....                                         | 29 |
| 14. ábra: A Nyúlászó-dűlő átlagolt ásványi elem tartalma .....                                       | 30 |
| 15. ábra: A Úrágya-dűlő átlagolt ásványi elem tartalma.....                                          | 31 |
| 16. ábra: A Urbán-dűlő átlagolt ásványi elem tartalma .....                                          | 32 |
| 17. ábra: A Hétszőlő-dűlő mintáinak átlagolt ásványi elem tartalma .....                             | 33 |
| 18. ábra: A Szent Tamás-dűlő mintáinak átlagolt ásványi elem tartalma .....                          | 34 |
| 19. ábra: A paraméterek relatív hatásossága .....                                                    | 35 |
| 20. ábra: A neurális hálózatokkal történt minta besorolás .....                                      | 35 |
| 21. ábra: A dűlőkből származó minták eloszlása az 1. és a 2. diszkrimináns függvények alapján .....  | 38 |
| 22. ábra: A dűlőkből származó minták eloszlása az 1. és a 3. diszkrimináns függvények alapján .....  | 38 |
| 23. ábra: A dűlőkből származó minták eloszlása az 2. és a 3. diszkrimináns függvények alapján .....  | 39 |
| 24. ábra: Az egyes dűlők elem-profilja .....                                                         | 39 |

## 9 Táblázat jegyzék

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. táblázat: Diszkrimináns függvények szignifikancia szintjei .....           | 36 |
| 2. táblázat: Az elemek fontossága a diszkriminancia analízis során .....      | 37 |
| 3. táblázat: Az elemek fontossága a felhasznált kemometriai módszereknél..... | 37 |

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Lukácsy György egyetemi adjunktusnak és Dr. Ladányi Márta egyetemi docensnek a szakdolgozatom megírásában és összeállításában nyújtott segítségért. Szeretnék köszönetet mondani Szepsy Istvánnak, hogy lehetővé tette számomra az ültetvényükben végzett kísérletet. Továbbá Bakonvári Ildikónak és az Alkalmazott Kémia Tanszék munkatársainak a téma során végzett mérésekben nyújtott segítségért.