



PANNON EGYETEM
GEORGIKON KAR
KESZTHELY



EGY TERÜLET TALAJVISZONYAINAK FELMÉRÉSE
PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁGI ALKALMAZÁS CÉLJÁBÓL

Készítette: Henger Gabriella Környezetgazdálkodási agrármérnök,
IV.évfolyam
Témavezető: Dr. Sisák István egyetemi docens
Tanszék: Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. A precíziós mezőgazdaság	5
2.2. A forgatás nélküli művelés	8
2.3. A színmérés elmélete.....	10
3. Anyag és módszer.....	12
3.1. A vizsgált terület – a kistáj leírása.....	12
3.1.1. Marcali-hát domborzati viszonyai	12
3.1.2. Földtani viszonyai	12
3.1.3. Meteorológiai viszonyai	13
3.1.4. Hidrológiai viszonyai	13
3.1.5. Talajai.....	13
3.1.6. Vizsgálati terület.....	14
3.2.1. Talajszelvény feltárása fűrésszel	16
3.2.2. Első mintavételezés	16
3.2.3. Második mintavételezés	17
3.2.4. Harmadik mintavételezés	17
3.3. Laboratóriumi mérések.....	19
3.3.1. A talaj szervesanyagának meghatározása Tyurin-módszerével (káliumdikromátos módszer)	19
3.3.2. A talajok higroszkóposságának meghatározása	20
3.3.3. A talaj felvehető foszfor- és káliumtartalmának meghatározása	22
3.3.4. A felvehető (AL oldható) P_2O_5 tartalom meghatározása (mg/kg).....	22
3.3.5. A felvehető (AL oldható) K_2O_5 tartalom meghatározása (mg/kg)	24
3.3.6. Az Arany- féle kötöttségi szám (KA) meghatározása	25

3.3.8. Színmérés	26
3.3.10. Térinformatikai és statisztikai módszerek	28
4. Eredmények	31
4.1. A talajvizsgálati eredmények térbeli interpolációja	32
4.2. Egyes talajtulajdonságok becslése gyors mérési módszerek alapján	38
4.2.1. Humusztartalom becslése a színmérés alapján	38
4.2.2. Higroszkóposság (fizikai féleség) becslése színmérés alapján.....	38
4.2.3. A termést szignifikánsan befolyásoló tényező becslése a GLM modellel.....	39
4.2.4. Humusz és felvehető foszfor alakulása talajtípusonként	42
5. Következtetések	44
6. Összefoglalás	45
8. Irodalomjegyzék	47
8.1. Internetes hivatkozások	49

*...az Anyaföld jóságos, szelíd, elnéző, a halandók szükségleteinek készséges
kiszolgálója, amit kényszerből létrehoz, azt önszántából elajándékozza...*

(Caius Plinius Secundus, Kr.u. 23-79.)

1. Bevezetés

A precíziós mezőgazdaság, ezen belül a precíziós növénytermesztés technológiai feltételei az 1980-as évek főbb vonalaiban kialakultak. Magyarországon kutatási szinten a 2000-es évek elejétől foglalkoznak a témával, a gyakorlati bevezetés pedig az úttörő vállalkozások körében napjainkban zajlik. Nálunk a rendszerváltás után a mezőgazdaság hosszan elnyúló válsága is hozzájárult a lassú adaptációhoz. Mostanra azonban megteremtődtek a feltételek ahhoz, hogy a gyakorlatban ténylegesen alkalmazható technológiává váljon a precíziós mezőgazdaság, amelynek kétségtelen előnye az anyagok energiatakarékos felhasználása, nagyobb termés elérése, ezáltal a gazdaságosság növelése, valamint a környezet megóvása a terhelésektől.

A technológia tudományos alapja az, hogy a talajok (és az egyéb termesztési feltételek) heterogének, ezért a potenciálisan elérhető termés is különböző a táblákon belül. Ez egyértelműen meghatározza a ráfordítások milyenségét és mennyiségét is. A technológia alapeleme a pontos helymeghatározás (GPS vagy egyéb), de hasonlóan lényeges az eltérő termesztési feltételek megismerése, például a talajok változatosságának, és a termésre gyakorolt hatásának felmérése is. Munkámban célul tűztem ki, hogy egy mezőgazdasági táblán felmérjem a talajtípusok és az egyéb termesztési feltételek változatosságát, és bizonyítsam, hogy a talajtípusoknak és a vízgazdálkodási különbségeknek egy magas technológiai színvonalú gazdálkodásban nagyobb szerepe van a termés kialakításában, mint a szántott rétegből rutinszerűen vizsgált talajvizsgálati paramétereknek. Ezen túl tesztelni szerettem volna azt is, hogy a színmérés hogyan illeszthető be a precíziós technológiába.

2. Szakirodalmi áttekintés

Caius Plinius írja:

„A Föld következik, amelyet, mivel egyedi a természetben, rendkívülisége miatt az Anyaföld megnevezéssel tisztelünk. Olyan Ő az emberek számára, mint az égbolt az Isteneknek, megszületésünk után felemel minket a földről, táplál minket, egyszóval mindig a gondunkat viseli, végül pedig a karjaiba zár akkor is, amikor a természet többi része már megtagadott minket, és leginkább úgy takar minket, mint egy édesanya, legszentebb mégis az által, hogy minket is szentté tesz. Ugyanis síremlékünket és annak feliratát viselve megőrzi nevünket és meghosszabbítja emlékünket, szemben életünk rövidségével; akinek szent lényét végül arra kérjük, hogy semmiért ne nehezteljen ránk, mert nem vagyunk tudatában annak, hogy ő az egyetlen, aki sohasem haragszik az emberre.”

(Gábli Cecília: Caius Plinius Secundus Természettudományainak 45. könyve. 2004)

Caius Plinius idézete már Kr. u. az első században rávilágít arra, hogy Anyaföldünk tekintélyes tiszteletet érdemel. Földi létünk megalapozója, mellyel az idő múlásával tiszteletlenül bántva létezésünk esélyét tesszük kockára. A korunkban mód nyílik olyan művelési technikák alkalmazására, amellyel sajátos módon ápolhatjuk földjeinket, megadva nekik azt, amire az egyedi jellemzőik szerint szükség van. Ily módon közel egyensúlyba hozva a termesztés általi beavatkozást környezetünkbe.

2.1. A precíziós mezőgazdaság

A precíziós agrárgazdaság mai szemmel előnyt élvez, hiszen megoldást kínál azokra az ökológiai és ökonómiai problémákra, amelyek a helytelen, nem specifikus gazdálkodásból adódnak. Mindehhez a korral haladó, szakmai téren jelen lévő és magas érdeklődést mutató gazdálkodókra van szükség. A precíziós növénytermesztés a helymeghatározáson és megfigyelésen alapul. Nem kell ahhoz műhold és mérési eredmények, hogy a gazdálkodó észrevegye területeinek táblán belüli eltéréseit, mind gyomok és termés szempontjából.

A nagyobb növénytermesztő gazdaságokban rendelkeznek akkora tőkével, amellyel beruházhatnak ezen gazdálkodási mód eszközeire. Nem filléres eszközök beszerzéséről van szó, hiszen működésük a globális helymeghatározáson nyugszik. Az egész alapjául szolgáló termőterületi vizsgálatok eredményei és a kijuttatási térképek kidolgozása sem pénztárcabarát. Éppen ezért indokot esetekben, előzetes megfigyelések, sokéves tapasztalatok eredményeképp célszerű beruházni, ha ténylegesen értékelhető különbségeket észlelünk. Egyértelműen indokolja egy nagy szintkülönbségekkel rendelkező tábla, hiszen az erózióból adódó tápanyag-vándorlás, talaj lepusztulás termésbeli különbségeket okoz. Hasonlóan magyarázza egy többféle talajtípussal rendelkező tábla is a heterogén művelést. Ennél fogva egy tápanyag visszapótlási térkép és egy hozamtérkép nagy áttöréseket hozhat.

A tápanyagtérképek készítése során a talajminta vételi pontokat GPS eszköz segítségével meghatározzák. A későbbi laboratóriumi eredményeket ezekhez a pontokhoz kötik, és az egyes pontokon mérhető tápanyag ellátottságnak megfelelően számítják ki a kijuttatandó tápanyag mennyiséget. A kijuttatáskor a művelő járműre felszerelt GPS készüléket összekötik a kijuttató eszközzel, így az előzetesen betáplált kijuttatási térkép alapján az egyes szakaszokra annyi tápanyagot juttatnak ki, amely a talaj ellátottsága alapján szükséges. Mindez leellenőrizhető GPS készülékkel felszerelt kombájnnal, ami végighalad a táblán, hozammérő eszközzel rögzíti a termés mennyiségét, majd a megfelelő szoftverrel hozamtérképet ábrázol. (BIRKÁS, 2006)

Növényvédelemben is kitűnően alkalmazható módszer, hiszen ismereteink szerint a károsítók ritkán fordulnak elő egyöntetűen, homogén módon. Az előzőekhez hasonlóan, mintavételezés, megfigyelés elemzés előzi meg a helyspecifikus munkavégzést. (NEMÉNYI et al., 2007)

Helymeghatározási rendszerrel felszerelve mód nyílik arra, hogy vetés közben pozicionáljuk magunkat, így elkerülhetjük az esetleges rávetéseket.

Ezen tények ismeretében hamar felismerhetjük azt, hogy jelentős megtakarításokra tehetünk szert mind vetőmag, gyom és kártevőellenes szerek, valamint trágyák esetében, az üzemanyagról nem is beszélve. A feleslegesen ki nem juttatott anyagok a környezetünket nem terhelik. (BIRKÁS, 2001)

A precíziós technológia a növénytermesztésben nem új, technológiai alapjai már az 1990-es években megteremtődtek (ROBERT és STAFFORD, 1999), de térnyerése a gyakorlatban sokkal

lassabb volt, mint ahogy azt eredetileg gondolták volna. Ennek alapvető oka az, hogy a precíziós mezőgazdaság igen összetett technológia, igényli a farmon belüli beruházásokat, technológiai fejlesztést és tudásszint növekedését, de igényli az információtechnológiai szolgáltatásokat is, amelyeknek szervesen kell kapcsolódniuk a farmon belüli folyamatokkal (ZHANG et al., 2002). Nem csoda, hogy a 2000-es évek elején megjelent publikációk még elsősorban ennek a szerves együttműködésnek a nehézségeiről tudósítanak (ZHANG et al., 2002, ROBERTS, 2002).

Ha lassan és nehézségek árán is, de a technológiai fejlődés mégis folyamatos volt. Az International Food Policy Research Institute 2012 évi jelentése kimutatta (IFPRI, 2012), hogy szemben az 1960-as 1970-es évek tendenciáival, amikor globális szinten az inputok növelése volt a mezőgazdasági termelés növelésének a fő hajtóereje, napjainkban a hatékonyság növelése az a tényező, ami a világ mezőgazdaságát előreviszi. A fejlődő világra nézve (kivétel Afrika jelentős része) ez ugyanúgy igaz (CHEN et al., 2011) , mint a legfejlettebb országok csoportjában (JENSEN et al., 2012).

A fejlett mezőgazdasággal rendelkező országokban kimutatták, hogy a magasabb hozzáadott értéket nyújtó kultúrákban (BRAMLEY 2009, ARNO et al., 2011) és a gazdálkodás és a talaj tápanyag-ellátottságának magasabb színvonalán (LAWES és ROBERTSON, 2011) jelentősebb a technológia hozadéka. Napjainkban a fő szántóföldi kultúrákban (szemes termények) is egyre nagyobb az elterjedtsége (ROBERTSON et al., 2012).

A kutatások korai fázisában kiderült, hogy a precíziós növénytermesztés egyik alapvető eleme, hogy az információk sokaságának a feldolgozásával ésszerű méretű kezelési egységeket kell kialakítani a táblán belül (MCCANN et al., 1996). A kérdés megoldatlanságát mutatja, hogy a kezelési egységek problémája a legújabb publikációknak is aktuális témája (ARNO et al., 2011, GUASTAFERRO et al., 2010, FU et al., 2010, LANDRUM et al., 2015, LÓPEZ-LOZANO et al., 2010, MORAL et al., 2010, TAGARKIS et al., 2013)

A terméstérkép az egyik alapvető módja annak, hogy a táblán belüli variabilitásról képet kapjunk (DIACONO et al, 2011, 2012, HAKOJARVI et al, 2013, SAVABI et al, 2013) de a termés táblán belüli eltéréseinek sokkal egyszerűbb, a gazdálkodók becslésén vagy mintavételen alapuló becslése is elfogadott módszer (ROBERTSON et al., 2012).

A terméskülönbségek talajtani háttere a mezőgazdasági gyakorlatban evidencia, és természetesen a precíziós mezőgazdaságban is szerepet kap (HAKOJARVI et al, 2013, VAN ALPHEN és STOORVOGEL, 2000, ZHU et al., 2013).

Munkámban egy Marcali-háton elhelyezkedő mezőgazdasági táblát mértem fel a precíziós mezőgazdaság lehetőségeinek és célszerűségének a szempontjából. Hipotézisem az volt, hogy a domborzati és talajtípus különbségek erősebben befolyásolják a termést, mint a szántott réteg tápanyag-ellátottsága, mivel ez utóbbi a tábla teljes területén elegendően magas a nagy termések eléréséhez, tehát a gazdálkodó számára már megfontolandó lépés lehetne a precíziós mezőgazdaság bevezetése.

2.2. A forgatás nélküli művelés

A művelés hatására megváltozik a talaj állapota és környezete. Az alapművelés ideje, módja, mélysége és minősége meghatározó jelentőségű a művelési rendszerben. A leggyakrabban alkalmazott alapművelés a szántás, amelynek legfontosabb jellemzője a forgatás. A szántásos alapművelés használata számos előnnyel jár, melyek között szerepel a talajrétegek cseréje, a tarlómaradványok-, trágyák aláforgatása, a gyomirtás, ősszel a nedves talajon alkalmazás, és a hatékony lazítás. Mindezek mellett megfontolandó tények mutatnak felváltására, hiszen nagy energiaigényű művelet, talajnedvesség veszteséget eredményez, művelőtalp kialakulásához vezethet, nedves talajon „szalonnás” hantképződéshez, száraz talajon rögződéshez, ezek elmunkálásakor pedig talajszerkezet romláshoz vezet, a taposási károkat nem is említve. Természetesen lehet jól végezni, nem rontva a talaj szerkezetét, nem okozva jelentős szén és vízvesztést. Ennek eléréséhez a talaj megfigyelésére, ismeretek meglétére, jó időzítésre és alkalmas eszközökre van szükség (BIRKÁS, 2006).

Szaktervezésem szempontjából a szántás nélküli talajművelési rendszerek fontosak, hiszen az általam vizsgált terület is ily módon került alapművelésre 2007 óta, ezért ezekkel részletesebben is foglalkozom.

Szántás nélküli művelési rendszer a kultivátoros művelés, a középmélylazítás, a tárcsázás és a talajmarás. Közös vonásuk a forgatás hiánya, ám ez néhány kivételes körülménytől eltekintve nem állapítható meg hátránynak.

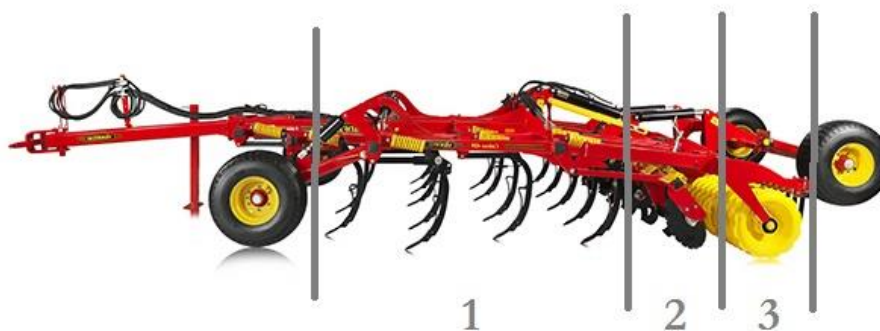
A középmedélylazítás alkalmas a talaj 25-45 cm rétegében a tömör állapot megszüntetésére, a környezetvédelmi hibák enyhítésére, terméshozadék elérésére. Mindez szakértelmet kíván.

A tárcsás forgatás nélküli sekélyművelés, csak azokat az előnyöket nyújtja, amelyekre az eszköz adott körülmények között képes, így nagy gyakorlati tapasztalattal alkalmazandó.

A talajmarással a talaj legfelső rétegének (kb 20 cm) állapota javítható. Előnye, hogy szélesebb nedvességi állapotban alkalmazható és minimális talajmozgatással elérhető a vetési minőség, hátránya a mélyebben előforduló tömör réteg előfordulása.

A kultivátoros művelést, melyben a vizsgált táblám is részesül nagyobb lélegzetben írnam le. Kultivátoros műveléssel a talaj felső maximum 25 cm-es rétegének állapota változtatható meg. A kapatest alakja lehet lándzsa, szív, lúdtalp vagy szárnyas alakú, szerszámszáruk pedig merev, félmerev vagy rugós. A talajt kíméletesen lazítja és porhanyítja. Óvja a talajszerkezetet, jól kever és porhanyít, de mérsékelten képez port és rögöket. Száraz és nyirkos talajon igen jó minőség várható. Kisebb nedvességvesztést eredményez, alkalmazásával fellazíthatjuk a felszínközeli tömörödött réteget. Kisebb a művelőtalp-tömörödés kialakulásának veszélye. A művelés sebessége nagyobb, mint a szántásé.

A modern kultivátorok művelő-elemek kombinációi. Így van ez a vizsgált területemnél is, hiszen egy Vaderstad Cultus 420 nevű nehéz kultivátorral történik az alapművelés. Ez az egyik legjobban keverő szántóföldi nehéz kultivátor, ami nem eredményez tömörödött réteget nedves talajban sem a vibrációnak köszönhetően.



1. ábra: Vaderstad Cultus nehéz kultivátor

1. Talajművelés: A kapákat úgy tervezték meg, hogy fellazítsák a talajt és jól bekeverjék a szármadarványokat, a keretmagasság lehetővé teszi, hogy a szármadarvány és a talaj keresztülhaladhasson a gépen.
2. Egyengetés: A rögrendezők, amelyet gumi felfüggesztések tartanak, a kések által hagyott minden barázdát elsimítanak.
3. Tömörítés: Gyéríthető gyom- és árvakelés, nedvességmegőrzés céljából. (INTERNET 1)

Az kultivátorra alapozott művelési rendszerek előnye, hogy a talaj kímélése az első művelési beavatkozástól (tarlóhántás) a vetésig megvalósulhat, kevesebb menettel oldható meg, nincs szükség hagyományos értelemben vett elmunkálásra. Mulcshagyása miatt nedvességvesztést csökkentő hatása van. (BIRKÁS, 2006)

2.3. A színmérés elmélete

A színmérés bemutatásánál, Dr. Lukács Gyula által írt, a Műszerügyi és Méréstechnikai Közlemények 1999. évi, 64. számában megjelent, „A színmérésről (alapvető problémák)” című cikkét használtam fel.

William Thomsontól, a későbbi Lord Kelvin (1824-1907) írta: „Ha azt, amiről szó van, mérni tudják, akkor a tárgyról tudnak valamit, ha azonban nem tudják számokkal megadni, akkor ismeretünk szegényes és nem kielégítő.” Az angol tudós a termodinamika és az elektromosság terén alkotott maradandót.

Az egyik legfontosabb méréstechnikai alapszabály kimondja, hogy egy mérés nem mérés. Ha körülnézünk a gyakorlatban, az esetek döntő részében egyetlen méréssel megelégszenek. Egyetlen mérési eredményt azonban önmagában nem tanácsos elfogadni. Ha mégis egy mérési eredménnyel dolgozunk, akkor azt csak akkor tehetjük meg, ha ismerjük a mérési eljárásunkra jellemző mérési bizonytalanságot. Ezért tanácsos és indokolt minden alkalommal legalább két mérést végezni, amelyeknek csak minimális mértékben szabad eltérni egymástól. A megnyugtató persze az, ha mindig három mérés átlagával dolgozunk.

A színészlelés háromdimenziós, így a tárgyak színét három jellemzővel határozzuk meg. A jellemzésre használt jelzők szakmánként eltérőek lehetnek. Az ember színlátó képességével tárgyak színe közötti különbségre nem lehet számszerű adatot mondani. Egyes iparágakban

sok éves tapasztalattal rendelkező szakemberek foglalkoznak a termékek színezésével és annak ellenőrzésével.

Az 1960-1970-es években kezdtek el világszerte erősen foglalkozni az objektív színméréssel és ezekben az években jelentek meg Magyarországon is az első színmérő készülékek, mint például a Magyar Optikai Művek által gyártott MOMCOLOR színmérők. A régi szakemberek közül sokan nem tudtak mit kezdeni az objektív színmeghatározás elméletével és gyakorlatával.

A színmérésben az a bonyolult, hogy kapcsolatot kell teremteni egy fizikai mennyiség, az optikai sugárzás mérőszámai és az ennek hatására az emberi agyban keletkező pszichikai jelenség, a színes látás jellemzői között.

Ha az ember a környezetét szemléli, akkor az onnan jövő sugárzott energia, az optikai sugárzás belép a szemébe, mely következtében az ideghártyák működésbe lépnek, ez az érzékelés, eredménye az érzéklet. Az érzéklet az idegpályákon keresztül az agy látóközpontjába jut, ekkor látjuk a színeket, vagyis nem a szemünkkel, hanem az agyunkkal látunk.

A színészleletnek három jellemzője van: a világossága, a színezete (vörös, sárga, zöld, kék, stb...) és a színezetdúsága (hol helyezkednek el a fehér és a legtöményebbeknek mondott színezet között). A gyakorlatban azonban szükség van arra, hogy a színészleleteket számokkal jellemezzük és arra is, hogy a színészleletek közötti különbségeket is ki tudjuk számokkal fejezni.

Vizsgálatom során Hunterlab színmérő készülékkel vizsgáltam meg az előzetesen ledarált talajmintákat.

A látószervben három, színre is érzékeny szenzor helyezkedik el, amelyeket Thomas Young csapoknak nevezett el. Az emberi szemben található látóbíbor spektrumát pontosan kimérték és szabványosították. A vörös (R), a zöld (G) és a kék (B) csapok spektrumából R, G és B színjellemzőket számítottak, melyeket szokás háromszög formában ábrázolni és az RGB színháromszög adataiból lineáris transzformációval számítják az XYZ színjellemzőket, amelyek szintén a vörös, zöld és kék színingereket írják le. Ha kiszámítjuk a színek részarányát, akkor megkapjuk az xyz színességi koordinátákat, melyek ábrázolása az általánosan ismert úgynevezett színháromszög.

3. Anyag és módszer

3.1. A vizsgált terület – a kistáj leírása

1. táblázat: A tábla elhelyezkedése

Régió	Megye	Település	Helyrajzi szám
Dél-Dunántúl	Somogy	Kelevíz	034/20; 034/21

A terület a Marcali-hát része. Az általános leírás Dövényi Zoltán: Magyarország Kistájainak Katasztere című könyvéből származik.

3.1.1. Marcali-hát domborzati viszonyai

Balatonkeresztúr-Balatonberény vonalától dél felé 50 km hosszan Nagyatádig húzódik. Szélessége átlagosan 10 km körüli, délen ék alakban elkeskenyedik. A táj a nagy belső somogyi hordalékkúpot két részre osztja, keletire és nyugatira. Magassága a Balaton közelében 200 m körüli, dél felé fokozatosan alacsonyodik. A relief északon 50-100 m/km², délen ez az érték 20-50 m-re csökken. A hát felszínét északnyugat-délkeleti és erre merőleges irányú szerkezeti vonalak mentén a hordalékkúpok és a Balaton felől hátravágódott völgyek és völgyközi hátak formaegyüttese jellemzi. A dombhát peremlejtői csak északon meredekebbek, ezek instabil, mozgásveszélyes lejtőszakaszok. A völgsűrűség általában 8-12 km/ km², de a déli lealacsonyodott szakaszokon jóval kisebb: 4 km/km² körüli. A hát déli és középső tetőszintjét mozaikosan erdő fedi. Az alacsonyabb lankásabb területeken mezőgazdasági hasznosításra alkalmas területek fekszenek.

3.1.2. Földtani viszonyai

Két meghatározó szerkezeti vonal: Balaton-vonal és Közép-magyarországi vonal közötti területre esik. 4 km mélységet elérő süllyedő aljzatát főleg triász üledékes kőzetek alkotják, erre rakódtak miocén, majd késő-pannoni üledékek. Mélyen miocén kori andezitek és tufaszintek találhatóak. A hátat pannóniai homok és agyag, valamint pliocén keresztrétegzett homokrétegek építik fel. Néhol a felszínhez közel vannak, néhol folyóvízi üledékkel és 5-10

m vastag lösztakaróval fedettek, tehát termékeny területről van szó a vastag lösztakaró miatt. Sávoly térségében kőolaj- és földgázlelőhely található.

3.1.3. Meteorológiai viszonyai

Mérsékeltlen meleg és mérsékeltlen nedves éghajlatú. Az éves napsütéses órák száma 2010 óra. Az évi középhőmérséklet 10°C , ez a Balaton közelében 0,3-al több. A tenyészidőszak középhőmérséklete $16,5-17^{\circ}\text{C}$. A Balatonhoz közeli területeken a napi középhőmérséklet április 1-3.-án már meghaladja a 10°C -ot, míg máshol ez az érték csak 3-5. körül jelentkezik. Tehát a Balaton közelében hosszabb a tenyészidőszak. Ebből következik az is, hogy a fagymentes időszak hosszabb, április 10. és október 26-28. közötti, más területeken április 15-12. és október 20-25. közötti. A nyári legmelegebb nap középhőmérséklete sokévi átlagban $33,5^{\circ}\text{C}$. A téli leghidegebb a tó közelében -15°C , messzebb -16 és -17°C közötti. A csapadékviszonyok a következően alakulnak: északon 650-680 mm, délen 720-740 mm, az országban ez közel kiemelkedő érték. A vegetációs időszakban 400-430 mm csapadék hull. Évente 30-35 napon át számíthatunk hóborítottságra, átlagos maximális hóvastagság 20-25 cm. Az uralkodó szélirány északi és 3 m/s-os.

3.1.4. Hidrológiai viszonyai

Kistájunk keleti részén a Boronkai-patak folyik 37 km-en, nyugati részén a Marótvölgyi-csatorna 18 km-en. A Balatonba vezetik vizüket. Tekintélyes vízfelesleggel rendelkeznek, ritkán száradnak ki. Jelentős vízhozamuk kora tavaszi és nyári időszakokban van. A Marótvölgyi csatornán $33\text{ m}^3/\text{s}$ -ra becsülik az árvízi hozamot, a Boronkai-patakon is elérheti ezt az értéket. A talajvíz szinte mindenhol 4-6 m között áll, de völgyekben akár 2 m-en is elérhető, természetesen a magasabb területeken 10 m alatt. A talajvíz jellege kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos. Keménysége a 25 nk° felé is emelkedhet, ott a szulfáttartalom 60-300 mg/l közé emelkedik. A rétegvizek mennyisége nem számottevő, de Sávolyon 91°C -os hévizet tározó kút van. A Balaton közeli falvakat szennyvízcsatornával látták el, és Marcaliban is jól kivitelezett, a távolabbi falvak többségében nincs közcsonna, közcsonnával ellátott lakások aránya 71%.

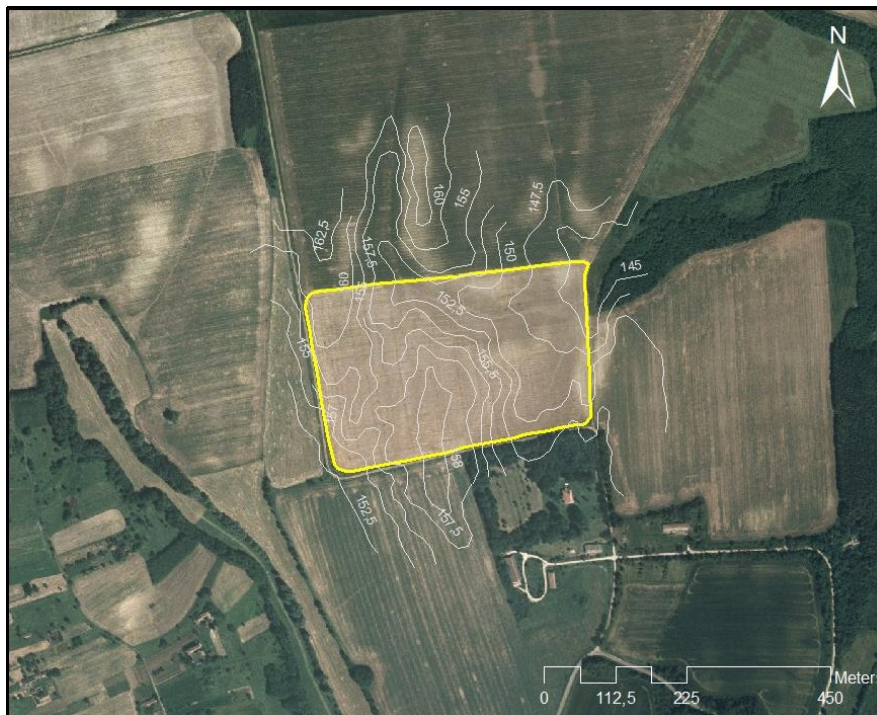
3.1.5. Talajai

A kistáj 90%-át egyféle talajtípus, az agyagbemosódásos barna erdőtalaj alkotja. Nagyrészt löszös üledéken, de Holládtól nyugatra alluviális üledéken képződnek. A talajok

mechanikai összetétele Kéthely környékén: homokos vályog, a löszös üledéken vályog. Vízgazdálkodási tulajdonságaik kedvezőek. Kémhatásuk enyhén savanyú. A szántó hasznosításon kívül az erdő 20% a szőlő 10% lehet. Eróziós potenciáljuk mérsékelt. A folyóvízi üledéken képződött talajok víz-és tápanyag-gazdálkodása gyengébb, ezért 20-40 talajminőségi kategóriába sorolt. A völgyek vízháztartása alatt képződött talajok termékenysége gyenge, szinte csak rétek alakultak ki, ez a marótvölgyi csatornára jellemző. A lápos réti talajok aránya 3%, az öntés réti talajoké 2%, tehát nem viselnek jelentős területi potenciált. (DÖVÉNYI, 2010)

3.1.6. Vizsgálati terület

A terület tulajdonosa Horváth Péter bizei gazdálkodó. A tábla kiválasztásában elsődleges szempont volt a domborzatbeli különbségek megléte, így a feltételezhető erózió és vízmozgások hatással vannak a tápanyag táblán belüli eloszlására, termés egyenletességére. Legmagasabb része északnyugaton, legalacsonyabb északkeleten található. Ez fontos lesz az eredmények elemzésekor.



2. ábra: A tábla elhelyezkedése, szintvonalak ábrázolásával

2. táblázat: Termesztett kultúrák és termésátlaguk 2006-ig visszamenően

Év	Kultúra	t/ha
2014	Repce	4,8
2013	Búza	7,8
2012	Napraforgó	2,9
2011	Kukorica	7,5
2010	Repce	3,4
2009	Búza	5
2008	Kukorica	10
2007	Napraforgó	2,2
2006	Kukorica	8

A táblázatban 2006-ra visszamenő adatokat tüntettem fel az adott években termesztett növényekről, és a hozzá tartozó termésátlagokról. Láthatóan egy tápanyagokkal jól ellátott tábláról van szó.

3. táblázat: A tábla vetési, műtrágyázási adatai

Vetési idő	2013.09.03
Fajta	Adriana LG
Tőszám	350.000 tő/ha
Alapműtrágya	250 kg 14-10-20NPK 4S
	20 kg Pannon starter 10N 45P 2Zn
Fejtrágya	300 kg 25-20 NS
	250 kg 27N
Lombtrágya	2,5l Jello-kénes 3,1%N 75%SO ₃ 0,45%Cu 0,75%Mn

A 2.-ik táblázat tájékoztatást ad a vetett repce fajtájáról, tőszámáról és trágyázásáról.

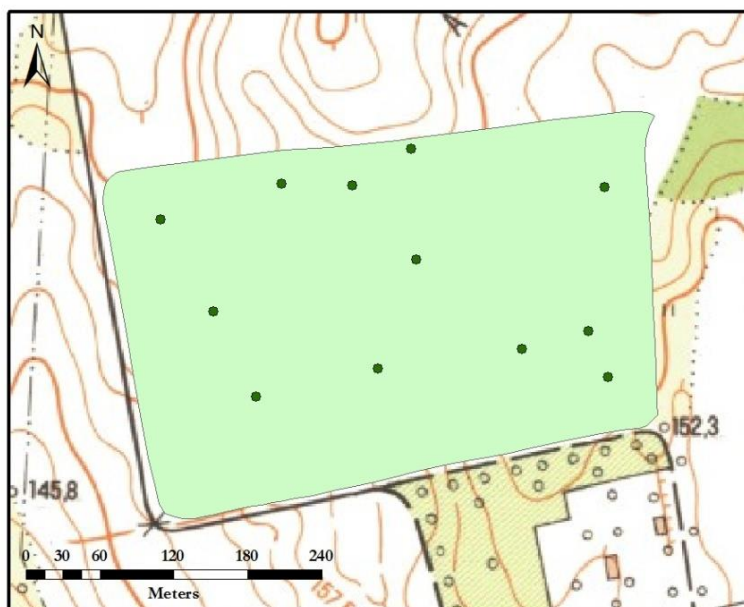
3.2. Terepi vizsgálatok, mintavétel

3.2.1. Talajszelvény feltárása fúrással

A tábla három menetben került mintavételezésre. Első körben a terület jellegzetes helyeiről vettünk a mintákat, azt követő feltárásoknál pedig az első alkalom tapasztalataira támaszkodva kerestünk a további pontokat.

3.2.2. Első mintavételezés

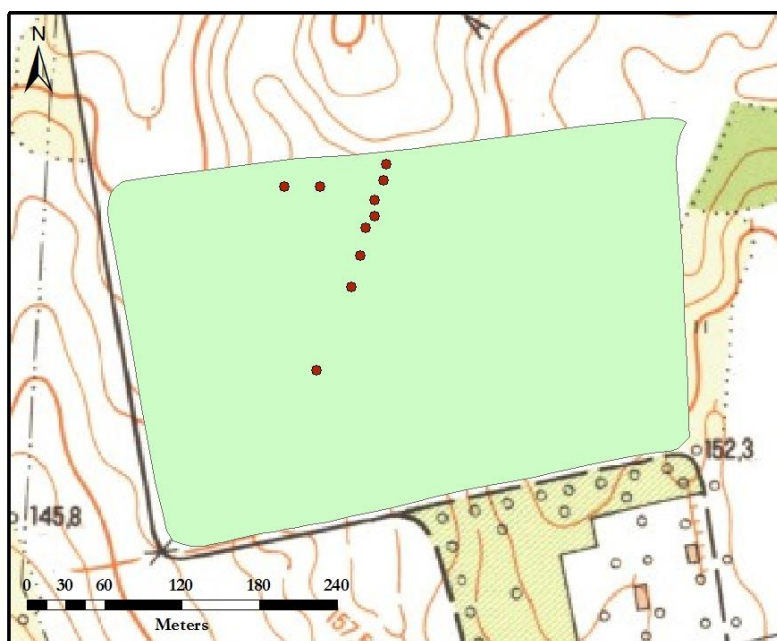
Erre 2013.12.19-én került sor. A pontok elszórva helyezkedtek el. 12 db mintavételi pontról került feltárássra 28 db minta, talajfúróval. Az eszköz használatával a kb 10 cm-enként kiemelt talajt sorba helyeztük a felszínen, és a kevert mintákat a talaj látható szintjeinek elkülönüléseivel csomagoltuk el. Egy helyről maximum 3 mintát vettünk, a legmélyebb pont 120 cm volt. Feljegyzésre kerültek a pontok koordinátái, a minták számot kaptak, és jelöltük a mélységet.



3. ábra: Az első mintavételi pontok

3.2.3. Második mintavételezés

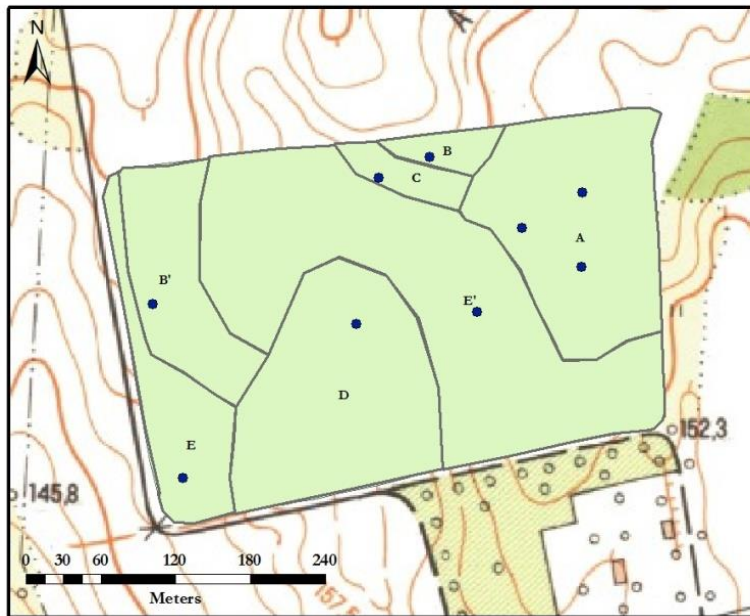
A második mintavételezés 2014.01.23-án történt. Nagyban támaszkodtunk az első feltárás ismereteire, ezért az elszórt pontok feltárása mellett célzottan, egy völgyvonalra merőlegesen felállított pontvonalon haladtunk. 14 helyről vettünk mintát, összesen 55 minta került csomagolásra. A feltárás módja talajfúróval történt, az elsőhöz hasonlóan. Egy helyről maximum 6 mintát vettünk, a legmélyebb pont 380 cm volt. Ugyancsak feljegyzésre kerültek a koordináták, a minták mélységei és megnevezése.



4. ábra: A második mintavételi pontok

3.2.4. Harmadik mintavételezés

A legelőrelátóbban 2014.07.01-én jártunk el, ugyanis erre az időpontra kész adatokkal rendelkezünk a területről. Alapvető célkitűzés volt a megérett repce termésminták előre kidolgozott stratégia szerinti begyűjtése. Egy feljegyzett ponthoz három darab helyről vettünk mintát $0,6\text{m}^2$ -ről, minden ponthoz tartozott egy talajminta is a szántott rétegből. A termést kézzel gyűjtöttünk, a talajmintát ásóval vettük. Összesen 27 repce termésminta és 9 talajminta került elvitelre. Mindez az aratás során valósult meg, könnyebbé téve a tábla különböző pontjaihoz való hozzáférést.



5. ábra: A harmadik mintavételi pontok



6. ábra: A talajfűróval kiemelt talajminták felszínén kiterítve

3.3. Laboratóriumi mérések

3.3.1. A talaj szervesanyagának meghatározása Tyurin-módszerével (káliumdikromátos módszer)

A módszer elve az, hogy a káliumdikromát savas közegben erélyesen oxidál. A következő egyenlet az alapja:



A felszabadult oxigén a talaj szervesanyagában található szén oxidálja. Az oxidációban részt nem vett káliumdikromátot Mohr-sóval/ $\text{Fe}/\text{NH}_4/2/\text{SO}_4/2$ titráljuk. A szervesanyag roncsolására fogyott oxidálószer mennyiségéből kiszámítható a szerves C %, ill. a humusz % (H %).

A meghatározáshoz 0,2g talajt mértem be analitikai mérlegen, Erlenmeyer lombikba töltöttem, és adtam hozzá 10 cm³ 0,0667 mol/l $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -oldatot, amit aztán tölcserrel lefedtem. Homokfürdőn melegítettem a forrástól számított 5 percig. A kihűlt oldatot kb 100 cm³-re hígítottam fel desztillált vízzel. Hozzáadtam 10 csepp H_3PO_4 -at és 4-5 csepp kénsavas difenilamin redoxindikátort. A foszforsav hozzáadásával akadályoztam meg, hogy a vasionok zavarják az indikátor átcsapását. Az oldatot 0,2 mol/l Mohr-sóval megtittráltam. A difenilamin a dikromát jelenlétében difenolbenzidin-ibolyává alakult át, amelynek élénk ibolyakék színe a titrálás folyamán egyre jobban látszott. A kezdetben vörösesibolya színárnyalatú elegy egyre határozottabban kékké vált, majd amikor az utolsó bikromátnyomok is eltűntek, az indikátor kék színe is eltűnt, és megjelent az oldat zöld színe (Cr^{3+} -ionok jelenléte). Az átcsapás pillanatában az oldat színe pizskos szürkés-zöld volt.

A kapott fogyásokból először a C%-ot számoltam ki:

$$C\% = \frac{\left(A \cdot f_1 - \frac{B}{2} \cdot f_2 \right) \cdot 0,0012 \cdot 100}{b}$$

A= a talajhoz hozzáadott 0,0667 mol/l kálium-dikromát cm³

B= a fogyott 0,2 mol/l Mohr-só cm³

f_1 = a dikromát oldat faktora

f_2 = a Mohr-só oldat faktora

b = a bemért talaj g-ban

A humusz százalékát a következőképpen kaptam meg:

$$H \% = 1,724 \cdot C \%$$

Mérés előtt az oldatok faktorát meg kellett állapítani.

A faktorozást úgy végeztem, hogy bemértem 10 cm^3 ismert faktorú $0,0667 \text{ mol/l K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ot, desztillált vízzel kb. 100 cm^3 -re hígítottam, majd 10 csepp foszforsavat és 4-5 csepp kénsavas difenil-amint adva hozzá $0,2 \text{ mol/l}$ Mohr-só oldattal titráltam.

Kiszámítás a következő képlet segítségével történt:

$$f_2 = \frac{a \cdot f_1}{b}$$

a = bemért $0,0667 \text{ mol/l K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ cm}^3$

f_1 = a dikromát oldat faktora

b = a fogyott Mohr-só oldat cm^3 -einek a fele.

A humusztartalomból a talaj össz. N-tartalmára is tájékozódást kapunk. A N nagy része u.i. a talajban szerves kötésben fordul elő. Mivel a szervesanyag C:N aránya többnyire 10 körül van, ennek alapján lehetőség van a szerves C %-ból a talaj N-tartalmára következtetni. (MAKÓ et al., 2004)

3.3.2. A talajok higroszkóposságának meghatározása

A higroszkópos nedvességtartalomnak azt a vízmennyiséget nevezzük, melyet a talaj ismert és meghatározott relatív páratartalmú levegőből vett fel. Ilyen körülmények között a különböző talajok által a légtérből felvett vízmennyiség csupán a talajok kolloid tartalmának és ezek minőségének függvénye. Mivel nagysága a légtér relatív páratartalmán túlmenően a

víz adszorpciójára képes fajlagos talajfelülettől függ, ez pedig fordítva arányos a talajt alkotó szemcsék méretével, a higroszkópos nedvességtartalomból következtetni lehet a fizikai talajféleségre.

A gyakorlatban a Mitscherlich féle (Hy) és a Kuron féle (hy) értéket szokták meghatározni. A Hy-nál a 10 %-os H₂SO₄ oldat feletti 95,6 %-os, a hy esetében az 50 %-os H₂SO₄ oldat feletti 35,2 %-os relatív páratartalmú térben történik a vízgőz felvétele.

Sík Károly javaslata szerint a higroszkópossságot CaCl₂ · 6 H₂O-dal érintkező légtérben is meg lehet határozni.. Az így kapott érték nem nagy mértékben tér el a Kuron szerintitől, jelzése hy₁. Jelenleg a hazai laborokban sorozatvizsgálatokra ez a módszer terjedt el.

Légszáraz ledarált talajból 5 g-ot analitikai mérlegen ismert tömegű bemérő edénybe mértem, majd exszikkátorba helyeztem (a bemérő edény fedele nélkül). Az exszikkátor porcelánlapján helyeztem el a bemérő edényeket, az exszikkátor aljába az elérni kívánt relatív páratartalom beállításához szükséges koncentrációjú 6 kristályvizes kalcium-kloridot tettem. Az exszikkátort gondosan bezsírozott fedelével lezártam, majd 10 napon át egyenletes hőmérsékletű helyiségben tartottam.

A 10 nap elteltével felnyitottam őket, fedelükkel azonnal lezártam és analitikai mérlegen mértem. Mérés után kinyitott fedővel szárító szekrénybe helyeztem és 105 °C-on (24 óráig) tömegállandóságig szárítottam, majd ismét lemértem. (MAKÓ et al.,2004)

A két mérés különbségéből, valamint a száraz talaj tömegéből az alábbi képlet segítségével számítottam ki a higroszkópossságot:

$$hy = \frac{a - b}{b - c} \cdot 100$$

a = a mérőedény + talaj tömege a vákuum exszikkátorból való kivétel után, g

b = a mérőedény + talaj tömege a 105 °C-on való szárítás után, g

c = a mérőedény tömege, g

3.3.3. A talaj felvehető foszfor- és káliumtartalmának meghatározása

Egner-Riehm-Domingó módszer ammónium-laktát-acetátal (AL kivonószerrel)

A talajminták kémiai feltárása AL oldattal történt. Bemértem rázóedényekbe 5g talajmintát, ezekre került 100ml AL oldat. A talaj kivonószer arány 1:20. Gumidugóval lezárva két órát ráztattuk őket. Rázatus után erlenmeyer lombikokba szűrtük le.



7. ábra: Szűrlet készítése

fotó:Henger Gabriella

3.3.4. A felvehető (AL oldható) P_2O_5 tartalom meghatározása (mg/kg)

A módszer elve a spektrofotometria, lényege pedig a színes oldatok átvilágítása, amelyből abszorpciót és extinciót mérünk.

A szűrletekből 10 ml-ert mérünk ki mérőlombikokba, adunk hozzá 20 ml kénsavas ammónium-molibdenát reagenst és 2 ml aszkorbinsavas ón-kloridot, desztillált vízzel

feltöltjük 50 ml térfogatra, és várunk vele fél órát a foszfor-molibdén komplex képződéséig. Az oldat 30 perc múlva, de 4 órán belül vizsgálható a színállandóság miatt.



8. ábra: A kész oldatok mérés előtt

fotó:Henger Gabriella

A nyert idő alatt növekvő koncentrációjú standard oldatsorozatot állítunk elő, mellyel kalibrációs egyenest hozunk létre az oldatok extinció értékét felsorakoztatva.

A műszeres mérést UV1600 spektrofotométerrel végezzük 660nm-en. Küvetták segítségével helyezzük el az oldatokat a készülékben leolvasásra. A minta extinció értékeinek leolvasását és a hozzájuk tartozó koncentráció értéket a készülék végzi.

A minták foszfor tartalmának kiszámítása:

Koncentráció átszámítás talajra.

A monitorról leolvasott koncentráció értéket szoroztam be 2000-el.

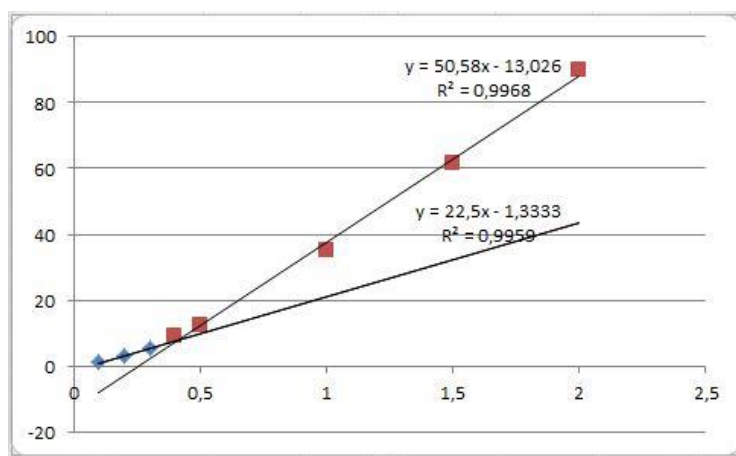
3.3.5. A felvehető (AL oldható) K_2O_5 tartalom meghatározása (mg/kg)

A módszer elve a lángfotometria, lényege pedig a bejuttatott minta extinciójának mérése.

Meghatározása közvetlen a szűrlet desztillált vizes hígításából történt Flapho4 lángfotometriás készülékkel, az előzetesen elkészített és lemért standard sorozathoz viszonyítva. Ábrázolni kell a koncentrációkat és a hozzájuk tartozó emissziós értékeket. A készülékről az emissziós érték lejegyzése után olvashatjuk le a kalibrációs egyenesről a koncentrációt.

A minták kálium tartalmának kiszámítása:

A számítást excel táblázatban végeztem. Az kéttengelyes pontdiagramon ábrázolt értékekre két trendvonalat illesztettem. Az R-négyszet érték és az egyenes egyenletének feltüntetésével jutottam hozzá azokhoz az értékekhez amellyel a továbbiakban számolni tudtam.



9. ábra: Kálium meghatározás trend vonalai

$$Pl.: (34+13,026)/50,58=0,93*200=186$$

3.3.6. Az Arany- féle kötöttségi szám (KA) meghatározása

A talajok kötöttsége, vagyis a talajművelő eszközökkel szembeni ellenállása három tulajdonságtól függ:

- a talaj szerkezetétől
- a talaj nedvességi állapotától
- a talajban lévő kolloidok mennyiségétől és minőségétől.

Ha a talajmintához vizet adunk, és a víz mennyiségét fokozatosan növeljük, a talajminta képlékennyé, azaz alakíthatóvá válik, majd további vízmennyiség hozzáadása után a talajpép szétfolyik. Az a vízmennyiség, amelyet 100 g talajmintához adva a talajpépből a dörzsrúddal olyan fonalat lehet húzni, mely saját súlya alatt lehajlik, szoros összefüggésben van a por és agyag tartalommal, és ezért ezzel az értékkel a talaj szövete jellemezhető.

Az Arany-féle kötöttségi szám a talajok fizikai típusának jellemzésére szolgáló gyors laboratóriumi módszer, 50 g légszáraz talaj által a képlékenységi felső határáig felvett víz cm³-re.

50 g légszáraz, porított talajt táramérlegen porcelán mozsárba mértem. A talajmintához 50 cm³-es bürettából kis részletekben ioncserélt vizet adagoltam és a dörzsrúddal jól eldolgoztam, míg egynemű, csomómentes pépet nem kaptam. Az adagolást 0,5 cm³-es adagokkal addig folytattam, míg fonálpróbát nem kaptam. A fonálpróba elnyeréséhez a középre összegyűjtött talajpépből a törőt hirtelen mozdulattal kirántottam. Ilyenkor a "talajfonal" elszakadása nyomán hegyes kúp keletkezik az edényben lévő pépen és a keverőn. Ha elértük a képlékenységi felső határát, a kihúzott kúp hegye visszahajlik. (MAKÓ et al., 2004)

Ha a talaj mennyisége 100g-tól eltérő, az eredmény kiszámítása az alábbi képlettel történik:

$$K_A = \frac{\text{fogyott víz cm}^3 \cdot 100}{\text{bemért talaj g}}$$

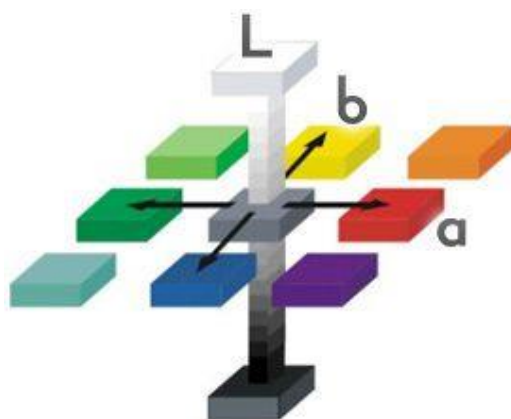
A talajok fizikai típusának jellemzése a K_A értékkel

4. táblázat: A talajok fizikai jellemzése a K_A értékkel

Fizikai típus megnevezése	Kötöttségi szám, K_A
Durva homok, futóhomok	< 25
Homok	$25 - 30$
Homokos vályog (<i>könnyű vályog</i>)	$30 - 37$
Vályog	$37 - 42$
Agyagos vályog (<i>nehéz vályog</i>)	$42 - 50$
Agyag	$50 - 60$
Nehéz agyag (vagy szikes agyag)	$60 <$

3.3.8. Színmérés

A precíziós mezőgazdaság módszerei között olcsó és jó vizsgálati technika lehetne a színmérés. Egyszeri beruházással egy olyan készülékre tehetünk szert, amellyel összefüggést találhatunk pl.: a talaj humusztartalma, mésztartalma, agyagtartalma (agyagfelhalmozódási szint mélysége) és színjellemzői között. Nagyszámú minta gyors mérésére alkalmas módszer. Mondani sem kell mennyi vegyszer és idő takarítható meg használatával, a talajminták szinte szennyezetlenül kerülhetnek vissza a természetbe. A színmérő készülék (HunterLab MiniScan XE Plus) fényt bocsájt ki és a tárgy mérendő felületéről visszaverődő fény X, Y és Z értékét méri. Az előzetesen ledarált talajmintákat a készülék talajminta színmérését lehetővé tevő



10. ábra: A Lab színtér

küvetájába tettem, azt a készülékre helyeztem és három ismételtsben szárazon és nedvesen is mértem.

A színkoordináták megállapítása a Lab színtérben történik. L: Világosság, a: vörös-zöld színkoordináta, b: kék-sárga színkoordináta.

3.3.9. A tápanyagellátottság megítélése

Trágyázási szaktanácsadás céljából szántóföldjeinket a talajtermékenységet kialakító, a növénytermesztést és a tápanyag érvényesülést befolyásoló tényezők figyelembe vételével hat termőhelyi csoportba soroljuk.

- I. Csernozjom talajok
- II. Barna erdőtalajok
- III. Kötött réti talajok és glejes erdőtalajok
- IV. Homok- és laza talajok
- V. Szikes talajok
- VI. Sekély, vagy erősen lejtős, erodált talajok

Ezek a csoportok nem jelentenek összefüggő nagyobb tájegységet, az egységesnek mondható tájegységeken belül különböző típusú, termékenység tekintetében lényegesen eltérő talajok találhatóak. A szántóföldi termőhelyek közé nem sorolunk be minden talajtípust, hiszen a műtrágyázási szaktanácsadás kifejezetten a szántóföldi növénytermesztésre vonatkozik.

A talaj tápanyagvizsgálatai alapján meghatározhatjuk a termőhelyünk tápanyag ellátottságát. Ismeretére azért van szükségünk, mert megtudhatjuk milyen a tábla tápanyagtartalma és milyen a tápanyagszolgáltató képessége. Ennek tudatában a táblákon jelentős műtrágyaadagokat takaríthatunk meg. A módszer alapelve a növények biológiai sajátosságainak megfelelő tápanyagigény meghatározása és biztosítása, a talajok termékenységének fenntartása, növelése.

A talajok ellátottsága lehet:

- igen gyenge
- gyenge
- közepes
- jó
- igen jó
- túlzott ellátottság

A nitrogén ellátottságot a talaj humusztartalmának határértékeivel és a mechanikai összetétellel, tehát az Arany-féle kötöttségi számmal állapítottam meg a második termőhelyi kategóriában.

A foszfor ellátottságot a talaj oldható foszfortartalmának határértékeivel és a CaCO_3 tartalom alapján határoztam meg a második termőhelyi kategóriában.

A kálium ellátottságot a talaj oldható káliumtartalmának határértékeivel és az Arany-féle kötöttségi szám alapján határoztam meg a második termőhelyi kategóriában. (MÉM NAK, 1979)

3.3.10. Térinformatikai és statisztikai módszerek

A térinformatika olyan informatikai rendszereket jelent, amelyek földrajzi dimenzióval bíró adatokkal rendelkeznek. Az angol mozaikszó is ezt mutatja GIS: Geographic Information System. Egy GIS rendszer hardverelemeket, szoftvereket és adatokat integrál a földrajzi vonatkozással bíró adatok rögzítése, kezelése, teljeskörű elemzése és vizualizálása érdekében. A kezelt adatok térbeli elhelyezkedése közötti összefüggések, kapcsolatok, trendek látványos és könnyen értelmezhető térképeken kerülnek megjelenítésre, kiegészítve a hagyományos jelentésekkel és diagramokkal - a térképen megjelenített elemek mögött pedig minden esetben ott állnak az adatok.

A GIS rendszereket három módon közelíthetjük meg

Az GIS alapvetően egy *geoadatbázis*. A GIS egy olyan strukturált adatbázisra épül, ami a világot a földrajzi dimenzió mentén írja le.

Másrészt *funkciógazdag térképek* és különböző nézetek *gyűjteménye*, melyek a térképi elemeket és az elemek közötti összefüggéseket a Föld felszínén ábrázolják. A háttérben tárolt geográfiai információkra térképek építhetők, betekintést engedve az adatbázisba, támogatva a lekérdezések, elemzések, szerkesztések elvégzését.

Modell nézet: a GIS információ átalakítására szolgáló eszközök gyűjteménye, melyek már létező geográfiai adatsomagokból vonatkoztatnak új, transzformált adatokra. A geoprocesszási funkciók az adatokon elemzéseket, átalakításokat végeznek, az eredményt pedig új adatsomagokba írják. (INTERNET 2)

Az általam használt térinformatikai szoftver az ArcGIS 9.3. A GPS-el mért koordináták és mérési eredmények bevitelére is alkalmas program segítségével hoztam létre azokat a

rétegeket, melyekkel az ellátottsági térképeket kaptam meg. A már kész EOVS (Egységes Országos Vetület) adatokkal rendelkező térképek behívásával hoztam létre shape fájlokat, ezek szolgáltak alapjául az elkészített térképrészleteknek. A hozzájuk tartozó attribútum táblázatokba vittem be az adatokat, amelyek szükségesek voltak a végeredményhez. Karbonátosság, kálium-, foszfor-, nitrogén ellátottság, higroszkóposság stb.

Elsősorban mintavételi pontok jelölésére, területek körbehatárolására volt szükség, melyekhez a shape fájlok elkészítése és ábrázolása elég volt.

A végeredményképp kapott ellátottsági térképek elkészítéséhez a megadott pontokhoz tartozó mérési eredmények felhasználásával egy úgynevezett Geostatistical Analyst- Geostatisztikai varázsló lehetőségén keresztül jutottunk. Két interpolációs módszert használtam. Egyik a krigelés, amely úgy határozza meg a pontok attribútum értékét, hogy súlyozott átlagot képez a más pontokból ismert attribútum értékekből, melyek szórása minimális, így ismeretlen pontok paramétereit kaphatjuk meg. A másik módszer a kokrigelés volt, amellyel korrelációt tételezünk fel egy ismert statisztikai jellemzőkkel rendelkező paraméter, és egy becslendő paraméter között. A két adatsor felhasználásával azokon a területeken, ahol az interpoláláshoz hiányzó paraméterek hiányoznak, keresztkorrelációs számítás alapján a második adatsor segítségével történhet a keresett adatsor becslése. (Sárközy, 2008)

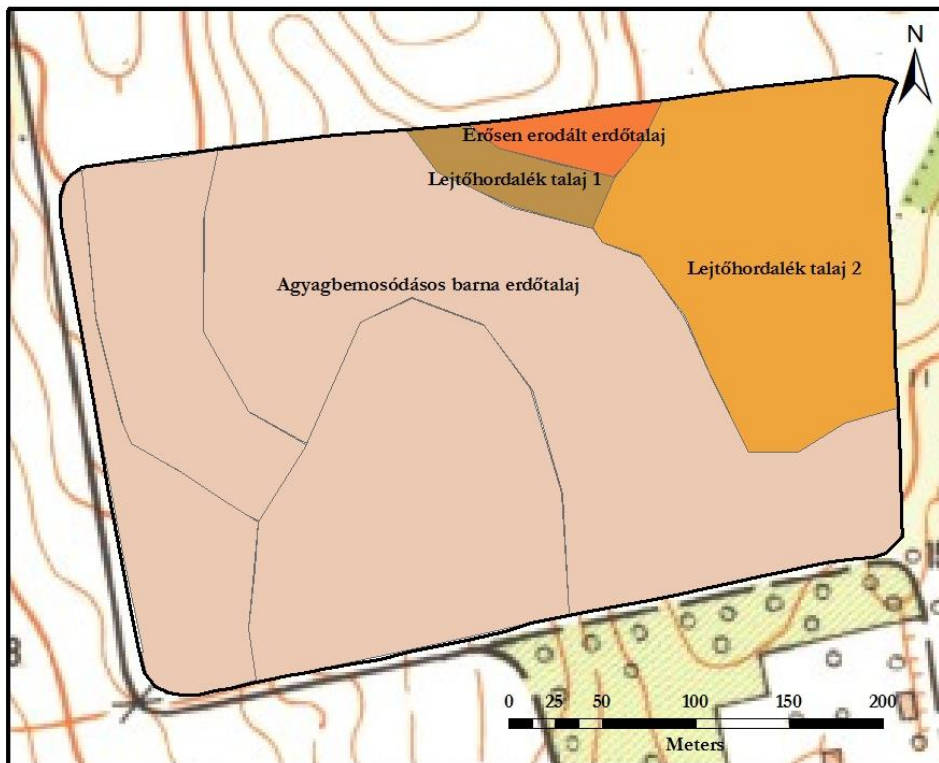
Ahhoz, hogy a súlyok meghatározhatók legyenek egy variogram függvény szükséges az ismert pontok koordinátái és az attribútum értékek varianciájának a leírására. Ha egy ponthalmazra elkészítjük a variogramot, úgy azt fogjuk látni, hogy egy távolságon túl a félvariancia értékek már nem változnak. Azt a távolságot, ahol a variogram értékek növekedése megszűnik, hatástávolságnak nevezzük. A mért eredményekből szerkesztett variogram általában nem monoton növekvő függvény, ezért valamilyen kiegyenlítési eljárással „monoton” (pl. szférikus) variogramot illesztünk. Majd az illesztett függvény paramétereit használjuk.

Az összefüggések elemzéséhez először a többváltozós lineáris regressziós analízis módszerét használtam, mely a folytonos változók közötti kapcsolatot vizsgálja úgy, hogy a meglévő adatokra a legjobban illeszkedő meredekségű és konstans értékű egyenest fogja kiválasztani, ezt nevezzük becslőfüggvénynek. Ezek után becsülni tudjuk azt, hogy az egyik változó adott értékéhez a legnagyobb valószínűséggel milyen érték várható.

Az elemzések során jutottam el az általános lineáris modellhez (GLM=General Linear Modell), mely alkalmas arra, hogy a nem normális eloszlást követő változók várható értékét becsüljük. A magyarázó változók között szerepelhetnek mennyiségi és minőségi változók, melyek kapcsolata is szerepeltethető a modellben. Az én vizsgálatomban mennyiségi változók a főkomponens analízissel meghatározott faktorok, míg minőségi változó a talajszint volt.

4. Eredmények

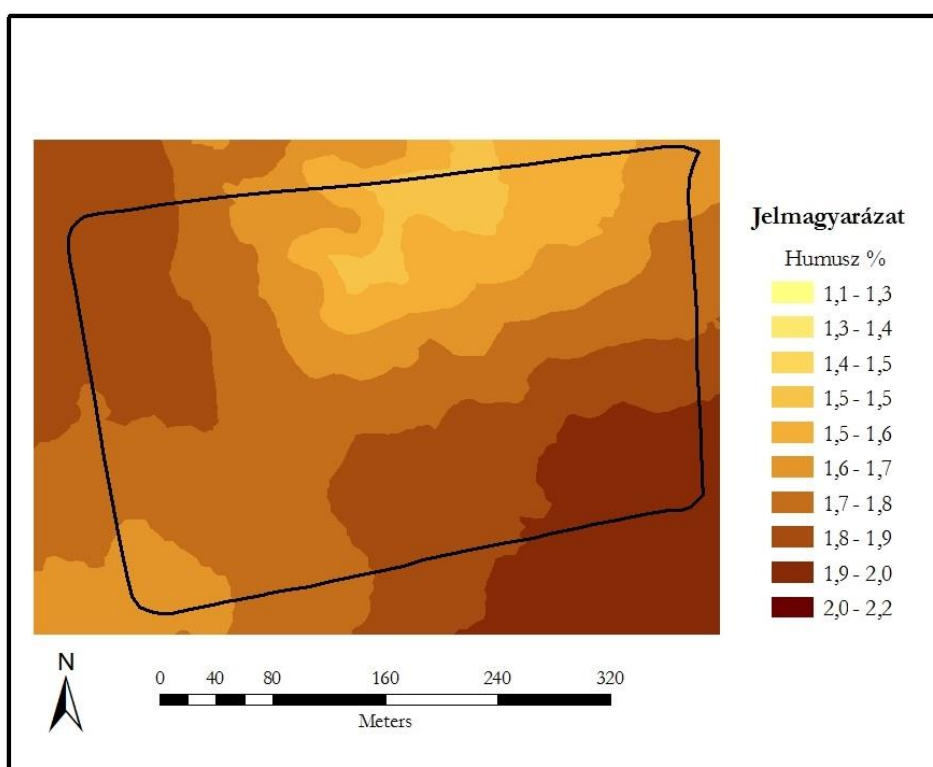
A többszöri terepbejárás és a minták értékelése alapján a lenti ábrán látható talajtípusokat különítettük el. A tábla legnagyobb részén nem, vagy kevésbé erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajok vannak. A tábla legmeredekebb részén erősen erodált barna erdőtalaj található. Az ez alatti lejtőszakaszon körülbelül 50-80 cm vastag lejtőhordalék talaj (1) van, amely humuszos feltalajt temetett el. A tábla közepén húzódó, viszonylag meredek oldalú völgy folytatásaként egy hordalékkúp formájában egy másik lejtőhordalék talaj (2) is van.



11. ábra: Az elkülönített talajtípusok

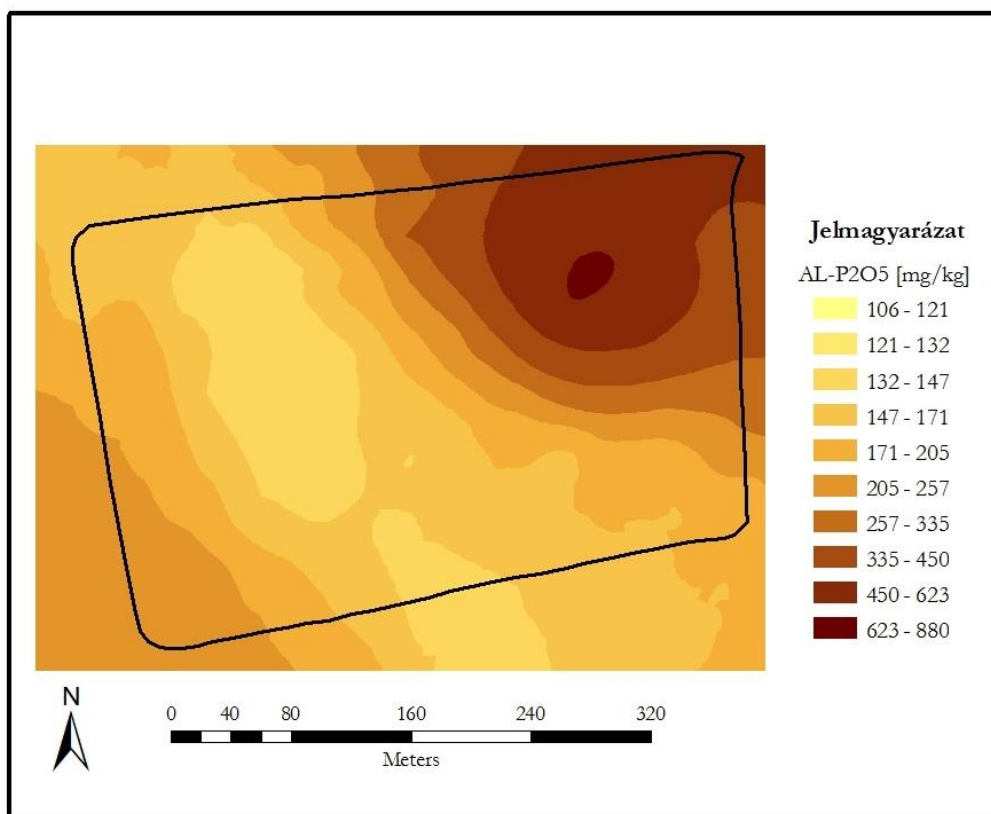
4.1. A talajvizsgálati eredmények térbeli interpolációja

Az alábbiakban a krigeléssel és kokrigeléssel kapott adatokat mutatjuk be a táblára kiterjesztve. Az itt következő minden talajtulajdonság esetében a pontszerű adatokból a raszteresen megadott lejtőkategória hozzárendelésével becsültük az adott tulajdonság értékét (kokrigelés).



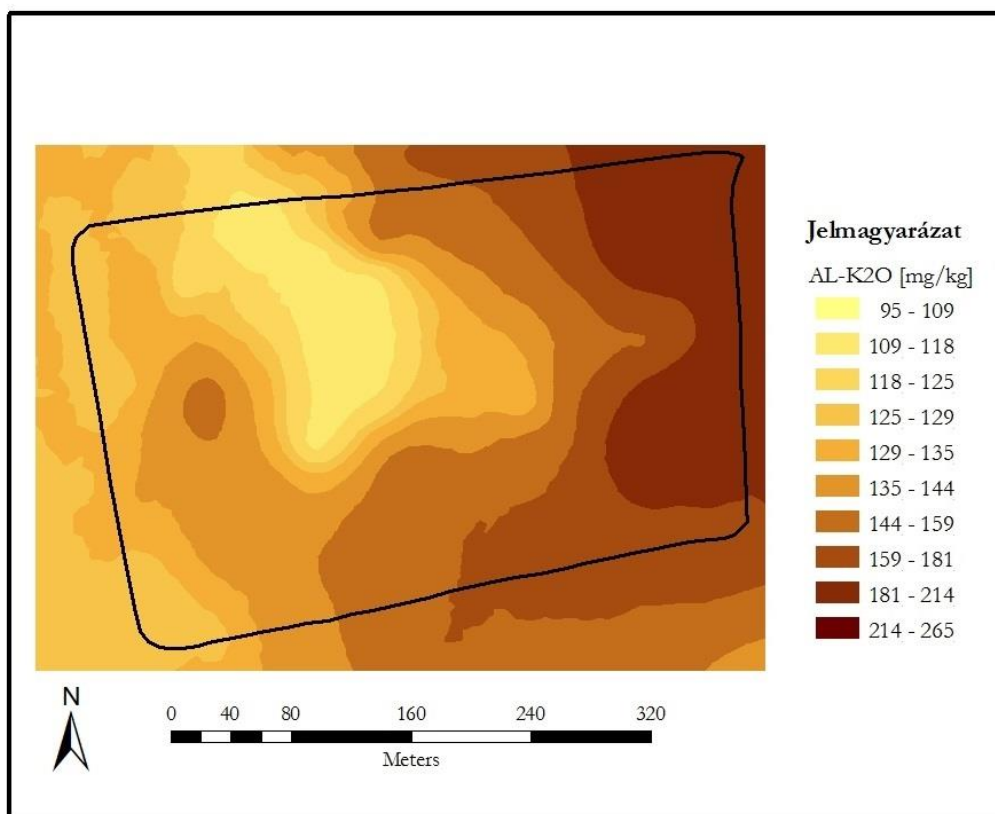
12. ábra: A humusztartalom becslése

A fenti ábrán látszik, hogy a meredek, erodált táblarészekeken a legalacsonyabb a humusztartalom.



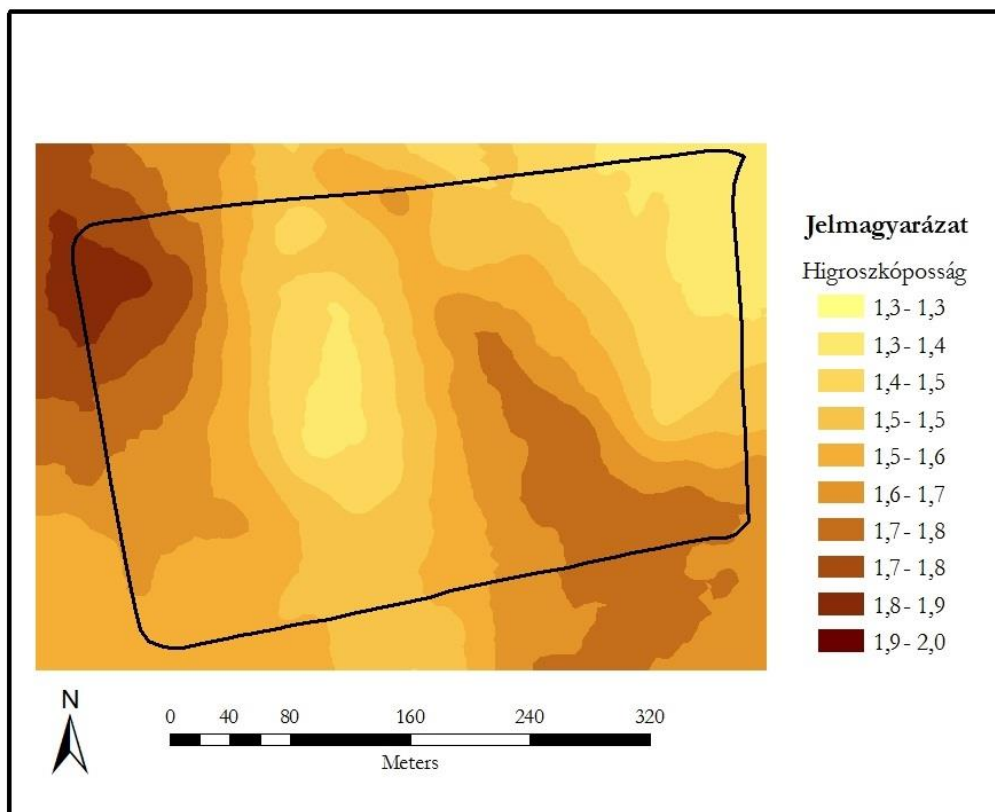
13. ábra: A felvehető foszfor becslése

A fenti ábrán látszik, hogy a legalacsonyabb (lejtőhordalék talaj 2) táblarészekben rendkívül magas a felvehető foszfor tartalom.



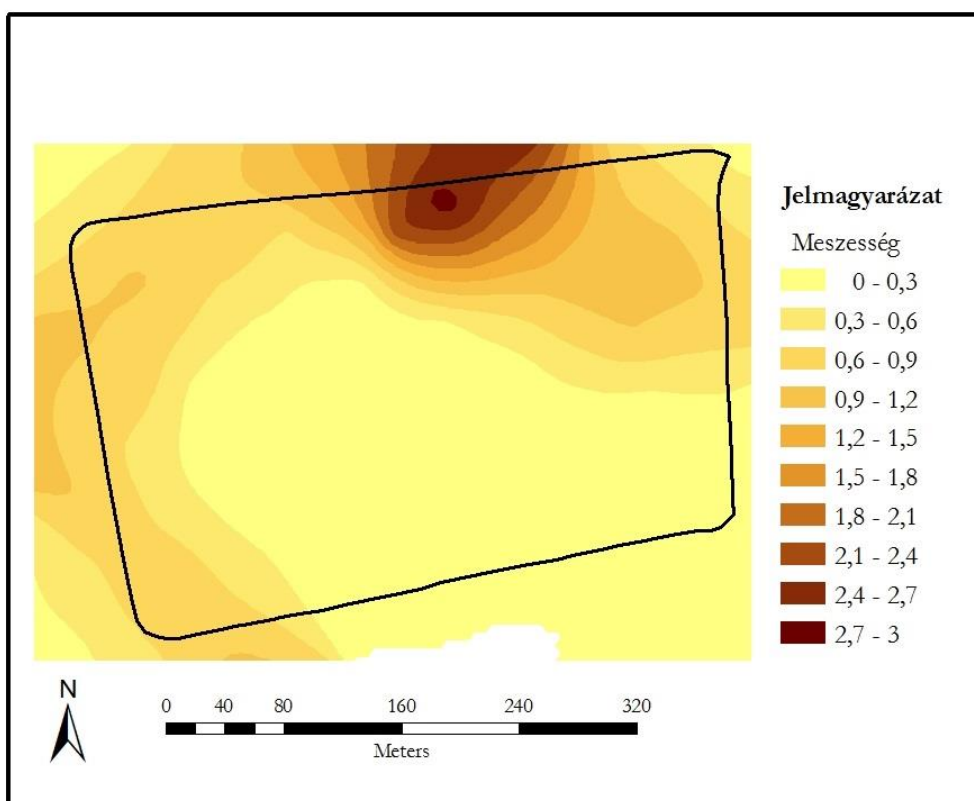
14. ábra: A felvehető kálium becslése

A fenti ábrán látszik, hogy a legalacsonyabb (lejtőhordalék talaj 2) táblarészekben a legmagasabb a felvehető kálium tartalom.



15. ábra: A higroszkóposság becslése

A higroszkóposságnak nincs a domborzathoz vagy a talajtípusokhoz köthető jellegzetes mintázata. Ez igaz az Arany-féle kötöttségi számra is.



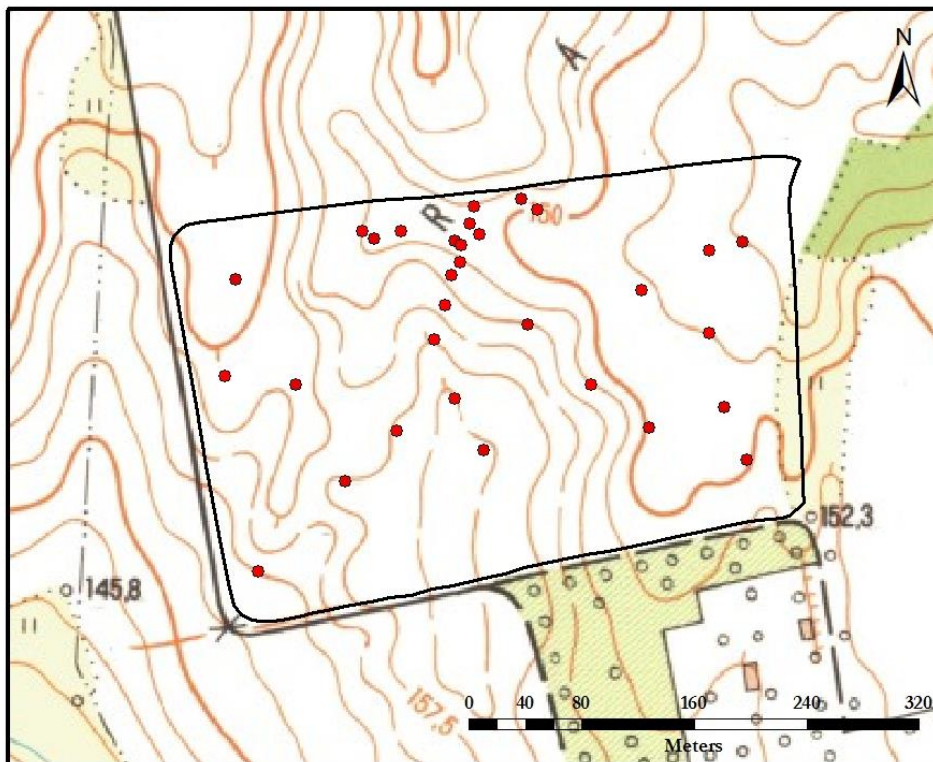
16. ábra: A mért karbonátosság becslése

A sósavas lecseppentéssel kapott mésztartalom-kategória az erősen erodált talajon, és az alatta elhelyezkedő lejtőhordalék talajon a legmagasabb. A következő táblázatban szerepeltetem tápanyag ellátottság alapján besorolt mintavételi pontok darabszámát:

5. táblázat: Pontok besorolása ellátottság alapján

	N ellátottság K _A ; H%	P ellátottság mész; AL-P ₂ O ₅	K ellátottság K _A ; AL-K ₂ O
1	4	-	-
2	12	-	11
3	14	-	18
4	1	13	1
5	-	13	1
6	-	5	-
Σ	31	31	31

- 1: Igen gyenge
- 2: Gyenge
- 3: Közepes
- 4: Jó
- 5: Igen jó
- 6: túlzott ellátottság



17. ábra: A 31 mintavételi pont

A lenti ábra szemlélteti a mintavételi pontokat. A felette lévő táblázat pedig a nitrogén-, foszfor-, kálium ellátottság alapján besorolt helyeiket. Láthatjuk, hogy a tábla nitrogén ellátottsága igen gyenge és jó ellátottság közé sorolhatók, döntő részt pedig gyenge és közepes ellátottságot mutatnak. A foszfor ellátottság extrém értékei jó és túlzott ellátottság közötti értéket képviselnek. A kálium ellátottságot a középút jellemzi, gyenge és igen jó ellátottságot mutatnak, értékei döntő részt a közepes ellátottságra jöttek ki.

4.2. Egyes talajtulajdonságok becslése gyors mérési módszerek alapján

4.2.1. Humusztartalom becslése a színmérés alapján

$$H\% = 5,352 - 0,009 * \text{Méllység[cm]} - 0,069 * \text{szL}$$

$$R^2 = 0,72$$

szL: szárazon mért L érték

Az R^2 egyenlő 0,72-vel, tehát a talaj humusztartalmát nagy pontossággal meg tudtam becsülni vele.

4.2.2. Higroszkóposág (fizikai féleség) becslése színmérés alapján

$$hy = 1,089 + 0,373 * \text{szA} - 0,139 * \text{nB} + 0,039 * \text{nL}$$

$$R^2 = 0,46$$

nB: Nedvesen mért B érték

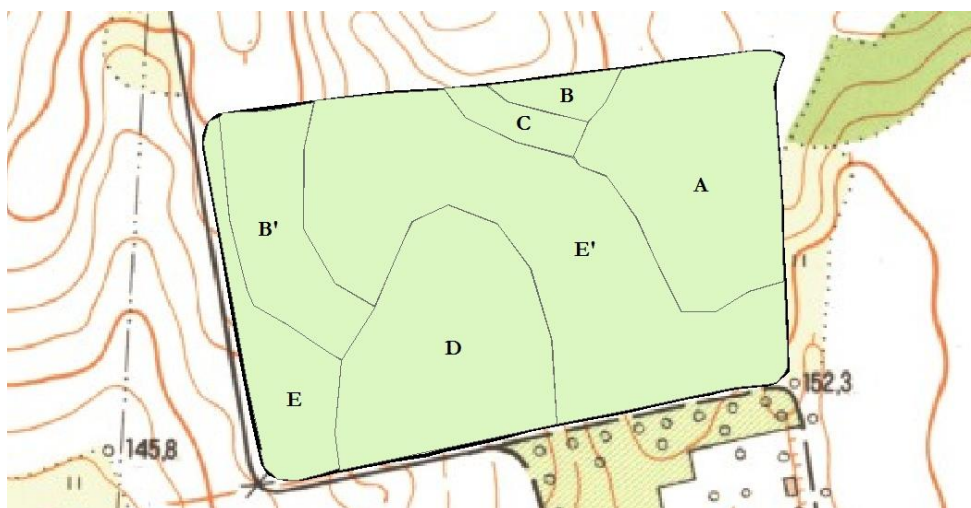
nL: Nedvesen mért L érték

Az R^2 egyenlő 0,46-al, tehát a fizikai féleség becslésére csak nagy bizonytalansággal alkalmas a színmérés.

4.2.3. A termést szignifikánsan befolyásoló tényező becslése a GLM modellel

6. táblázat: A tábla különböző helyein 0,6m²-ről vett termésminták átlaga három rész minta alapján

Minta	A	B	B'	C	D	E	E'
Repce mag termés g	399	164	240	254	310	284	309



18. ábra: A tábla felosztásával kapott egységek

A lejtőhordalék talajokon szignifikánsan magasabb a termés, ezt láthatjuk a 8.-ik táblázatban és alatta az ábrán „A”-val jelölve, ahol jelentősen nagyobb az ugyanakkora helyről vett termésminta tömege.

7. táblázat: A General Linear Model vizsgálata variancia analízissel

Tényező	Eltérés négyzet összeg (SQ)	Szabadságfok (szf)	SQ/szf	F-próba értéke	F-próba szignifikanciája
A modell*	94632,660 ^a	5	18926,532	23,114	0,000
Konstans	22934,433	1	22934,433	28,009	0,000
AL-P ₂ O ₅	7915,798	1	7915,798	9,667	0,007
humusz	5315,138	1	5315,138	6,491	0,022
Talajtípus	61901,647	3	20633,882	25,199	0,000
Hiba	12282,497	15	818,833		
Összes	1759486,530	21			
Korrigált összes	106915,157	20			

* R²= 0,885 Függő változó: termés

A GLM modell paramétereinek becslése

8. táblázat: A General Linear Model paraméter becslése variancia analízissel

Tényező	Tényező értékének becslése	Tényező értékének szórása	t-próba eredménye	t-próba szignifika nciája	95% konfidencia intervallum	
					Alsó határ	Felső határ
Konstans	600,826	129,753	4,631	0,000	324,264	877,387
AL-P ₂ O ₅	-,545	,175	-3,109	0,007	-,919	-,171
humusz	- 139,377	54,706	-2,548	0,022	-255,979	-22,775
talajtípus =1	436,638	65,673	6,649	0,000	296,659	576,616
talajtípus =2	176,859	35,317	5,008	0,000	101,583	252,135
talajtípus =3	43,571	47,280	,922	0,371	-57,203	144,345
talajtípus =4	0 ^a	.	.	.	.	.

Függő változó: termés

talajtípus =1: Lejtőhordalék talaj 1

talajtípus =2: Lejtőhordalék talaj 2

talajtípus =3: Agyagbemosódásos barna erdőtalaj

talajtípus =4: Erősen erodált erdőtalaj

A felvehető foszfornak és a humusznak negatív hatása van. A felvehető foszfor esetében ez érthető, de a tapasztalatnak ellentmond a humusz esetében, ezért további vizsgálatokat végeztünk annak kiderítésére, milyen összefüggés van a talajtípusok és e két talajtulajdonság között.

4.2.4. Humusz és felvehető foszfor alakulása talajtípusonként

A talaj humusztartalmának Duncan próbájával történő vizsgálatát az alábbi táblázat tartalmazza.

9. táblázat: A humusztartalom Duncan próbája

Talajtípus	N	Csoport	
		1	2
4	3	1,17	
2	3	1,25	
1	3	1,37	
3	12		1,67
Szignifikancia		0,089	1,000

A kevésbé erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajon (3. talajtípus) a humusztartalom szignifikánsan magasabb, mint az erodált talajon és a lejtőhordalék talajon. A termés éppen ellenkező tendenciát mutat, ezért mutatott az GLM elemzés negatív humuszhatást. A jobb termést valójában nem az alacsonyabb humusztartalom okozta, hanem az alacsonyabban fekvő területek jobb vízellátásának a pozitív hatása függetlenül a humusztartalomtól. Figyelemre méltó, hogy ez a különbség még az idei (2014) csapadékos évben is megfigyelhető volt.

A talaj felvehető foszfortartalmának egytényezős variancia analízisét követő Duncan próbájának az eredménye a talajtípustól függően

10. táblázat: Duncan próbája AL foszforra

Talajtípus	N	Csoport			
		1	2	3	4
3	12	230			
4	3		500		
2	3			640	
1	3				820
Szignifikancia		1,000	1,000	1,000	1,000

A felvehető foszfor az agyagbemosódásos barna erdőtalajon a legalacsonyabb (3. talajtípus), de még így is a nagyon jó ellátottsági kategóriába esik. A többi talajtípuson kiugróan magas értékeket mértünk, különösen extrém értékeket találtunk a lejtőhordalék talajokon. Korábbi irodalmi források az ilyen magas foszfortartalomnak már negatív hatását igazolták.

5. Következtetések

Következtetésem az, hogy a vizsgált táblán a technológiai és tápanyag ellátottsági színvonal lehetővé és szükségessé tenné a precíziós technológia bevezetését. Ehhez a legbiztosabb alapot a talajtípusok eltérősége adná, tehát a kezelési egységeket annak megfelelően kellene kijelölni, mivel ezek a termés mennyiségének fő meghatározó tényezői a domborzati elhelyezkedésük és vízgazdálkodásuk miatt. A legmeredekebb erodált folton a tervezhető termés mindig alacsony lesz a kedvezőtlen vízellátottság miatt.

A foszfor felesleg általában konkrétan nem mutatkozó, de tápelem-aránytalanságot okozó állapotot hoz létre. A nitrogén antagonistájaként nitrogén- és mikroelem (Cu, Zn, Mn, Fe) relatív hiányát idézi elő. A vizsgálatok során a 31 szántott rétegből való mintából 13-at jó-, 13-at igen jó-, és 5-öt túlzott ellátottságúnak találtam. Alaptrágyaként kijuttatott foszfor mennyiség elegendő volt a magas repcetermés (4,8 t/ha) eléréséhez, azonban ezen a szinten való további kijuttatására a növények már nem reagálnak, termésátlagbeli növekedés nem okoz, úgynevezett luxusfelvétel történhet meg. Az extrém magas foszfortartalom esetén a túlzott tápanyagellátottság akár termésnövekedéshez vezethet (ELLSWORTH et al., 2003), ahogy tenyészedény kísérletek is ezt bizonyítják (KÁDÁR et al., 1980). Különösen igaz ez száraz évben, ezeken a táblarészekén a foszfor műtrágyázás kockázatmentesen elhagyható.

A tápanyagtöke nagymértékű gyarapodása a tábla legmélyebb részén lévő lejtőhordalék talajon az erózió és a víz általi lemosás eredménye. Az erózióval elszállítódott talajszemcséken megkötött és elraktározódott tápanyagok növelik a „befogadó” talaj felvehető tápanyagtartalmát, a vízzel érkező oldott formában lévő tápanyagok pedig azonnal hasznosulni tudnak.

6. Összefoglalás

Magyarországon az úttörő vállalkozások körében napjainkban zajlik a precíziós mezőgazdasági technológia bevezetése, mert mostanra teremődtek meg a feltételek. A technológia tudományos alapja az, hogy a talajok (és az egyéb termesztési feltételek) heterogének, ezért a potenciálisan elérhető termés is különböző a táblákon belül. Ez egyértelműen meghatározza a ráfordítások milyenségét és mennyiségét is. A technológia alapeleme a pontos helymeghatározás (GPS vagy egyéb), de hasonlóan lényeges az eltérő termesztési feltételek megismerése, például a talajok változatosságának, és a termésre gyakorolt hatásának a felmérése is. Munkámban célul tűztem ki, hogy egy mezőgazdasági táblán felmérjem a talajtípusok változatosságát, és bizonyítsam, hogy ennek legalább akkora, vagy nagyobb szerepe van a termés kialakításában, mint a szántott rétegből rutinszerűen vizsgált talajvizsgálati paramétereknek. Ezen túl teszteltem azt is, hogy a színmérés hogyan illeszthető be ebbe a technológiába.

Munkámban egy gazdálkodó kelevízi területét vizsgáltam. 2013-2014 telén talajfúróval nagy sűrűséggel mintákat vettünk a talajokból egész a talajképző kőzet mélységéig. Ezekből a mintákból színmérést, sósavas lecseppentéssel mésztartalom tesztelést, higroszkóposság mérést és kiválasztott mintákból humusztartalom meghatározást végeztünk. A területen repcét termesztett a gazdálkodó. Az előzetes talajvizsgálatok alapján meghatározott talajfoltokon a betakarítás során mintát vettünk a termésből és ugyanazon a helyen talajmintát vettünk a szántott rétegből. A termésnek egyelőre csak a mennyiségét mértük, a talajmintákból pedig szűkített tápanyagvizsgálatokat végeztünk, ami a jelenlegi műtrágyázási szaktanácsadási rendszerek alapja.

Számos talajtani laboratóriumi vizsgálatot végeztem el rajtuk, amelyek között a legérdekesebb és a legmodernebb a színmérés volt. Áttörést jelenthet, hiszen alkalmazása egyszeri beruházás mellett olcsó, gyors és pontos. A kétféle módon kapott eredményeket össze tudjuk hasonlítani, hagyományos talajkémiai vizsgálatokkal szemben a színmérés eredményei. Korábbi publikációk alapján, és saját tapasztalatomból is ítélve egyértelműen találni összefüggést a kapott eredmények között.

A feldolgozáshoz ArcGIS 9.3.1 térinformatikai programot és és SPSS 13.0 statisztikai programot használtam.

Krigeléssel és kokrigeléssel a mintavételi pontokban vizsgált talajtulajdonságokat kiterjesztettem az egész táblára. Megállapítottam, hogy a táblán belül jelentős különbségek vannak a talajtípusokat illetően, de a szántott réteg foszfor és kálium, valamint mésztartalmát illetően is. A különbségek kisebbek voltak a humusztartalom esetében, illetve inkonzisztensek a higroszkóposság és a kötöttség tekintetében.

Megállapítottam, hogy színmérés és a mintavételi mélység ismeretében a talajok humusztartalmát jó, és a higroszkóposságot közepes hatásfokkal lehet becsülni.

Legfontosabb eredményként megállapítottam, hogy a termésre a talajtípus volt a legerősebb hatással, ellenben a túlzott felvehető foszfor tartalom a szántott rétegben még ebben a csapadékos évben is negatív hatással volt a repce termésére.

Következtetésem az, hogy a vizsgált táblán a technológiai és tápanyag ellátottsági színvonal lehetővé és szükségessé tenné a precíziós technológia bevezetését. Ehhez a legbiztosabb alapot a talajtípusok eltérősége adná, tehát a kezelési egységeket annak megfelelően kellene kijelölni. A talaj túlzott foszfortartalma egy aszályosabb évben akár jelentős terméskorlátozó tényező is lehet, ezért a foszfor műtrágyázás jelentősen csökkenthető lenne. A legmeredekebb erodált folton a tervezhető termés mindig alacsony lesz a kedvezőtlen vízellátottság miatt.

8. Irodalomjegyzék

1. Arno, J., Martinez-Casasnovas, J. A., Ribes-Dasi, M., & Rosell, J. R. (2011). Clustering of grape yield maps to delineate site-specific management zones. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(3), 721-729.
2. Birkás Márta (2006): Környezetkímélő Alkalmazkodó Talajművelés. Birkás Márta és társai. pp. 197.-232.
3. Birkás Márta (2001): Talajművelés a Fenntartható Gazdálkodásban. Birkás Márta és társai. pp. 202.-205.
4. Chen, X. P., Cui, Z. L., Vitousek, P. M., Cassman, K. G., Matson, P. A., Bai, J. S., ... & Zhang, F. S. (2011). Integrated soil–crop system management for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (16), 6399-6404.
5. Diacono, M., Castrignanò, A., Troccoli, A., De Benedetto, D., Basso, B., & Rubino, P. (2012). Spatial and temporal variability of wheat grain yield and quality in a Mediterranean environment: A multivariate geostatistical approach. *Field Crops Research*, 131, 49-62.
6. Diacono, M., Troccoli, A., Girone, G., & Castrignanò, A. (2011). Field-scale variability and homogeneous zone delineation for some qualitative parameters of durum wheat semolina in Mediterranean environment. *World J Agr Sci*, 7, 286-290.
7. Dövényi Zoltán (szerk.) (2010): Magyarország Kistájainak Katasztere. Második, átdolgozott és bővített kiadás. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest
8. Ellsworth, J. & Hopkins, B., (2003). Phosphorus nutrition in potato production. In *Idaho Potato Conf* (pp. 22-23).
9. Fu, Q., Wang, Z., & Jiang, Q. (2010). Delineating soil nutrient management zones based on fuzzy clustering optimized by PSO. *Mathematical and computer modelling*, 51(11), 1299-1305.
10. Gábli Cecília: Caius Plinius Secundus Természettudományainak 45. könyve
11. Guastaferro, F., Castrignanò, A., De Benedetto, D., Sollitto, D., Troccoli, A., & Cafarelli, B. (2010). A comparison of different algorithms for the delineation of management zones. *Precision agriculture*, 11(6), 600-620.
12. Hakojarvi, M., Hautala, M., Ristolainen, A., & Alakukku, L. (2013). Yield variation of spring cereals in relation to selected soil physical properties on three clay soil fields. *European Journal of Agronomy*, 49, 1-11.
13. IFPRI, 2012 Global Food Policy Report. International Food Policy Research Institute

14. Jensen, H. G., Jacobsen, L. B., Pedersen, S. M., & Tavella, E. (2012). Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark. *Precision Agriculture*, 13(6), 661-677.
15. Kádár, I. & Pusztai, A., (1980). Nutrient turnover in the soil and plant as affected by NPK overfertilization. I. Macroelements. *Növénytermelés*, 29(5), 429-443.
16. Landrum, C., Castrignanò, A., Mueller, T., Zourarakis, D., Zhu, J., & De Benedetto, D. (2015). An approach for delineating homogeneous within-field zones using proximal sensing and multivariate geostatistics. *Agricultural Water Management*.
17. Lawes, R. A., & Robertson, M. J. (2011). Whole farm implications on the application of variable rate technology to every cropped field. *Field Crops Research*, 124(2), 142-148.
18. López-Lozano, R., Casterad, M. A., & Herrero, J. (2010). Site-specific management units in a commercial maize plot delineated using very high resolution remote sensing and soil properties mapping. *Computers and electronics in agriculture*, 73(2), 219-229.
19. Lukács Gyula (1999): Műszerügyi és Méréstechnikai Közlemények, 64. szám
20. Makó András egyetemi docens, Matusné Sényi Klára tanszéki mérnök, Palkovics Miklósné dr. tanszéki főmunkatárs, Sisák István egyetemi docens(2004): Talajtani gyakorlatok.
21. McCann, B. L., Pennock, D. J., Van Kessel, C., & Walley, F. L. (1996). The development of management units for site-specific farming. *Precision Agriculture*, (precisionagricu3), 295-302.
22. MÉM NAK 1979: Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM NAK Budapest,
23. Moral, F. J., Terrón, J. M., & Rebollo, F. J. (2011). Site-specific management zones based on the Rasch model and geostatistical techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75 (2), 223-230.
24. Moral, F. J., Terrón, J. M., & Silva, J. R. (2010). Delineation of management zones using mobile measurements of soil apparent electrical conductivity and multivariate geostatistical techniques. *Soil and Tillage Research*, 106 (2), 335-343.
25. Németh Tamás-Neményi Miklós-Harnos Zsolt (2007): A precíziós mezőgazdasági módszertana. MTA TAKI, 77-78.
26. Robert, P. C. (2002). Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. *Plant and soil*, 247(1), 143-149.
27. Robert, P. C., & Stafford, J. V. (1999). Precision Agriculture: research needs and status in the USA. In *Precision agriculture'99, Part 1. Papers presented at the 2nd*

European Conference on Precision Agriculture, Odense, Denmark, 11-15 July 1999. (pp. 19-33). Sheffield Academic Press.

28. Savabi, M. R., Scully, B. T., Strickland, T. C., Sullivan, D. G., & Hubbard, R. K. (2013). Use of statistical and conceptual path models to predict corn yields across management-zones on the Southeast coastal plain. *Journal of Agricultural Science*, 1(2), 32-51.
29. Tagarakis, A., Liakos, V., Fountas, S., Koundouras, S., & Gemtos, T. A. (2013). Management zones delineation using fuzzy clustering techniques in grapevines. *Precision Agriculture*, 14(1), 18-39.
30. Van Alphen, B. J., & Stoorvogel, J. J. (2000). A functional approach to soil characterization in support of precision agriculture. *Soil Science Society of America Journal*, 64(5), 1706-1713.

Washington, DC. USA
31. Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and electronics in agriculture*, 36(2), 113-132.
32. Zhu, Q., Lin, H. S., & Doolittle, J. A. (2013). Functional soil mapping for site-specific soil moisture and crop yield management. *Geoderma*, 200, 45-54.

8.1. Internetes hivatkozások:

1. <http://www.vaderstad.com/hu/termek/talajmuveles/cultus>
2. <http://www.esrihu.hu/hu/hasznos/mi-a-gis/terinformatikarol-roviden.html>
3. SÁRKÖZY F., 2008. Térinformatikai elméleti oktató anyag. http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t28.htm#krige