

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
Mezőgazdaságtudományi Kar, Mosonmagyaróvár
AGRÁRMŰSZAKI, ÉLELMISZERIPARI ÉS
KÖRNYEZETTECHNIKAI INTÉZET

"A" Programvezető
Dr. Debreczeni Béláné
MTA doktora

"B" Programvezető
Dr. Kismányoky Tamás
MTA doktora

Témavezető
Dr. Neményi Miklós
MTA doktora

A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés
feltételrendszere

Készítette:
PECZE ZSUZSANNA

Mosonmagyaróvár
2001

1. TARTALOMJEGYZÉK

2. BEVEZETÉS	1. oldal
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	
3.1. PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS	5. oldal
3.2. HELYMEGHATÁROZÁS, NAVIGÁCIÓ, GPS, GIS	14. oldal
3.3. INFORMÁCIÓGYŰJTÉS	
3.3.1. HOZAMMÉRÉS, HOZAMTÉRKÉPEZÉS	20. oldal
3.3.2. TALAJADATOK GYŰJTÉSE, TALAJTÉRKÉPEZÉS	44. oldal
3.3.3. EGYÉB ADATGYŰJTÉSI LEHETŐSÉGEK ÉS MÓD- SZEREK	48. oldal
3.4. ELEMZÉS, ADATOK FELDOLGOZÁSA	58. oldal
3.5. HELYSPECIFIKUS ALKALMAZÁSOK	65. oldal
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	
4.1. KÍSÉRLETI TÁBLA ÉS A KÍSÉRLET KÖRÜLMÉ- NYEINEK AZ ISMERTETÉSE	83. oldal
4.2. A HELYSPECIFIKUS HOZAMMÉRÉS ÉS TÉRKÉ- PEZÉS RENDSZERE ÉS MENETE	86. oldal
4.3. A TALAJMINTAVÉTEL MÓDJA	93. oldal
4.4. AZ ALKALMAZOTT TALAJVIZSGÁLATI MÓD- SZEREK	96. oldal
4.5. A STATISZTIKAI ELEMZÉS MÓDSZEREI	97. oldal
4.6. AZ ALKALMAZOTT TRÁGYÁZÁSI SZAKTANÁCS- ADÁSI RENDSZER ISMERTETÉSE	98. oldal
4.7. AZ ADATOK TÉRINFORMATIKAI FELDOLGOZÁSA	102. oldal
4.8. HELYSPECIFIKUS MŰTRÁGYASZÓRÓ RENDSZER ISMERTETÉSE	104. oldal

5. EREDMÉNYEK	
5.1. HOZAMMÉRÉS	109. oldal
5.2. TALAJMINTAVÉTEL ÉS EREDMÉNYEI	119. oldal
5.3. HELYSPECIFIKUS MŰTRÁGYASZÓRÁS	125. oldal
5.4. BIOMETRIAI ELEMZÉSEK EREDMÉNYEI	129. oldal
5.5. TÉRINFORMATIKAI RENDSZER	139. oldal
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)	143. oldal
7. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	146. oldal
8. ÖSSZEFOGLALÁS	149. oldal
9. SUMMARY	152. oldal
10. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	154. oldal
11. IRODALOMJEGYZÉK	155. oldal

2. BEVEZETÉS

A hagyományos növénytermelésben a tábla a legkisebb egység, amelyet alapul vesznek az optimális kezelésigények megállapításánál. A GPS-szel történő helymeghatározás lehetővé tette a talaj és hozam tulajdonságok táblán belüli rögzítését. Helyzetünk minden pillanatban és folyamatosan meghatározható, így a táblaméretnél kisebb egységekben "gondolkodhatunk", tehát figyelembe vehetjük a táblán belüli eltérő talajfizikai, talajkémiai és így termékenységi tulajdonságokat, a gyomok, kártevők, kártételek táblán belül előforduló változékonyságát stb. A

hagyományos termesztési eljárások, műveletek összekapcsolása a térbeli információkkal jelenti a precíziós gazdálkodás lényegét.

A számítógépes háttér ill. az annak segítségével létrehozott térinformatikai adatbázis (GIS = földrajzi információs rendszer) lehetővé teszi, hogy átfogó képet alakítsunk ki mezőgazdasági területeinkről és megalapozott, körültekintő agrotechnikai döntéseket hozzunk. Az így meghozott döntések alapján lehetőség van a területen belüli változatosságot figyelembe vevő agrotechnikai beavatkozások megvalósítására. E technológia alkalmazásával a tábla minden részén az optimális ill. ahhoz közeli tápanyag, vegyszer kijuttatása illetve talajművelés történik, ami egyrészt jelentős költségmegtakarítást eredményez, másrészt pedig megakadályozza a tápanyagok talajvízbe való bemosódását és a túlzott vegyszerhasználatból eredő környezetterhelést. (Pecze et al., 2001)

A precíziós gazdálkodás olyan technológiai módszer, mely a területen belüli változékonyságot is figyelembe veszi. Azt a technológiát jelenti, amelynél a táblán belül a helyi viszonyokhoz igazodva juttatjuk ki a tápanyagot (műtrágya, szerves-trágya), a növényvédő szert a vetőmagot és változtatjuk a műveletek módját.

A precíziós gazdálkodás lassú ütemben, de terjedőben van az egész világon. Lassú előretörését nem csak a technika megvalósításának jelentős költségvonzata okozza, hanem a sokrétű szakértelem (informatikai, műszaki, növénytermesztési, agrokémiai, növényvédelmi, térképészeti stb.) összhangjának az igénye, valamint a többéves kísérletekkel igazolható megbízhatóság szükségessége is. Hiszen, ha valamennyi paramétert figyelembe véve akarjuk megvalósítani az

optimális kezelést, igen sok tényező egymásra gyakorolt hatását kell alkalmaznunk.

A cél mindenekelőtt a gazdaságosság és a hatékonyság növelése. A precíziós gazdálkodás jövőbeni széles körű elterjedését indokolja a környezetvédelem nagyfokú igénye, minőségi termékek előállítása, termőföldjeink védelme és nem utolsósorban a költségek csökkentése a hatékonyság növelése mellett.

Fontos, hogy az agrotechnológiai beavatkozások összhangban legyenek a területet jellemző tulajdonságokkal.

A precíziós gazdálkodás megfelelő informatikai és elektronikai hátteret igényel az adatok pontos gyűjtéséhez, feldolgozásához és a változtatható módon beavatkozó eszközök üzemeltetéséhez.

A precíziós gazdálkodás során a termelés intenzitásának növekedésével egy időben csökken a környezetterhelés, csökkenő költség szint mellett és javul a minőség.

Bár a precíziós gazdálkodás nagy beruházást igényel, a termelési költségek csökkenésével a beruházás reális időn belül megtérül. Nem beszélve arról, hogy egy ilyen rendszer nagyobb területen (több ezer hektár) is alkalmazható, ami a fajlagos költségeket jelentősen csökkenti.

Világossá válik, hogy a precíziós gazdálkodás a fenntartható mezőgazdasági fejlődés egyik alapvető eszköze.

Ezen technika megvalósításához első feladatunk, hogy a gépeket alkalmassá tegyük egyrészt a megfelelő információk rögzítésére, továbbítására, vagyis az információk alapján született döntések automatikus megvalósítására. Néhány konkrét példa: folyamatos hozammérők betakarítógépeken, talajparaméterek (kémiai, fizikai) folyamatos mérését biztosító berendezések felszerelése- elsősorban-az

erőgépekre, a mesterséges látás alkalmazása erő- vagy munkagépekre szerelt kamerák segítségével stb..

Más kérdés, hogy sok tekintetben a fent felsorolt információk egy része egyéb módon, pl. "repülőgépes vagy műholdas távérzékeléssel is begyűjthető" (Pecze Zs., 1998).

A technológia megvalósítására többféle rendszer kapható, melyek megbízhatóságáról, jelenleg mind külföldön, mind hazánkban kevés gyakorlati (üzemi) tapasztalat áll mind a kutatók, mind a gazdálkodók rendelkezésére (Neményi et al., 2001). Ilyen eredmény pl. a táblán belüli eltérő talajtulajdonságok meghatározása és annak rögzítése, mely eredmény a többéves nemzetközi kutatási programok kiindulópontjai. Nagyüzemi gyakorlati kísérletekről szintén rendelkezésre állnak eredmények, melyek főképpen a műtrágyaszórásról valamint a hozamtérképezéshez és tápanyagellátottsági térképek készítéséhez használt DGPS-alkalmazásokról adnak számot.

Elengedhetetlen a szakszerű talajmintavétel, illetve a mintavételi pontok kijelölése. A hozamtérkép jó alapul szolgál a mintavételi egységek elkülönítésére, hiszen az eltérő hozamok többek között az eltérő talajtulajdonságokra vezethetők vissza. A talajtulajdonságok és a biomassza tömege közötti összefüggések feltárása a célunk, illetve az adottságok minél szakszerűbb kihasználása.

Helyspecifikus tápanyagpótláskor a cél kultúrnövények tápanyagigényének optimális vagy ahhoz közeli kielégítése, ezzel elkerülve a túlzott műtrágyafelhasználást.

Célul tűztem ki a helyspecifikus hozammérési technika pontosítását (korrekt hozam,- nedvesség- és területmérés), üzemi körülményekhez

való adaptálását, továbbá térinformatikai rendszerre alapuló adatbázis építését valamint a gazdaságos és környezetkímélő precíziós tápanyagpótlás megvalósítását üzemi körülmények között.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS

Történelmi előzmények

A talajok heterogenitására szakemberek már régóta felhívták a figyelmet. A gazdálkodók is régóta tudják, hogy földjeiken egy-egy táblán belül a talajfoltok, az egyenlőtlen tápanyageloszlás, az eltérő vízvezetési és gyomviszonyok, a változó madár- és rágcsálókártétel stb. miatt nem kiegyenlített a növényállomány és a termés (Sági, 1996).

Családi gazdaságoknál ezen ismeretek apáról fiúra szálltak, évtizedes tapasztalataikat gondosan őrizték. Az új technológiában már a térinformatikai rendszerek veszik át ezt a szerepet, melyek valamennyi információt geokódolva tárolnak.

Eddig nem volt rá mód hogy ezeket a táblán belüli eltéréseket olyan nagy részletességgel rögzítsük és kezeljük. Amióta azonban a GPS már polgári felhasználóknak is rendelkezésre áll, a megfelelő technikával kiegészítve lehetőségünk nyílt a táblán belüli variabilitások feltérképezésére és figyelembevételére. A precíziós gazdálkodás alkalmazásával a táblán

belüli (mikrokörnyezeti) feltételeket, mint egységet kezeljük és összefüggésében vizsgáljuk.

Az agrokémia alapvető feladata a hatékony trágyázási eljárások kidolgozása, fejlesztése, tudományos megalapozása. Ezért nem nélkülözheti a növények ásványi táplálkozásának, kémiai összetételének, a talajtápanyagok kémiájának, biológiájának, anyagforgalmának (mérlegének), az alkalmazott tápláló források (műtrágya, istállótrágya stb.) hatékonyságának, környezetkímélő és gazdaságos kérdéseinek elmélyült tanulmányozását.

Az évtizedek óta folytatott trágyázási tartamkísérletek eredményei igen nagy jelentőséggel bírnak. (Debreczeni et al., 1994) Felbecsülhetetlenül fontos adatokat szolgáltatának a műtrágyázás talajra és növényre gyakorolt hatásáról.

Ezen eredmények felhasználása a "helyhez kötött gazdálkodásban" újabb összefüggések feltárására adhat módot, hiszen

A 70-es évek végén a nyugat európai országok farmerei a maximális termékek elérésére alakítottak klubokat. Tíz év múlva ezek a túltermelés és a ráfordítási költségek emelkedése miatt, az optimális termésekre és az elérhető legnagyobb jövedelmezőségre törekvő irányzat fellépésével gyorsan feledésbe merültek. A mezőgazdasági termelésben egyre erősödő gazdaságossági motiváció néhány évvel ezelőtt elvezetett a precíziós gazdálkodás (PG) elméletének és gyakorlatának megjelenéséhez. (Sági, 1996)

Megfelelő regisztrálási technika, a helyspecifikus kijuttatásra képes vető-, permetező és trágyaszóró gépek hiánya miatt (Sági, 1996) a táblák mindmáig átlagos vetőmag-, műtrágya-, víz és peszticidellátásban részesülnek. Ez helyi túl- és aluladagolásokat eredményezhet, ami termésnövekedésben, minőségromlásban és a szükségesnél nagyobb kiadásokban juthat kifejezésre. A területrészekre szabott optimalizálás jelentőségének és hasznosságának felismerése mindenesetre könnyebb, mint a megoldás, amihez csak a pontos földrajzi helymeghatározás műholdas, valamint a nagyszámú adat gyűjtésének, feldolgozásának és képi megjelenítésének számítógépes módszerei teremtették meg a lehetőséget.

Annak ellenére, hogy ez a technológia csak néhány éves - a tárgykörben az első nemzetközi konferenciát 1992-ben az Amerikai Egyesült Államokban Minnesotában tartották - a szakirodalomban, illetve a szakmai körökben számos elnevezése ismert mint például: "farming by soil"; "farming soil, not fields"; "spatially prescriptive farming"; "computer aided farming"; "high-tech sustainable agriculture"; "precision farming"; "site specific crop management"..e.t.c.. (Bakacsi et al., 1997-98).

"A precíziós gazdálkodás a fenntartható mezőgazdasági fejlődéstől elválaszthatatlan termesztési rendszer, amely elektronikai és számítógépes technikát integrál a maximális gazdaságosság érdekében, miközben a környezeti és a természeti forrásoknak is maximális védelmét valósítja meg." (Sági, 1996)

Megjegyzésem: Vitatható, hogy a három szempontnak egyszerre eleget lehet tenni.

Sági (1996) szerint minél heterogénebb valamely földterületen belül a talajszerkezet, a növények fejlődése, annál nagyobb a precíziós gazdálkodás hatékonysága. A heterogenitások felületi átlagértékekkel (pl. kg biomassa/m²) jellemezhetők.

A precíziós gazdálkodás- Györfly (2000) -szerint magába foglalja a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, táblán belül változó technológiát, integrált növényvédelmet, csúcstechnológiát, távérzékelést, térinformatikát, geostatistikát, növénytermesztés gépesítésének változását, és az elektronika illetve az információs technika vívmányainak behatolását a növénytermesztésbe, talajtérképek mellett terméstérképek készítését, termésmodellezést, talajtérképek összevetését terméstérképekkel, kártevők, gyomok, betegségek, táblán vagy dűlön belüli eloszlásának törvényszerűségeit.

A részterületspecifikus gazdálkodás célja egyértelmű, írja Jürschik, (1999). A DGPS segíti a gazdálkodót a felhasznált anyagok csökkentésében, a hozambiztonság és a hozam növelésében, valamint a termés minőségének javításában. Különösen fontos a műtrágyaszórás és növényvédőszerkijuttatás során a tényleges szükségletekhez való alkalmazkodás. Azonban ezidáig még gyakorlati tapasztalatok nincsenek azon téren, hogy a részterületspecifikus gazdálkodás mely területeken kifizetődő inkább. A legtöbb tapasztalat a műtrágyaszórás terén van.

Christensen és Krause (1996) szerint a precíziós gazdálkodásra áttérni kívánó farmerek számára a problémát még hosszabb ideig a számítógépes gyakorlat hiánya fogja jelenteni. Ezért el kell sajátítaniuk az idevágó ismereteket, de még ennek birtokában is 3-4 évbe telhet, amíg a terméstérképezési adatokat képesek lesznek kellően értelmezni, feldolgozni és a gyakorlatban hasznosítani.

A precíziós gazdálkodás Yule és Crooks (1996) szerint azt jelenti, hogy az alkalmazók a termesztési ráfordításokat pontosan a helyi variációknak megfelelően alakítják. Ebből egyenesen két dolog következik: a jövedelmezőség javulása és az egyébként kárbavesző túlادagolások elmaradása.

Neményi et al. (1998) szerint a "precíziós farming" műszaki feltételrendszere a korszerű mezőgazdasági gépek kiegészítésével illetve továbbfejlesztésével jön létre. A korszerű erő-és munkagépek szinte mindegyike alkalmas az ilyen jellegű továbbfejlesztésre. Az első feladat tehát az, hogy a gépeket alkalmassá tegyük egyrészt a megfelelő információk rögzítésére, továbbítására, másrészt a központi irányításra, vagyis az információk alapján született döntések automatikus megvalósítására. Néhány konkrét példa: folyamatos hozammérők a betakarítógépeken, talajparaméterek (kémiai, fizikai) folyamatos mérést biztosító berendezések felszerelése-elsősorban- az erőgépekre, a mesterséges látás alkalmazása erő- vagy munkagépekre szerelt kamerák segítségével. Más kérdés, hogy sok tekintetben a fent felsorolt információk egy része egyéb módon, pl. repülőgépes vagy műholdas távérzékeléssel is begyűjthető. A másik feladat: a gépeket (elsősorban munkagépeket) olyan berendezésekkel felszerelni,

amelyek a központi vezérlés alapján üzemeltetési paramétereiket megváltoztatják (műtrágyaszóró gépek, növényvédő gépek) a kiszórt mennyiség folyamatos állításának lehetősége, vetőgépeken folyamatos tőtávolság ill. kivetett tőszám állítás, ugyanitt fajtaváltás stb.

Pecze et al.(1999) Gödöllőn az MTA Agrárműszaki Bizottság XXIII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozásán az alábbi következtetéseket vonták le a precíziós gazdálkodás területén tett kísérleteikből: a mezőgazdasági térinformatikai adatbázis felvételéhez a kutatási tevékenységet elsősorban az agro- és talajfizikai jellemzők folyamatos mérési módszereinek kidolgozására illetve a már ismert eljárások pontosítására kell koncentrálni. A szemestermények hozammérésekor a nedvességmérés pontosítása a feladat, illetve a gyors kalibrálás biztosítása. További feladat: az egyéb termények (pl. szálatakarmányok) hozammérésének módszereit kidolgozni. A PATE Kaposvári Karán a szálatakarmányok betakarításánál használható eljárásokat kutatják. Intézetükben a talajfizikai kutatásra vonatkozó eredmények alapján lehetőség nyílik a talajjellenállás folyamatos mérésére.

A precíziós gazdálkodás lépései Czinege (2000b) szerint a következők:

- 1.: digitális adatbázis építés (hozamtérkép, genetikus talajtérkép, légi fotó, kataszteri térkép, topográfiai térkép stb),
- 2.: törvényszerűségek, összefüggések feltárása,
- 3.: talajmintavétel,
- 4.: NPK-adagok megállapítása,
- 5.: műtrágyázási térkép elkészítése, új szaktanácsadói modulok létrehozása.

"Joggal vetődhet fel a kérdés, hogy tulajdonképpen miért van szükségünk a táblán belül eltérő hozamok ismeretére. A mezőgazdaságnak igen komoly környezetvédelmi előírásokkal kell szembenéznie, amit az EU-hoz való csatlakozás igénye mégjobban felerősít. A precíziós gazdálkodásnál nem táblaátlagok megállapítása a cél, hanem az adott területen belüli eltérő hozamok meghatározása, hiszen a növény jelzi a táblán belül eltérő talajkémiai, talajfizikai és egyéb tényezők egymásra, valamint a növény növekedésére, fejlődésére gyakorolt hatást. Ezek alapján megállapítható, hogy nem mindenütt indokolt a kemikáliák táblaszintű egyenletes kiadagolása, hanem a terület tápanyagellátottságának, állapotának stb. inhomogenitásához alkalmazkodva kell az adott helyen az adott szükségletnek megfelelően beavatkoznunk. Így a mennyiségi és minőségi termésjavulás mellett jelentős költséget takaríthatunk meg, továbbá környezetünk megóvása érdekében is fontos lépést tehetünk előre."(Kalmár et al., 2000)

A mezőgazdasági termőterületek anomáliái a talaj vagy vegetációs heterogenitások ill. következtelenségek, melyek felülmúlják a normál változékonyságot, Chris J. Johannsen et al.(2000). Ha felismerjük a növényzet változékonyságát, következésképpen felismerjük egy növénypopuláció változatosságát, a talaj-különbségeket, a vegyszeres kezelések helyes időzítését, a szél és esőkártételt és számos más változót és ha a termelő megérti ezeket az anomáliákat, az segítheti a döntéshozatalban. Ráadásul, a szaktanácsadók, az inputok és berendezések szállítói, hitelezők és kutatók közös nyelve lehet a termés/termény anomáliák megvitatása. A távérzékelési adatok rámutathatnak az eltérések helyére, és lehetővé teszik a termelők

számára, hogy ez alapján megtervezze a táblák vizsgálatát, és levonja a következtetéseket.

Komplett gyakorlati eredményekről számolt be Schmerler és Basten (2000) a Magyar Tudományos Akadémia Agrár-Műszaki Bizottság XXIV. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozáson Gödöllőn, 2000. 01. 18-19-én megtartott előadásán.

A Németország-i Brandenburg tartományban található 7100 ha-on gazdálkodó Golzow Mezőgazdasági Kft. nagyüzemi műtrágyaszórási-, vetési-, növényvédelmi- és hozammérési kísérleteket folytat. Nagy hangsúlyt kap a gyakorlati vizsgálatok során a műtrágya, vetőmag és növényvédőszer differenciált kijuttatásának technikai - technológiai megvalósíthatósága, a felhasznált és kijuttatott anyagok mennyiségének rögzítése, valamint a precíziós termesztés gazdasági kiértékelése.

Az Oderbruchban termelő üzem természeti és ökonómiai feltételei kedvezőek a részterületspecifikus gazdálkodáshoz. A talajtípusok széles választéka, azokon belül is az előforduló eltérő termékenységű sávok jelentős mértékű talajheterogenitást eredményeznek.

A kísérleteket sávos elrendezésben állították be 3-12 ha nagyságú táblákon, a kísérleti növények: őszi búza, tavaszi árpa és kukorica. A potsdami LUFA műtrágyaajánlásait használták fel a részterületspecifikus N-trágyázás megvalósításához. Őszi búzánál évenként 3 részben, tavaszi árpánál 1 részben juttatták ki az ajánlott mennyiségeket. Kukoricánál N-P-K komplex alaptrágyázást végeztek, majd 3-4 leveles stádiumban N-t adtak fejtrágyaként.

A talajmintát tavasszal vették 60 cm-es mélységből.

A KW Computer cég Ferti TopoL GIS szoftvere fontos alapját képezte a részterületspecifikus munkálatoknak. Ennek segítségével geokódolt adatok pl. talajra vonatkozó adatok, táblahatárok és kijuttatási mennyiségek adatbázisa hozható létre, dolgozható fel és kezelhető.

A 4 kísérleti évben a Golzow-i területen a helyspecifikus N-trágyázással az 1998. évi tavaszi árpa kivételével évenként 2-52 kg/ha N-t takarítottak meg. Az egységes kezelésű területeken évenként 5-15%- kal több N-t juttattak ki. A kísérleti területek egyikén sem merült fel hozamvesztés.

A kukorica vetéskísérletekben a silányabb termőképességű talajoknál a vetőmag mennyiségét lecsökkentették, mert azokon a helyeken rendszerint nem elegendő a tápanyagellátás és termékenység a nagy növényesűrűséghez.

A technológia megvalósítására többféle rendszer kapható, írja Neményi et al. (2001, 2001a), melyek megbízhatóságáról, jelenleg mind külföldön, mind hazánkban kevés gyakorlati (üzemi) tapasztalat áll mind a kutatók, mind a gazdálkodók rendelkezésére.

Cél a jelenlegi helyzetben a gazdaságosság és a hatékonyság növelése, így léphetünk majd előrébb a további igényeket (környezetvédelem, jobb minőségű élelmiszerek stb.) is kielégítő gazdálkodási rendszer megteremtésének az irányába. A precíziós gazdálkodás jövőbeni széles körű elterjedését indokolja a környezetvédelem nagyfokú igénye, minőségi termékek előállítása, termőföldjeink védelme és nem utolsósorban a költségek csökkentése a hatékonyság növelése mellett. (Pecze et al., 2001,a)

3.2. HELYMEGHATÁROZÁS, NAVIGÁCIÓ, GPS, GIS

"Ma már a *GPS (Global Positioning System)* használata elterjedt alkalmazásnak számít, egyre több területen jelentkezik a földrajzi információ ismeretének igénye. Korábban nem katonai céllal szinte csak geodéziai célokra használták a GPS technológiát, manapság azonban számos területen jelent olyan egyszerű megoldást, amelyet azelőtt semmilyen vagy sokkal összetettebb módon tudtak csak kiváltani" (Kovács et al., 1999).

"A mesterséges hold koordinátái tetszőleges időpontra számíthatók a hold által sugárzott jelek kódolt paramétereiből. Ezek a koordináták geocentrikus, derékszögű X, Y, Z koordináták, s a WGS - 84 referencia rendszerre vonatkoznak. Egy a GPS mérések eredményeképpen elsődleges adatként a WGS - 84 rendszerben értelmezett geocentrikus, derékszögű X, Y, Z koordinátákat kapunk. Ezekből a megfelelő transzformációs paramétereket ismerve, tetszőleges dátumra, alaprendszerre vonatkoztatott koordinátákat számíthatunk" (Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus geodéziai Obszervatórium, 1993-94).

Az USA Hadügyminisztériuma (DoD, Department of Defense) elhatározta, hogy létrehoz egy kizárólag mesterséges holdakon alapuló, teljesen általános rendszert olvashatjuk a Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus geodéziai Obszervatórium GPS tanfolyam c. jegyzetében (1993-94). Ezt több fázisban kívánta megvalósítani. A NAVSTAR/GPS rendszer teljes kiépíttetésében lehetővé teszi, hogy a Föld bármely pontján, tetszőleges időpontban, igen rövid idő alatt pontos

hely-, sebesség - és időmeghatározást hajtsunk végre, amennyiben a megfelelő vevőkészülék a rendelkezésünkre áll.

A NAVSTAR műholdrendszerben a mesterséges holdak száma 21 (plusz 3 db tartalék), amely a jól tervezett pályák miatt lehetővé teszi, hogy a Föld bármely pontján minimum 4, maximum 7, mérésre alkalmas műhold tartózkodjon a horizont felett. Ezért a kiválasztott 4 műhold távolságát egyidőben mérve, lehetővé válik az azonnali, abszolút helyzet- és időmeghatározás.

A ténylegesen működő 21 hold 6, a térben egyenletesen elosztott pályán helyezkedik el, azaz egy pályán 3-4 hold kering. A közel kör alakú pályák inklinációja 55° , földfelszín feletti magassága pedig 20200 km. Ez 12 órás keringési periódust jelent. Egy földi megfigyelő számára egy adott műhold kb. 5 órán keresztül látható.

"A valós idejű differenciális GPS megoldásoknál abból indulunk ki, hogy egy adott körzetben lévő valamennyi GPS vevőt nagyjából azonos hibahatások érnék. Az ismert koordinátájú helyen telepített referenciavevő veszi a GPS holdak jeleit, majd kiszámolja, hogy a hibák milyen mérési hibákat okoztak. Ezeket a korrekciókat aztán szétsugározzák a felhasználóknak. A felhasználók veszik egyrésztől GPS vevőikkel a GPS holdak jeleit, másrésztől, egy külön telemetriai csatornán a korrekciókat. A fedélzeti számítógép aztán a vett korrekciókkal javítja a nyers GPS méréseket és a pontosság így javítható.

A GPS mérések eredményei rendszerint binárisan, tömörített formában, különböző adatfájlokban kerülnek rögzítésre a vevőkben. Az adatátvitel

számítógépbe, előzetes adatelemzés ezen programmodul segítségével történik.

Mivel a különböző vevőberendezések egymástól eltérő formátumban rögzítik a mérési adataikat, 1991 óta előtérbe került az úgynevezett műszerfüggetlen adatformátum használata (RINEX - Receiver Independent Exchange Format)" (Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus geodéziai Obszervatórium, 1993-94).

"Különböző helymeghatározó rendszerekkel végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a mezőgazdasági járművek helyzetének meghatározásához csak műholdas helymeghatározó rendszerek alkalmasak." (Weber, 1997b)

A terméstérkép által mutatott termésvariáció alkalmas a művelés alatt álló terület termőképesség szerinti differenciálására, de nem ad felvilágosítást a variabilitás okairól- Blackmore (1994). A helymeghatározáshoz használt műholdak adataiból azonban a talajtípusról, a talajvíz szintjéről, a beárnyékoltságról, a gyomborítottságról stb. is térképek készíthetők, amelyeket a megfelelő terméstérképre helyezve az ún. földrajzi információs rendszeren (GIS) keresztül korrelációk állapíthatók meg. Ezek új, nagyszámú, kölcsönhatásokat (pl. termés - talaj pH, termés - tápanyagellátottság stb.) mutató térkép elkészítésére adnak módot. Végül a terméstérkép bevételi variációssá alakításával és ebből a ráfordítások (vetőmag, műtrágya, művelés, betakarítás stb.) levonásával jövedelmezőségi térkép készíthető, ami a terméstérkép más viszonylatú megfelelője.

A felhasználhatóság érdekében a rendelkezésre álló információkat célszerűen kell csoportosítani, hogy a szükséges áttekinthetőség biztosított legyen, írja Takátsy (2000). A szántóföldi termelés talajhoz, vagyis helyhez kötött, abból az adatok elrendezésének térbeli rendszere adódik. Az adatok tárolására a földrajzi információs rendszer (GIS) nyújt lehetőséget. *A GIS térinformatikai adatbázis, geometriai és leíró adatok számítógépen kezelt állománya.* Úgy tekinthető, mint egy digitális alaptérkép, amelyet további geometriai és leíró adatokkal egészítünk ki. A PC méretű gépen is futtatható GIS programok fő részei ennek megfelelően:

- a jeleket fogadó és konvertáló rész;
- adatbázis - kezelő;
- eszközök a lekérdezéshez, elemzéshez, megjelenítéshez;
- grafikai felület.

Világszerte a távérzékelés módszereit alkalmazzák a mezőgazdasági területeken folyó munkák ellenőréséhez, monitorozásához, írja Ligetvári (1998).

A mezőgazdaságban a távérzékelés a következő fontosabb területeken használható:

- a mezőgazdasági területek térképezése;
- a terményfajták termelési területeinek felmérése légi távérzékeléssel;
- termésbecslés űr- és légi felvételekből;
- növénykárosodás felderítése (zömében légi távérzékeléssel);
- öntözött területek vizsgálata;

- területhasznosítás vizsgálata;
- a mezőgazdasági területek potenciaértékének meghatározása;
- földhasználati kataszter készítése stb.

A határszemle, a terepbejárás helyett új, az információszerzés szempontjából megbízhatóbb, eredményeiben gazdaságosabb megoldást biztosítanak a légi fényképek. A légi fényképek lehetőséget biztosítanak:

- a terület ökológiai viszonyainak összefüggéseinek - mint részben statikus jellemzőknek - a vizsgálatára,
- a kultúrák és az ökológiai jellemzők kapcsolatainak elemzésére,
- az adott év agrotechnikai tevékenységeinek értékelésére,
- a vegetációs időszakban a kórokozók és kártevők elleni gyors beavatkozások megtételére,
- meliorációs beavatkozás üzemi tervezésére,
- a meliorációs tevékenység ellenőrzésére.

A döntések és beavatkozások akkor eredményesek, ha a termés csökkenés okai időben feltárhatók.

A GIS elsősorban a kutatás és a környezeti állapot rögzítés és nyomonkövetés (monitorozás), az elemzés, a szimuláció és a tervezés eszköze, írja Ligetvári (1998). A GIS egy nagyon hatékony döntéstámogatási eszköz, amely geometriai és szöveges adatbázisokból, valamint olyan eljárásokból és technológiákból áll, amelyek az adatgyűjtésre, aktivizálásra, keresésre, térbeli elemzésre, modellezésre, értékelésre és optimalizálásra szolgálnak. A GIS legtöbbször igen magas

színvonalú megjelenítési lehetőségeket is tartalmaz, ami jól használható a tematikus kartográfia területén.

A térinformatikai rendszer fő alrendszereit ismerteti Ligetvári (1998), melyek szerinte a következők.:

- adatbevitel,
- kezelés, ellenőrzés és javítás,
- transzformációk,
- lekérdezés, elemzés,
- térképszerkesztés, jelentéskészítés,

Az adatbeviteli alrendszer részben a digitalizálást segíti, részben az egyéb források felől érkező adatokat fogadja, értelmezi és tárolja.

Lehetséges adatforrások Ligetvári (1998) szerint:

- terepi mérések,
- fotogrammetriai adatok,
- úrfelvételek,
- más adatbázisok.

3.3. INFORMÁCIÓGYŰJTÉS

3.3.1. HOZAMMÉRÉS, HOZAMTÉRKÉPEZÉS

A precíziós gazdálkodás teljesítésének több szakasza és változatos eszköztára van-írja Sági (1996). Az első szakasz a terméstérképezés és talajminták vétele ill. elemzése (talajtérképezés). A termés térképezése helyazonosító rendszerhez csatolt, termésmennyiséget rögzítő berendezéssel ellátott kombájn vagy más betakarítógép adatai alapján

történik. Az adatokból megfelelő program segítségével számítógép készíti el a földterület termésvariációit szemléltető térképeket.

A szántóföldi gépesített munkafolyamatok hatékony tervezése és igény szerinti minőségben való elvégzése megköveteli, hogy az egyes táblákról megfelelő információval rendelkezzen a gazdaság irányítója, írja Földesi et al. (2000). Az információk közül különösen fontosak a talajra, a talaj tápanyagtartalmára, az előveteményre, a gyomosságra, az egyes fontos jellemzőknek a táblán belüli változására, valamint a hozamra vonatkozó adatok. A hozam és annak a tábla mentén való változása ezek közül a jellemzők közül is kiemelkedik.

Hektáronként sok adatpontra van szükség ahhoz, hogy pontos kontúrtérképek készüljenek, melyek valós képet mutatnak a terület változékonyságáról- írja Dampney, (1999). A hozammérés az egyik elérhető módszer. Ezzel az eszközzel gazdaságos módon gyűjthető össze nagy mennyiségű adat a területről - a hozamtérképek általában 500-600 adatpontot rögzítenek hektáronként. A hozam amúgy is az egyetlen meghatározó mutatója a növénytermesztési műveletek sikerességének vagy sikertelenségének, mivel együttesen mutatja meg az összes tényezőnek a növényre tett hatásait. Mivel a farm jövedelme nagyban függ a megtermelt áru mennyiségétől és minőségétől, a hozamtérképek és az azokhoz kapcsolódó tiszta jövedelem térképek jó alapot szolgáltatnak a farm valamennyi részének/területének pénzügyi teljesítményéről.

A hozamtérképezés költségét számos tényező befolyásolja. Egy tipikus hozamtérképező rendszer 2-3 font/ha-ba kerül (5000-7000 font tőke

költséget alapul véve, amit 500 ha-on használnak fel és 6 éves leírási periódus alapján). A hozamtérképezés és a kombájon történő, hozammal kapcsolatos adatgyűjtés gazdaságosságának előnyeit ismerve elmondható, hogy a hozamtérképezés egy logikus kezdőpont a területen belüli változékonyság mérésére.

A helyspecifikus hozammérés- és térképezés egy új növénytermesztési stratégia központi elemeként egy olyan fejlődési állapotot ért el, mely lehetővé teszi, hogy ezt a technológiát a gyakorlatba is bevezessék- írja Weber (1997a). Az USA-ban 1994-től 1997-ig csaknem 17.000 hozammérő műszert adtak el arató-cséplőgépekhez, körülbelül felét ennek a rendszernek a DGPS-vel összekötött helyspecifikus hozammérési célra.

Mégis további erőfeszítéseket igényel a mérőműszerek hiányosságainak, hibáinak kiküszöbölése. Ebből a szempontból az effektív munkaszélesség meghatározása egy jelentős megoldandó probléma. De az átfolyó szem nedvességének folyamatos mérése a hozam standard nedvességi értékre való korrigálása végett nagyon fontos tényező kell hogy legyen.

Weber (1997a) ismertette, hogy a helyspecifikus növénytermeléshez mindenekelőtt a következő rendszereket kínálják:

- hozamérzékelők,
- nedvességérzékelők,
- helymeghatározók,
- távérzékelés, melyet, mint szolgáltatást vesznek igénybe.

Az online -meghatározást szolgáló érzékelők egy ideje fejlesztés alatt állnak. A kijuttató járműre szerelt érzékelők adatokat szolgáltatnak a talaj

és a növény tulajdonságairól. Ezen termékek széleskörű bevezetése azonban egy kis ideig várat még magára.

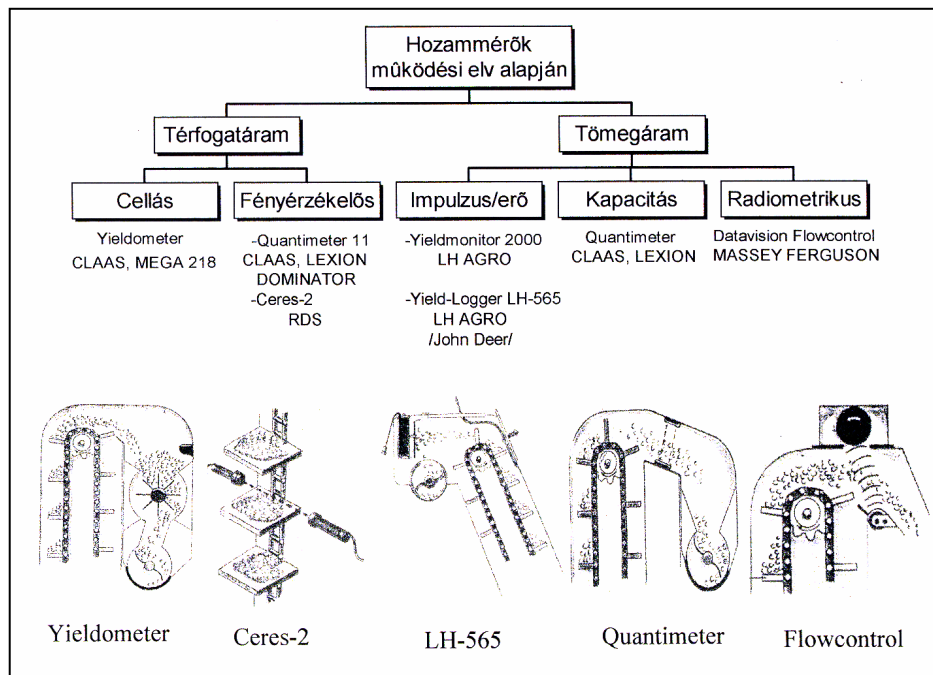
A hozamtérképezés és precíziós gazdálkodás alapvető előnyeiről ír Dampney, (1999). Az azonnali előnyök főleg a hozamtérképeken megjelenő információkból adódnak, illetve abból, hogy nincs, vagy kicsi az igény további feltérképezésre. Például:

- Segít a növény kiválasztásában és az ugaroltatási döntésekben azzal, hogy különböző földek és táblarészek hozamait és így nyereségességét össze lehet hasonlítani;
- Látszólag kiegyenlített hozamú földeken megmutatja a gyengébben termő területeket, amiket előzőleg esetleg észre sem lehetett venni;
- Érzékeli a növénytermesztési döntések eredményességét;
- Azonosítja és reagál az elővetemény okozta hozamproblémákra (pl. gyökérnövények után gabona)
- Meghatározza a vetésforgó prioritásait;

- Meghatározza az alacsony termés hozamú területeket, ahol további elemzések és javító kezelések szükségesek;
- Egyértelműen igazolja, alátámasztja a kompenzációs igényeket (pl. vízvezeték lefektetése, agrokemikáliák hatástalanságának ténye);
- Információkkal szolgál a beruházási döntések meghozatalához;
- Lehetőséget nyújt egyszerű, gazdaságban elvégezhető kísérletekre.

A hozammérő berendezések a 80'-as évek elején jelentek meg a betakarító gépek berendezéseiként. Feladatuk a betakarított termés, a teljes hozam pontos becslése volt. Újabban, a GPS-szel összekapcsolva alkalmas a hozamtérképezéshez szükséges "helyhez kötött" hozam adatok szolgáltatására. A hozamtérképezési rendszer hatékonysága attól függ, hogy a felvett adatok mennyire tükrözik a valós hozam ingadozását. A magvak áramlásának változása az érzékelés során nem mindig mutatja közvetlenül a betakarított termés változását. A valóságban komoly technikai gondok jelentkeznek, ha pontos hozamtérképet akarunk készíteni- állítja Murphy et al. (1995).

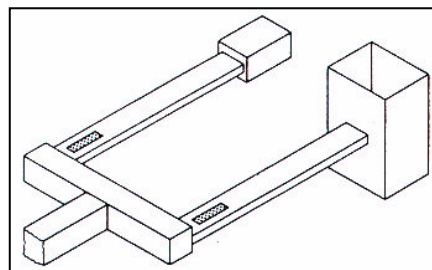
A hozam (szemtömeg) folyamatos méréséhez különböző elven működő berendezéseket fejlesztettek ki. Ezek a térfogatáram vagy tömegáram érzékelésén alapulnak, illetve radiometrikus elven működnek, állapítja meg Neményi et al. (1999). Az 1. ábra a hozammérőket ábrázolja.



1. ábra: Hozammérők működési elv alapján (Szaxon, 1999)

Figure 1.: Yield measurement units by operational principle (Szaxon, 1999)

Reitz (1992) ismertette a térfogatáram mérésének elvén alapuló



Yieldometer hozammérőt. Felhívja a figyelmet a hektoliter-súly értékének pontos ismeretére, mely a mérési pontossághoz nagy mértékben hozzájárul.

2.ábra: Hektoliter-súly mérő (Reitz (1992))

Figure 2.: Hl weight-meter (Reitz 1992)

Az 2. ábra egy Hohenheimben kifejlesztett sűrűség (hektolitersúly)- mérőt ábrázol, mely a mérőrendszerre ható ingadozások és rezgések kompenzálására szolgál. Két nyúlásmérő bélyeggel ellátott hajlító kar (gerenda) egy villa alakú elemhez van hozzákapcsolva. Az egyik karra egy tartót szereltek fel az ismert térfogatú szemtömeg súlyának meghatározása céljából. A zavaró hatás kompenzálásához kihasználták azt, hogy mindkét elemre ugyanakkora hatást gyakorol a nehézségi gyorsulás (gravitáció) és a dőlés. Az elektromos kimeneti jel közvetlenül az átfolyásmérőbe kerül a hektolitersúly kalibráláshoz.

"A *Claydon Yieldometer*-t Mr. Claydon (Norfolk, Anglia) alkotta meg a gabonahozam megfigyelésére saját farmján, Claas kombájnját használva. A berendezés a tiszta mag kifolyócsöve alatt elhelyezett lapátkerék fordulatát számlálja, amíg az a gabonát a tiszta szem felhordóhoz szállítja. Adott mennyiségű gabona helyezkedik el a lapátkerék felett, melynek

forgása nélkül nincs anyagtovábbítás. A lapátkerék, mely meghajtását közvetlenül a kombájn erőforrásáról kapja, akkor kezd forogni, ha a magtömeg eléri a szintjelző érzékelőt. A lapátkerék fordulatszáma viszonylag állandó, 100 1/min normál működési sebesség esetén. Egy 20 t/ha kapacitású kombájnt egy óránként 70 tonnányi 75 kg/ha^{-1} térfogattömegű búza továbbítására alkalmas lapátkerékkel láttak el. Így amikor a gép teljes kapacitással dolgozik, a lapátkerék az idő kevesebb, mint 30 %-ában dolgozik, kizárva ezzel a túltöltés lehetőségét. Az időegység alatt betakarított gabona mennyiségét a 4 másodperc alatt szállított szemtömegből kalkulálja a gép. Ezt konvertálja egy területegységre vonatkozó helyi hozamra úgy, hogy a kombájn haladási sebességéből kiszámítja a levágott terület nagyságát. Egy másik érzékelő kikapcsolja a területmérést, ha domború a terep. A lemért magmennyiséget állandó nedvességtartalomra konvertálják az átlagos térfogatsűrűség (hektoliter tömeg) és nedvességtartalom becsléseivel. A szoftver a hozzákapcsolt műszerek segítségével jelzi a pillanatnyi hozamot (helyi hozamérték), melyet az utolsó 4 mérés mozgó átlagából-tehát 4X4 s-os intervallumban-képez. Így a rövidtávú hozamegyenlőtlenséget tompítja mind a betakarítási mechanizmus, mind az adatkezelés" (Murphy et al., 1995).

Az RDS Technology által forgalmazott *Ceres* rendszer a német Claas GmbH 1982-es szabadalmán (DE 3045728) alapul- írja Diekhans (1985). Alapja, a standard elektronikus egységek -egyszerű - beszerelése a magfelhordó elevátorba. Egy fényforrás és egy fényérzékelő érzékeli az elevátor elemek telítettségét. Tehát a Ceres-2 érzékelő azon az elven működik, hogy a beömlő magtömeg keresztmettszetével, az átjutó fény mennyiségét érzékeli a szenzor. Azonban a detektált fény mennyiség és az áramló mag mennyiség között nem lineáris az összefüggés. Ez az összefüggés változik a betakarítógéptől és a betakarított növényfajtól függően, valamint a szemek nedvességtartalmának és a betakarítógép dőlésszögének megfelelően. A térfogat tömeggé való konvertálásához szükséges a térfogattömeg mérése és az eredmény betáplálása a műszerbe (Murphy et al., 1995).

"Az első kereskedelembe kapható hozamtérképezési prototípustól származó adatok- mely berendezést az angliai Clevelandban teszteltek 1991-ben - jól mutatják a nehézségeket, melyek felléphetnek, ha kiforratlan érzékelők által szolgáltatott adatokat használunk hozamtérképek készítéséhez. Az említett 2000 feldolgozatlan hozammérés

esetén az átlagos hozam 9,18 t/ha volt, 0-22 t/ha tartományban 2,78-as szórással. Mivel az adatokat csak akkor rögzítették, amikor a gép ténylegesen vágott, és mivel az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) 10 t/ha fölötti hozamot csak kivételes esetben ér el- egyértelmű, hogy a feldolgozatlan hozam adatok hibával terheltek. Ezek a hibák vonatkoznak valamennyi magáramlás mérőre, és forrásaik a következőkben összegezhetők:

1. Zérus áramlás, nullához közeli és alacsony rögzítés a betakarítás kezdetén.
2. Azokat a periódusokat, amíg a betakarítógép működik, de szembevitel nem történik.
3. A haladási sebesség hirtelen megváltozása. A területegységre eső hozamot a magáramlásból, a haladási sebesség és a vágási szélesség segítségével számítja ki. Nagyon magas értékek leolvasása annak tulajdonítható, hogy hirtelen sebességcsökkenés történik mialatt a már betakarított hozam értékelése folyt. Így a magasabb haladási sebességhez hozzárendelt maghozam valójában csökkent haladási sebességhez kapcsolódik. A szemáramlás és a rögzített hozam értéke alacsonyabb, ha a műszer

beállításánál nem vették figyelembe a vágási szélességet" (Murphy et al., 1995).

Reitz (1992) a Hohenheimben a gabonabetakarításhoz használt kísérleti arató-cséplő géppel végzett betakarítás eredményeiről ír. A betakarítógépet különböző mérőberendezésekkel szerelték fel és vizsgálták a rendszer működési biztonságát és pontosságát laboratóriumi és üzemi körülmények között. A betakarító gépre számítógépet szereltek fel a mérési folyamat irányításához és a mérési adatok tárolásához.

A hozam meghatározásához az aktuális átfolyás és a betakarítógép területteljesítményét az aratás során folyamatosan mérni kell. Az aktuális szemhozamot a következő egyenlettel számítják:

$$m''_k = m'_k(t) / A(t) = m'_k(t) / v_F(t) \cdot b_s(t), \text{ ahol}$$

$m'_k(t)$: szemátfolyás

$A(t)$: területteljesítmény

$v_F(t)$: haladási sebesség

$b_s(t)$: munkaszélesség

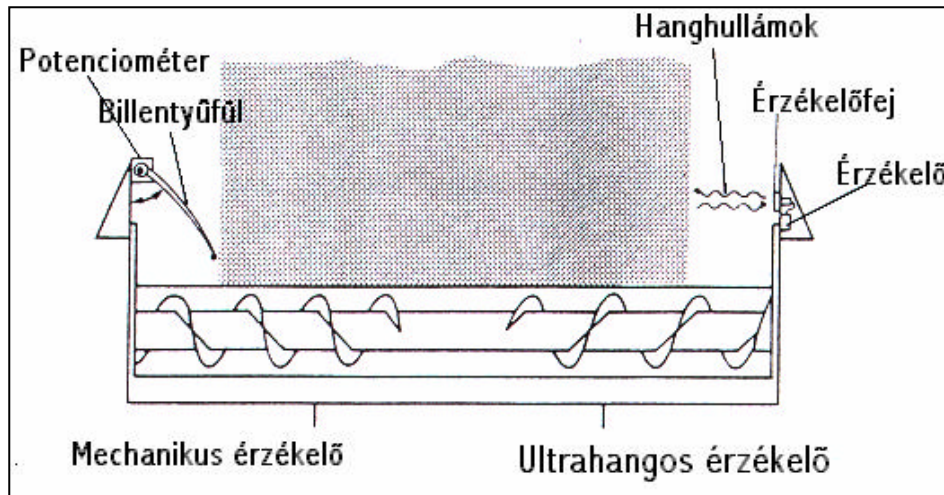
t : idő

A szemátfolyás értéke a magtartályba ömlő mennyiségből és abból a veszteségből tevődik össze, amely a földön marad. A kifolyó és a tisztító nyílásnál keletkezett veszteség mérése az ismert piezoelektromos érzékelővel lehetséges, a vágószerkezet vesztesége és a kalászból kipergő szemek mérése nem lehetséges- írja Reitz (1992). A magtartályba ömlő szem mérésekor keletkező igen jelentős probléma oka a mozgó betakarítógép rezgése és dőlése, valamint a szemtulajdonságok gyors változása.

Egy arató-cséplőgép területteljesítménye a sebességből és a vágási szélességből adódik- írja Reitz (1992). A sebesség vagy az út egyszerűen meghatározható a fordulatszámából vagy a gép kerekének fordulatszámából mágneses impulzusok mérésével. Egy érintkezés és csúszásmentes mérés valósítható meg radarszenzorral például a műtrágyaszóró- és növényvédőszerkijuttató gépek sebességfüggő adagolásának esetében.

A felkínált hozammérő rendszereknél a vágószerkezet ténylegesen igénybe vett szélességét nagy részben manuálisan táplálják be. Azonban ez körülményes és hibákhoz vezethet. Az aratás során a tábla alakja vagy az arató-cséplőgép vezethetősége miatt gyakran változik a vágási szélesség.

Ahhoz, hogy a területteljesítményt és a hozamot megbízhatóan számíthassuk a vágási szélesség kielégítő pontosságú mérése feltétlenül szükséges (3. ábra). A vágási szélesség mechanikus érzékelőkkel egyszerűen mérhető. A kukoricabetakarító kormányműjéhez hasonlóan egy rugó terhelésű billenőkar használható. A kar egy a vágószerkezet nem használt szélességével arányos szögbe kitér és ezen szöget egy potenciométer elektromos árammá alakítja át. Ezen eljárás felhasználási korlátai a billenőkar hatótávolsága és a gabonaszár keménysége jelentik. A hohenheim-i kísérleti arató-cséplőgépbe a vágási szélesség méréséhez a vágószerkezet szárelválasztójába ultrahangos érzékelőt építettek be (3. ábra) Ez az iparban az érintkezésmentes távolságmérésnél már régóta bevált eszköz.



3. ábra: Vágási szélességet mérő berendezés (Reitz, 1992)

Figure 3.: Equipment for detecting the cutting width (Reitz 1992)

Az érzékelőfejből hanghullámok sugároznak ki, a még álló állomány gabonaszárairól visszaverődve visszajutnak az érzékelőfejbe. A szenzorban történik a távolság meghatározása a jel lefutási idejének igen nagy pontosságú meghatározásával. A tesztelt érzékelő távolságjelének felbontása 1 mm-től kielégítő, mely az aratással szemben támasztott minőségi követelményeknek megfelel. Az érzékelő álló gabonánál használható jó eredménnyel.

A "Ceres" berendezés egy jelenleg még nem teljesen tesztelt "kereskedelmi" jellegű hozamtérképezési technológia- állítja Murphy et al. (1995). Működési elve megköveteli, hogy

fokozott figyelmet fordítsunk az egyes betakarítógépek érzékelőinek valamint a gabonatípus beállítására. Legnagyobb előnye, hogy könnyen illeszthető minden típusú betakarító géphez.

"A hibás hozam adatok egyértelmű forrása, hogy betakarító gépenként különböző az alkalmazott vágási szélesség és különbségek vannak a betakarított termény nedvességtartalmában is. Jelenleg a betakarítógép üzemeltetője táplálja be az adatrögzítő egységbe a vágási szélességet és a termény becsült nedvességtartalmát. A technológia alkalmas ezen változók folyamatos ellenőrzésére. A műszerfalán elhelyezett radar (antenna) berendezés képes érzékelni az éppen alkalmazott vágási szélességet, míg egy elektromos ellenállás mérés elvén működő nedvességmérő elhelyezhető a magcsigába, mely nagy rendszerességgel vizsgálja a nedvességtartalmat. A szemnedvesség folyamatos ellenőrzése különösen előnyös térfogatmérésen alapuló érzékelők esetén, mivel a szem nedvességtartalmának változása szintén befolyásolja a térfogatsűrűséget" (Murphy et al., 1995).

Egy mezőgazdasági gép vezetőjének rendszerint nagyon oda kell figyelnie a kormányzásra és így más funkciókat nem tud tökéletesen ellátni és felügyelni. A kormányzás

automatizálásával a vezető jelentős mértékben tehermentesíthető. A Hohenheim-i Agrártechnikai Intézetben kifejlesztettek egy GPS navigációs rendszert, mely lehetővé teszi, hogy a mezőgazdasági gépek automatikusan egy előre megtervezett nyomvonalat kövessenek- írja Stoll (2000). Kísérleti járműként egy járvaszecskázó és rendkezelő szolgált. Egy traktor-rendsodró gépkapcsolat nyomvonalát GPS-szel rögzítették. Ezen adatok alapján szerkesztette meg a tervezőprogram nyomvonal formájában a vonalak láncolatát. A járvaszecskázót egy navigációs rendszerrel, egy nagy pontosságú GPS-egységgel és egy hidraulikus kormányművel szerelték fel. A jármű 0,9 és 2,0 m/s haladási sebességnél a szerkesztett vonalat 5,1 és 7,0 cm közötti pontossággal követte. A tulajdonképpeni rend vonalának követési viszonylatában a pontosság 5,1 és 9,6 cm közötti.

Két szemminőséget meghatározó faktor, a N tartalom és az ezermagtömeg térbeli változékonyságát tanulmányozták egy táblán négy éven át. Hozamtérképek szintén rendelkezésre álltak az adott tábláról (Stafford, 1999). A minőségi tényezők táblán belül épp úgy térbeli változatosságot mutattak, mint a hozam adatok. A vizsgálatokra a Silsoe Kutató Intézetben került sor egy 6,5 ha-os homokos vályog/homokos-agyagos vályog

talajon. A tábla térbeli változatosságot mutatott a talajtípus, lejtés és drénezés tekintetében egyaránt. 1990 óta a területen őszi árpát termesztnek. A hozamot minden évben hozamtérképezéssel egybekötve takarították be a Silsoi hozamtérképező rendszerrel, melyet 1998-ban a Massey Fergusson rendszerrel készült hozamtérképpel egészítettek ki. 1993-ban egy 100 m-es rácsot hoztak létre az intenzív talajmintavételhez és térképezéshez. A mintavételi pontok 20 méterenként helyezkednek el. Ezt a rácsot használták 1995-ben a betakarítás előtti szemminták gyűjtéséhez minőségi analízis céljából. Majd 1995-98-ban egy 25 m²-es négyzetrácsot alkottak és ezt használták a betakarítást megelőző mintavételhez. Minden mintavételi pontban 60-80 árpakalászt gyűjtöttek össze. A minták N tartalmát Kjeldahl módszerrel határozták meg, az ezermagtömeget pedig számolással és tömegméréssel.

A szem N értékeket interpolálták a Kringing eljárás illetve a tábla szintvonalas térképének felhasználásával mind a 4 évben. Mind a szem N tartalom, mind az ezermagtömeg térbeli változékonyságot mutatott minden évben. A változatosság mintázata nem következetes az egymást követő években, de a "fuzzy" osztályba sorolás lehetővé teszi, hogy a táblát hatékonyan tudják olyan szubrégiókra osztani, melyek hasonló

tulajdonságokkal bírnak évről-évre az egész táblához viszonyítva.

A szem minőségi tényezők variabilitásának fontos következményei lehetnek a növénytermesztésben, egyrészt az értéknövekedés vonatkozásában, másrészt pedig a N műtrágyák hatékonyabb felhasználásában. Az ilyen elméletek gyakorlati alkalmazása a megfelelő érzékelő rendszer kifejlesztésén és az ökonómiai szempontú igazoláson múlik.

A részterületenkénti hozamok kiértékelése természetesen csak a szem nedvességének meghatározásával együtt lehetséges- írja Weber (1997a). Valamennyi az arató-cséplőgépekhez kínált hozammonitor rendelkezik nedvességmérővel alap vagy kiegészítő felszerelésként. A kombájnban, a jelenleg még csak kizárólag a kapacitív elven működő érzékelőket különböző helyeken (elevátor, tartály beömlő nyílása) helyezik el. Ezek magukban foglalnak egy nedvességfüggő kapacitású kondenzátort, melyet a szállító elem háza, maga a szenzor és a benne található mag képez.

Cukorrépa (Demmel et al.,1998) - és burgonyabetakarításnál is kidolgoztak már DGPS támogatta hozammérést- írja Jürschik, (1999). Burgony betakarító gépnél pl. a tározót mérőpálcával lehetne ellátni. Egy másik rendszernél a rostélylánc vagy elevátor hajtótengelyébe erőmérő cellát építettek be. Ezen mérési elv cukorrépakiszedőnél is alkalmazható. A kapott

nyers adatokat a betakarító gép fedélzeti számítógépe gyűjti. Egy speciális programmal azokból később hozamtérkép készíthető. A hozamtérkép készítésére alkalmas szoftver részben még gyermekbetegségekben szenved: a dronningborgi Fieldstar és a Claastól az AGRO-MAP mellett léteznek még kezdetleges német nyelvű programok. Egyes programok még nehezen kezelhetők vagy más cégek rendszereivel nem kompatibilisek.

Hohenheimben egy olyan módszert fejlesztettek ki, melynél a munkagépek közvetlen beállításához geokódolt adatokat használnak fel- írja Schneider et al. (1996). Ezen célból a munkafolyamat során az éppen megmunkált területen lévő gép adatait gyűjtik. Ezen információkból a gép előtti még megmunkálatlan területen a várt állapot online számítható. Ezen számított állapotok a gépbeállítások optimalizálását szolgáló szabályozó és információs rendszer bemeneteként szolgálnak. Ez lehetővé teszi a megmunkálandó területen a változásokhoz való alkalmazkodást időveszteség nélkül.

A vezető segítségének céljából a beállításoknál olyan információs és szabályozó rendszereket fejlesztettek ki, melyek felügyelik a gépbeállításokat vagy a haladási sebességhez való automatikus alkalmazkodást. A rendszer alapvető problémája

az üzemileg optimális paraméterek mérése a gépben. Arató-cséplőgépnél és szecskázónál ilyen például az átfolyás, talaművelésnél a vontatási ellenállás. Ez az időtartam, mely a szabályozó technikában, mint holtidő jelentkezik a kijelző- vagy beállító műszer egy elkésett érzékeléséhez vezet. A cséplődobon vagy az elé kapcsolt behúzó szerkezeten a forgató nyomaték mérése jelenti az első lehetőséget az össz átfolyás mérésére. A beállító szerkezet tehetetlensége és egy megengedhető mértékű maximális gyorsulás vagy lassulás az arató-cséplőgépnél és a szecskázónál az átfolyásmérés során néha a megváltozott állományviszonyokra való reagálás elkésett reakciójához vezet.

Függetlenül az alkalmazott hozammérő rendszertől, a kapott adathalmaz az egyes pontokhoz tartozó terméshozamok tömege- írja Murphy et al. (1995). Hogy hozamtérképet készítsünk a betakarítógép rendszertelen adataiból szabályosan elrendezett hozamrácsot kell készíteni. Ez az a pont, ahol néhány geostatisztikai módszert alkalmaznak. Elméletileg a hozamadatoknak kellően sűrűn kell elhelyezkedniük, hogy kielégítő számú adatot szolgáltatassanak- azon távolságon belül, amihez térben tartoznak- a rácspontértékek számításához. A kapott kontúr egyenletessége (simasága) a bemenő adatoktól, a

rácssűrűségtől és a rácspontok meghatározására használt algoritmustól függ. Mivel a betakarítási adatok ki lehetnek téve hibás ingadozásnak, egyértelmű, hogy a szabályozás (kiegyenlítés) egy fontos funkciója az alkalmazott műveleteknek, melynek szintén biztosítani kell, hogy az alkalmazott méretarányosan kicsinyített változat nem torzított.

Demmel (1997) írt a térképek készítéséről. Írásában olvashatjuk, hogy a térképek 2 félék lehetnek. A raszteres ábrázolásnál a táblát azonos méretű rácspontokra osztják fel. A rács nagysága és iránya a trágázás munkaszélességének (pl. 24X24 m) és a megmunkálás irányának megfelelő.

A rácson belül nyert valamennyi mérési értékből a rácson belül átlagos hozamértéket számol. Egy raszterhez egy hozamérték tartozik

Az izo-kontúrtérképnél az egyes pontokhoz tartozó mérési értékekből interpolálnak.

Reitz (1992) írja, hogy térinformatikai eszközökkel a hozammérési értékek hozamtérképezési céllal különböző raszternagyságokban és hozamkategóriákban feldolgozhatók.

"Sok módszer alkalmazható a rácspontok adatának mintaadatból történő kalkulálására, azonban a gyakorlatban az "Inverse distance" (inverz távolság) módszer, vagy annak változatai, illetve a "kriging"-nevű módszer jelennek meg a betakarítási adatok túlnyomó részénél. Mindkét eljárás esetén meghatározott hatósugár van, amelyen belül adatpontok felhasználásával számítják a rácsértékeket" (Murphy et al., 1995).

"A kriging eljárás a pontok közötti távolság és varianciájuk (fél-variogram) közötti összefüggést alkalmazza a súlyozás mértékének meghatározására. Így az interpoláció során alkalmazott kritériumok közvetlenül az adathalmaz térbeli függőségeihez viszonyítottak (igazítottak). Amíg a "Kringing" statisztikailag a legalkalmasabb módja az adatokról történő rácskészítésnek, a számítógépek szempontjából ez a leg idő- és memóriaigényesebb. A jelenleg használatos személyi számítógépeknél ez hátrány olyan hozamtérképezés során, ahol a sűrű leolvasásokból hatalmas adathalmaz jön létre" (Murphy et al., 1995).

"A "kriging" statisztikailag a legmegalapozottabb rácskészítő eljárás. Ez a számítógép vonatkozásában idő-és memóriaigényes, mely ilyen nagy mennyiségű adat esetén behatárolt. Mivel sok adat azon a tartományon belüli helyen van, amelyen túl a hozam térbelileg függő (pl. a semi-variogram tartományban), véleményünk szerint egyszerűbb matematikai alapú módszerek is megfelelőek. Felmerült az az elgondolás, hogy az "inverze distance" módszert kilehetne egészíteni azzal, hogy meghatározzuk a súlyozás maximális mértékét, mert a rácspontokhoz közeli adatok átlagosak, míg a

távolabbiak a távolságukkal fordított mértékben súlyozottak, így a helyi középérték számítás nagyobb távolságú kereséssel van kombinálva. Ez a súlyozásnál alkalmazott felső határérték és a súlyozás mértéke további, hozamtérképezési rendszerenként specifikus kutatást igényel a távolabbi adatok esetén." (Murphy et al., 1995)

A különböző komponensekből kiindulva, melyek egy helyspecifikus hozammérő rendszer részét képezik, különböző hibaféleségeikkel járulhatnak hozzá a össz hibához. Weber (1997a) szerint ezek a következők:

- Hiba a hozam- és átfolyásmérésnél,
- hiba a területmérésnél,
- hiba a helymeghatározásnál,
- hiba az elemzésnél és hozamtérképezésnél.

1990-től a Weihenstephani Agrárműszaki Intézetben nyolc különböző típusú arató-cséplő gépre szerelt négy típusú hozammérő műszer pontosságát vizsgálták a gyakorlatban (1. táblázat). A használat előtt és után a gyártó által előírtaknak megfelelően végezték el a rendszer kalibrálását és beállítását.

A tényleges mérési hiba leírásához a mérési hiba állandó ingadozását vették alapul. Ez mérési rendszertől függően 3,5 és 4 % között ingadozik. Ismeretlen maradt, hogy aratás során a felszín kevésbé vagy erősen ingadozó volt-e.

Hogy a hozammérő rendszerek pontosságát az arató-cséplőgépeknél hasonló, lehetőleg azonos körülmények között lehessen vizsgálni, 1996-ban a Weihenstephani Környezettechnikai Intézetben egy vizsgáló

állomást terveztek és létesítettek. A vizsgálóállomáson 0 és 4 t/h-ás teljesítménnyel dolgozhattak, a hossz- és keresztirányú eltérés 15 fok volt maximum. A vizsgálóállomáson végzett kísérletek célja a mérőműszerek pontosságának mérése különböző átfolyásoknál, hossz- és oldalirányú lejtéseknél. Mérés előtt a gyártó által előírtaknak megfelelően kalibráltak. A mérőrendszerek pontosságának vizsgálatát azonos körülmények között kellett végezni. Különösen a különböző átfolyási szinteket valamint hossz- és keresztirányú lejtést vették figyelembe (2.táblázat).

Különböző hozammérő rendszerek mérési pontosságának vizsgálatánál a vizsgáló állomáson sík viszonyok között különböző átfolyásokkal 1%-nál alacsonyabb kalibrálási hiba adódott. Csak alacsonyabb átfolyásoknál (10t/ha) léptek fel nagyobb eltérések (3-tól 7%)

Ez arra mutat rá, hogy a műszerekbe épített kalibráló kanyarulat a csekély átfolyásokhoz még nem illeszkedik optimálisan. A standard eltérés az egyes átfolyási szinteknél 0,25 és 1,1 % között ingadozik, valamennyi efölötti átfolyásnál 1 és 3 % között változik. A térfogatáram mérésén alapuló hozammérők átlagban kisebb állandó eltérést mutatnak, mint a tömegáram mérésén alapulók.

A hossz- és keresztirányú eltérésnek állandó átfolyásnál (20 t/ha) igen nagy befolyása van a mérőrendszer pontosságára (3. táblázat).

1. táblázat: Arató-cséplőgépek hozammérőinek hibái a gyakorlati alkalmazásban (Demmel, 1997).

Table 1.: Errors of combine harvesters' yield meters in practical application (Demmel, 1997)

Mérőmű- szer Gyártó	Vizsgálati idő Össz. terület Űrített magtartályok száma	Arató- cséplőgép típusa Gabona-fajta	Relatív kalibrálási hiba	A relatív hiba állandó eltérése (%)
CERES 2 RDS	3 év 140 ha 179 magt.	3 MD 4 gabonafajta	-0,14	±3,43
FLOW CONTROL MASSEY FERGU- SSON	2 év 140 ha 132 magt.	2 MD 2 gabonafajta	-1,01	±4,07
YIELD MONITOR 2000 AGLEADER LH 565 LH AGRO	3 év 130 ha 182 magt.	3 MD 4 gabonafajta	-1,83	±4,06

Legkevésbé a radiometrikus mérőműszer reagált a vízszinteltérésekre. Mindkét a térfogatáram mérésén alapuló rendszerrel ezen hatás kompenzálásához egy vagy két vízszintérzékelőt szereltek fel. Ennek ellenére nem sikerült minden körülmények között a hossz- és keresztirányú eltérés okozta hibák kiegyenlítése.

A leírt mérési pontosság elérésének gondos kalibrálás a feltétele. A térfogatárammérőknél nagyon fontos, hogy a szem hektolitersúlyát a cséplés megkezdése előtt feltétlenül, tábla és növényfaj illetve fajta váltásakor, tehát minden esetben, ha azok megváltoznak, ha azt meg lehet

változtatni, meg kell mérni és a kalibrálási értéket be kell táplálni a rendszerbe. Épp ilyen fontos a fénykamra (CERES 2 és QUANTIMETER 2) illetve a terelőlap (YIELD MONITOR 2000 ÉS LH 565) szennyezettségét megvizsgálni és adott esetben a tisztítást elvégezni.

A vizsgálatok azt mutatták, hogy a különböző mérési rendszerek különbözőképpen reagáltak ezen feltételekre. (Demmel 1997, Weber, 1997b)

2. táblázat: Arató-cséplő gépek hozammérő rendszereinek hibái különböző átfolyásoknál,- vizsgálóállomási kísérletek 1997, sík helyzet; 10, 15, 20, 25, 30 és 35 t/ha átfolyás, 5 ismétlés/variáció, n=30/mérőműszer (Demmel, 1997)

Table 2.: Errors of combine harvesters' yield meters in case of different levels of flowing trough, - test station experiments 1997, flat position, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 t/ha flowing throw, 5 repetitions/variations, n=30/measuring instrument (Demmel, 1997)

Mérőműszer Gyártó	Relatív kalibrálási hiba %	A relatív hibától való standard eltérés %
CERES 2 RDS	-1,09	±0,49
QUANTIMETER CLAAS	+0,56	±1,80
FLOWCONTROL MASSEY FERGUSON	-0,66	±2,23
YIELD MONITOR 2000-AG LEADER LH 565 LH AGRO	-1,00	±3,15

3. táblázat: Arató-cséplőgépek mérőrendszereinek hibái különböző vízszintbeli eltéréseknél (Demmel, 1997)

Table 3.: Errors of combine harvesters' measuring systems in case of different deviation from water-level (Demmel, 1997)

Mérőműszer Gyártó	Relatív kalibrálási hiba %	A relatív hibák standard eltérése %
CERES 2 RDS	3,20	±6,04
QUANTIMETER 2 CLAAS	-1,03	±4,27
FLOWCONTROL MASSEY FERGUSON	-0,71	±1,53
YIELD MONITOR 2000-AG LEADER LH 565 LH AGRO	-2,84	±1,66

"A betakarított mennyiség meghatározását szolgáló rendszerek cukorrépánál, burgonyánál, szalmánál és szecskánál, valamint a gazdaságilag jelentős növényeknél, mint a gyapot és a cukornád, még további fejlesztési stádiumban vannak. Nagy számban való bevezetésük a piacra csak a következő években várható." (Weber, 1997b)

Pecze et al. (1999) felsorolják az RDS hozamellenőrző és térképező rendszer részeit:

- Ceres-2 yield hozammérő,
- Nedvességmérő,
- HERMES adatnaplózó,
- JUPITER 2 GPS vevő,
- CERES-2 központi egység,
- RDS PF irodai számítógépes feldolgozó program.

Az RDS rendszerrel való hozammérés tapasztalatait ismerteti Neményi et al (1998). Leírják 1998-as évi tapasztalataikat, miszerint kísérleteiket Ácson végezték. Egy 25,3 ha nagyságú táblán búza (vetőmag) növény esetében a hozamtérkép által kapott tömeg (192,1 t) és a mérleg által kalibrált tömeg (141,96 t) között jelentős eltérés mutatkozott. Természetesen ezt az eltérést később korrigálni lehetett. A mérőszalaggal mért terület (25,3 ha) és a DGPS-vevővel mért terület (25,77 ha) csupán 1,83% eltérést mutatott. Kísérleteik céljából tűzték ki korrekt hozamtérképek készítését. Említést tesznek arról, hogy végeztek hozammérést napraforgó betakarításakor is, ahol a kalibrálás pontosabbnak bizonyult, a folyamatos hozammérővel mért eredmények megegyeztek a valódi adatokkal.

Pecze és Kalmár (1999) a Lajta Hanság Rt.-nél végzett helyspecifikus hozammérési tapasztalatokról írnak. Az Agrocom hozamtérképező rendszerét egy Claas Lexion 480-as arató-cséplő gépre szerelték fel. A hozam- és koordinátaadatok rögzítésére a CEBIS (Claas Elektronikus Fedélzeti Információs Rendszer)-t használták. E funkción kívül egyéb feladatokat is ellát ez az információs rendszer, mint az autokontur, APS-cséplőrendszer, és a 3-D rostarendszer felügyeletét. A szenttömeg mérésére a gépbe az RDS Technology által forgalmazott CERES-2 hozammérőt szerelték be. A hozamtérképező rendszer részei ezen kívül még a LEM modul a biztosítéktáblán, a hossz- és keresztirányú vízszint érzékelők, a sebességérzékelő és nedvességérzékelő. A nyers adatokat az AGRO-MAP Basic programmal dolgozták fel.

Írnak arról is (Kalmár et al., 2000), hogy az 1999-es árakon kb. 2 millió Ft a teljes rendszer (DGPS előfizetéssel együtt a számítógépes háttért és a

szoftvert meglévőnek vették). Ha a rendszer kb. 2 millió Ft-ba kerül, akkor 6 év alatt és évi 600 ha-ral számolva kb. 550Ft/ha-ba kerül, hogy a vizsgált területekről hozamtérkép készüljön (4. táblázat). Természetesen a learatott területtel egyenes arányban csökken a ha-onkénti költség.

4.táblázat: A hozammérés eszközháttere és a költségek (Kalmár et al., 2000)

Table 4.: The implement background of yield mapping and the costs (Kalmár et al., 2000)

	Ára (Ft)
GPS/DGPS vevő	kb. 90000
GPS/DGPS antenna	kb. 100000
antennakábel+tartó	kb. 40000
chipkártyaolvasó	kb. 140000
chipkártya	kb. 50000
éves DGPS jel előfizetés	kb. 150000
hozammérő szenzor - Lexionhoz	kb. 700000

Az AGRO-MAP Basic programban megjeleníthetők olyan térképek, amelyek az AGRO-BIT programból származnak. Ezek segítségével a hozamtérképek kapcsolatba hozhatók a különböző tereppontokkal, mint pl. domboldali/hegyoldali fekvés, utak, akadályok. A vízfolyások és a vízvédelmi területek a műtrágyázási terv készítésénél egyszerűen figyelembe vehetők." (Kalmár et al., 2000)

3.3.2. TALAJADATOK GYŰJTÉSE, TALAJTÉRKÉPEZÉS

„Természetesen a fenntartható mezőgazdasági fejlődés és talajhasználat térhez és időhöz igazodó okszerű agrotechnikai beavatkozásainak megvalósításához nem elégséges a technológiai háttér, hiszen ismernünk kell az adott területen uralkodó talajviszonyokat (tér és időbeli variabilitás), valamint a talaj – növény rendszerben lezajló anyag – és energiaforgalmi folyamatokat is.” (Czinege , 2000a)

Győrffy (2000) mondja, hogy Kreybig Lajos, Sarkadi János, Bocz Ernő, Láng Géza és Kurnik Ernő már évtizedekkel ezelőtt felhívták a figyelmet a magyar talajok mozaikosságára, térbeli változatosságára.

A talajmintavételi eredményeket (Jürschik, 1999) fel lehet használni a pH-értéktől függő mészsadagok helyspecifikus kiszórására is, vagy pl. vetéskor a táblán belüli különböző termékenységi értékekhez igazodva a különböző mennyiségű vetőmag kiadagolásához. Fejlesztés alatt áll a N-műtrágyázáshoz az érzékelők vezérelte rendszer. Ezen eljárás kifejlesztésén dolgozik a Norsk Hydro, az Amazone és a Dronninborg. Itt a tábla bejárása során a N-szükségletet érzékelik és azonnal (on-line) történik a műtrágyaszóró adagolójának a vezérlése ezen mért érték alapján.

A talajtani információk beszerzésénél természetesen tudnunk kell, hogy az adatokat műtrágyázási tanácsadásra, öntözés megtervezésére, esetleg növényvédelemi, vagy talajművelési stratégia kidolgozására kívánjuk felhasználni.

Ennél a lépésnél a legnagyobb problémát a talajmintavétel, illetve a talajmintavételi egységek kijelölése jelenti, hiszen a talaj geneziséből adódóan egy heterogén rendszer, melyről teljesen részletes és objektív képet - még kis terület vizsgálata esetén is - csak nehezen kaphatunk.

Ez nyilvánvaló, mivel a vizsgálni kívánt terület egészét "nem vihetjük be a laboratóriumba" meg kell elégednünk egy elenyésző részével, a talajmintával. A mintavételi stratégia racionális véghezvitelével az adott területről, az igényelt pontosság szintjén megfelelő információhoz juthatunk. Maguk a talajképző tényezők (földtani viszonyok, domborzat, éghajlat, biológiai hatás, a talajképződésre rendelkezésre álló idő) is nagyfokú variabilitással rendelkeznek, így nem meglepő, hogy a talajképződési folyamatok "eredménye" a talaj is térbeli és időbeli változatossággal rendelkezik.

A talajok változatosságára azonban jelentős hatást gyakorol az intenzív mezőgazdasági tevékenység is (Yost, et.al. 1982).

A tápanyagvisszapótlással kapcsolatos döntések biztosabbá tehetők, ha olyan érzékeny módszereket alkalmazunk, melyek képesek rávilágítani a talaj kémiai tulajdonságainak és tápanyagszolgáltató képességének kismértékű, de jelentős ingadozására Cook et al. (2000). A mezőgazdasági termelésben a táblán belüli tér- és időbeli változékonyság jelenti a problémát a döntéshozatal során azonban ez a változékonyság kezelhető, amennyiben szignifikáns.

A termőhely-specifikus növénykezelési rendszer megvalósításának is kulcskérdése az igényelt pontosságú talajtani információk begyűjtése az

adott területről, a lehető legkisebb költséggel. A gyakorlatban a probléma megoldására a következő módszerek terjedtek el:

- talajtérképek alapján történő mintavétel ("Soil survey method")
- távérzékelési módszerek alkalmazása ("Remote sensing")
- növényi hozamtérképek alapján történő mintavétel
- szisztematikus, "háló-szerű" talajmintavétel ("Grid sample method")

A talajtulajdonságok folyamatos detektálására alkalmas úgynevezett talaj szenzorok is ismeretesek, de működésük még nem elég megbízható, illetve csak néhány talajtulajdonság mérésére alkalmasak (Sudduth et.al, 1991).

Az elmúlt években arra összpontosították a figyelmet, hogy a talajmintavételt gépesítsék, a munkával járó nehézségeket csökkentsék és az átütőerőt növeljék,- írja Wild et al., (1997). A talaj tápanyagkészletének meghatározása a jövőben is elengedhetetlen marad. A N-műtrágyázási tervek elkészítéséhez a talajmintavétel nagyon költséges eljárás, ezért is fontos olyan mintavevőkészülék használata, melynek költségvonzata nem túl nagy. A talajmintavételhez Weihenstephanban egy új rendszert dolgoztak ki. Céljuk egy olcsóbb eszköz fejlesztése, mellyel lehetővé válik kisebb minta nyérése is, mivel 100-200 gr minta is elegendő egy mintavételi pontból. A talajmintavevő készülékből, GPS-helymeghatározó és navigációs rendszerből, valamint nitrát-N-gyorsanalizátorból álló készülék segítségével a talajmintavétel minősége nagy mértékben javult. Egyszerűen felszerelhető különféle autótípusokra és olcsóbban üzemeltethető, mint a többi rendszer. Az új BPEG 60 talajmintavevő készülék alapját egy csavarfúró képezi, melyről

egy munkafolyamaton belül egyszerre 2 mélységből (0-30, 30-60 cm) származó minta kerül szétválasztva a tartályba. A helymeghatározáshoz és navigációhoz GPS rendszert használtak. A számítógép képernyője minden fontos helyzeti és navigációs információt ábrázol. A fedélzeti számítógépen látható táblán csillag jelöli a mintavevő aktuális helyzetét és mutatja a következő mintavételi ponthoz vezető utat.

A top agrar 11/97-ik számában olvashatjuk (Anonim, 1997a), hogy különböző cégek a területmérést és a GPS méréseket szolgáltatásként végzik. A bajor Hans Hölz cég GPS-szel való területmérést-, talajmintavételt, számítógépes programmal tápanyagellátottsági térképek készítését és az arra épülő szerves- és műtrágya kijuttatási tervének elkészítését vállalja. Az Agrolab is hasonló szolgáltatásokat nyújt.

3.3.3. EGYÉB ADATGYŰJTÉSI LEHETŐSÉGEK ÉS MÓDSZEREK

A Geomatika c. szakfolyóirat 6. évf. 4. számában olvashatunk a Trimble Pathfinder ProXRS térinformatikai adatgyűjtő rendszerről. A vevőmodulba egy korrekcióvevőt is beépítettek lehetővé téve hazánk teljes területén a 1 méternél pontosabb valós idejű helymeghatározást és navigációt. A korrekciós jeleket vevő antennát egy házba integrálták a GPS műholdak vevőantennájával, a korrekciós jelek vevőkártyáját pedig a ProXRS GPS műholdak vételére szolgáló vevőmodulja rejti. A Pathfinder ProXRS vevőmodulja egy 12 csatornás vevőberendezés. A rendszert kis háttitaska rejti. A rendszer fontos tulajdonsága, hogy a ProXRS-en két soros portot is kialakítottak, melyhez külső digitális

szenzor is csatlakoztatható. A TSC1 adatgyűjtőn futó Asset Surveyor szoftverrel lehetővé válik a nagysebességű térinformatikai adatgyűjtés, valamint meglévő térinformatikai adatbázisok aktualizálása. A mérés elvégzése után a vezérlőről a Pathfinder Office irodai feldolgozó szoftverbe letölthetők és megtekinthetők az adatok, utána számos térinformatikai rendszerbe exportálható a mérési állomány. (Szuhanik, 2000)

Az AGRARTECHNIKA '97 Hannoverben megrendezett kiállításon részt vett a Satcon-System Kft. is, aki a Satograph területfelmérő rendszerét mutatta be. DGPS-eljárással a terület pontjait geokodolva tárolja, rögzíti. A programban előállított adatokat a szokásos GIS- és szatóföldi térképező programokba (pl. ArcInfo, MapInfo, TopoL, ISAPLAN, LANDDATA Eurosoft stb.) átolvashatók. (Anonim, 1997b)

"A távérzékelés olyan eljárások együttese, amelynek révén valamely objektum tulajdonságairól (méret, anyagi összetétel) anélkül jutunk információhoz, hogy a vizsgálat tárgyával közvetlen kapcsolatba kerülnénk. A távérzékelés előnye más adatgyűjtési eljárásokkal szemben, hogy gyors, bizonyos méretarányfüggő területekről átlagolt adatokat szolgáltat, azonos műszerparkkal vizsgál nagy területeket, az adatok - lévén ma már digitálisak- elvileg akárhányszor, a vizsgálati céltól függően igen változatos szűrőfeltételeket alkalmazva újraértelmezhetők." (Tóth, 2000)

A jó felbontású légi felvételt a kataszteri térképre vetítve felfedezhető, ha a telhetetlen gazda területet "csen" a Balatonból, ha kastélyt épít a természetvédelmi területre, s még az is tetten érhető, aki a kárpótláskor a

kordonra merőlegesen osztotta ki a gyümölcsös területét- írja Varga, (1999). A képeket elemezve kiegészíthetők a települések és agglomerációik területei, határai. A mezőgazdasági területeken a növényzet fejlődésének eltéréseiről még ma is felismerhetők a második világháború szükségrepülőtér leszállópályáinak nyomai, az elmúlt évek növényvédelmének hiánya és túlzásai, a napraforgó vetéséhez használt gép tökéletlenségei. Jól felmérhetők a vad-, a belvíz-, az aszály és a fagy okozta kár következményei is.

A növénymonitoring a földhasználati vizsgálatok sajátos módszere, amely azonban nem csupán a mezőgazdasági földhasználat, hanem a teljes földfelszín egy részének elemzését is magába foglalja- írja Hornyák, Tamás Jánost idézve (1999). Kibontakozását a távérzékelte képek képelemzési lehetőségeinek a 90-es évek óta tapasztalható robbanásszerű fejlődése segítette elő. A távérzékelésnek persze különféle szintjei vannak. Az egyiken például az érzékelő berendezés csupán néhány méterre van az objektumtól; ilyenek például a növényekről készített inframérések, hőérzékelések. A következő a légi felvételek szintje, majd még magasabb az űrfelvételek szintje. Ma már mód van ezek elemzésére, és rendelkezésre áll a szükséges technika, technológia és szakismeret. Vannak műholdak, melyek érzékelői majdnem olyan képfelbontásra képesek, mint a légi felvételek.

A növényborítottsági vizsgálatokban Hornyák, (1999) szerint Magyarország viszonylag jól áll. A FÖMI-vel együttműködve Hajdú-Bihar megyében régóta folynak ezek a vizsgálatok. Növényborítottsági kiértékelés évente készül a nagyon pontosan felvett mintaterületek vagy

betanítóterületek előzetes felvételével együtt. A műholdas felvételeket ezek alapján interpretálják. Mezőgazdasági terület lévén a megyében a nagy mezőgazdasági kultúrákat, mint a kukorica-, a búzaterületeket gyakorlatilag 95-98 százalékban meg tudják állapítani.

A növénymonitoring egy másik területe, ami kutatók figyelmének középpontjában áll, nemcsak hazánkban, hanem az egész világon ,a termés-előrejelzés. Ez már egy bonyolultabb feladat, mert ennek során az előbb említett növényborítottsági adatokat -integrált térinformatikai környezetben össze kell kapcsolni növényi modellekkel. Ma már léteznek teljesen komplex növényi modellek, mint a Ceres vagy WOFO5. Minden input adatot bevisznek a modellbe , a számítógép ennek alapján lefuttatja, összegzi az adott kultúra várható terméseredményét. Ennek eredményeként választ lehet adni arra, hogy egy régióban milyen lefedettség mellett milyen kultúráknál mi várható.

A szatellit térképek és a légi fényképek- Sági (1996) szerint -ellenőrzési célokra is igénybevehetők, mert felvilágosíthatnak pl. arról, hogy a vetőmagszaporítók alkalmas és a szerződésben meghatározott területen, megfelelő minőségben végzik-e vállalt feladatukat. Az északamerikai farmerek a terméstérképeket elsősorban a helyspecifikus agrotechnikához diagnosztikai céllal és a kezelések eredményeinek ellenőrzésére használják, különös figyelmet fordítva a gazdaságosságra. A légi fényképek a birtokhatárokról, a gazdaságok földjének tagoltságáról, a dűlőutak, vízfolyások, sövények elhelyezkedéséről stb. is hasznosan tájékoztatnak. Erdőkitermelés, telepítés, az erdők állapota, kevertsége a légi fényképeken szintén nyomonkövethető ill. látható.

"A szatellit-térképek általában 10 m-es felbontással 185 km²-t fognak át és a kívánt területről 3 naponként készítenek 1-1 térképet. Így az évszakok változásával párhuzamosan a növényzet fejlődéséről (a leveles állapotú növények által visszavert fény összetétele más, mint a termőrefordulókról vagy az érett állapotúakról visszaverődő), egészségi állapotáról és a terméskilátásokról egyre részletesebb információkhoz lehet jutni. Ezek a térképek alkalmasak a vetési hiányosságok, a vízellátási és vízmozgási problémák jelzésére is. A megbízható terméstérképek bizonyos mértékben helyettesíthetik a tápanyagtérképeket, mert segítségével kiszámítható a betakarított növények által a talajból kivont és visszapotlandó tápelemek mennyisége." (Sági, 1996)

A műholdas térképek elemzésével a cukorrépa termésének előrejelzését vállalja a Logica cég (Cobham, Surrey, UK), 2-3 hónappal a betakarítás előtt. Rendszere 20-30 m-es felbontású színes műholdképekre épül, amelyeket azonosítási célból egyéb térképekre helyeznek rá. Ezután egy számítógép a képi színek intenzitása alapján megállapítja a növényborítottságot, majd az információk a heti időjárási, a vetési és a talajadatokkal együtt matematikai modellbe kerülnek. Ennek segítségével a cukorrépatermések országosan és egyes tájegységekben 0,1 t/ha pontossággal jelezhetők előre. A rendszer moduláris természetű miatt előreláthatólag a gabonatermések becslésére is használható és akár egész Európára is kiterjeszthető (Blackmore 1994, Anon. 1996a, Anon. 1996b, Blake 1996, Harris 1996, Kohls 1996).

A gyomok gyakran foltokban találhatók- írja Dampney, (1999). A foltok permetezése csökkentheti a herbicid költségeket és a környezet szennyezésének veszélyét.

A táblán belül is a gyomok fajösszetétele és sűrűsége jelentősen változhat. Elméletben a gyomtalan területeket, vagy ahol a gyomok száma a küszöbérték alatt van, nem kell kezelni.

Az IACR Rothamsted és az SRI tanulmányai rámutatnak, hogy az egész táblán alacsony herbicid dózis és a gyomos foltok érzékelésekor magasabb dózisú stratégia alkalmazása valószínűleg jó gyomirtást és érzékelhető herbicid felhasználás csökkenést eredményez. Átlagosan 40 %-os herbicid használat csökkenés érhető el, ami egy farmernek 5-10 GBP/ha megtakarítást jelent. Az ilyen csökkenés jelentős gazdaságossági és környezetvédelmi hatással bír.

A gyomfoltok kézi felvételezése az őszi vagy tavaszi herbicid kezelés előtt a gyakorlatban nehezen kivitelezhető, és jelenleg nincsenek automatizált módszerek ennek elvégzésére- folytatja Dampney,(1999). Azonban a legfontosabb szántóföldi gyomok előfordulási területe meglehetősen stabil, így az előző növényállományról készült térképeken látható gyomfoltok jelentik a legjobb megközelítést. A kutatások szerint a (blackgrass???) fű magjai a művelési eszközökkel terjedve kevesebb, mint 2 méterre mozdulnak el. A betakarításnak nagyobb a hatása, de a magok több, mint 80 %-a 10 méternél kisebb körben mozdul el. Egyéb gyomfajok foltjai (pl. barren brome) 'megnöhetnek', és messzebb eljuthatnak, valószínűleg a nagyobb magméret miatt.

Június és augusztus közötti időszak optimális a gyomok feltérképezésére, mivel a gyomok ekkor a legjobban láthatók. Egy kézi vagy számítógépes adatrögzítő rendszer használható egy hordozható GPS-szel. Egy magas látóhely a legjobb, mint például egy kombájn. Az eredményként kapott gyomtérkép felhasználható a következő növénynél a foltok permetezésére. Bár ezek a vizuális vizsgálati módszerek időigényesek és költségesek lehetnek, a jövő érzékelő technológiai lehetővé tehetik az automatikus gyomtérképezést. Ez egy olyan terület, melyen jelentős kísérletek folynak.

Amikor a gyomtérképet herbicid kezelési térképpé alakítjuk, a következő pontokat kell figyelembe venni:

- a megfelelően aktív hatóanyag és dózisszint kiválasztása a gyomfoltok kezelésére;
- minden gyomfolt körül egy puffterület, a következők miatt:
 - térképezési pontatlanságok,
 - gyomfolt terjedése,
 - permetezés pontatlansága,
 - a permetező reakcióideje, amikor vegyszert vagy dózist kell váltania.

Mesterházi et al. (2001) a távérzékelési módszerekkel történő adatgyűjtési eljárásokat ismertetve a következőket írja: az említett adatgyűjtési eljárások egyik legnagyobb előnye, hogy - szemben pl. a hagyományos gyomfelvételezési módszerrel - nem becslő, hanem mért,

pontos eredményt ad, amely már digitális formájú, így bevihető a számítógépes - térinformatikai rendszerbe.

A gyomok felismerésében segítségünkre lehet a mesterséges látás is. Ilyenkor egy vörös, zöld, kék és infraközei tartományban működő CCD (Charge Coupled Device) kamerával történik a képalkotás. A rendszernek maximális biztonsággal el kell tudnia különítenie a talajobjektumokat a növényi részekről, valamint a kultúrnövény leveleit a gyomnövény leveleitől. Az elkülönítés statisztikai és geometriai alapú logaritmusok segítségével történik (Wartenberg, 2000). Mivel az ilyen rendszerű képalkotás viszonylag lassú folyamat (kb. 0.3-0.4s/kép), alkalmazása alacsony haladási sebesség mellett lehetséges (1.2-2.5 km/h). Kukoricában való alkalmazása során több hiba is felmerült: a kukorica leveleinek egyes szakaszait több helyen is gyomnövényként érzékelt a rendszer, ill. nem ismerte fel növényi résznek a levelet annak mozgása miatt. (L. Martin-Chefson et al., 1999). Kíváncos lenne az ilyen elven működő rendszerek haladási sebességét 5-8 km/h-ra növelni, ehhez azonban a képfeldolgozás sebességét kellene növelni, ami elsősorban a számítógépek kapacitásán múlik.

Mesterséges látást alkalmaz a California Egyetemen kidolgozott robot gyomellenőrző rendszer is, mely gyapot és paradicsom kultúrában hivatott a gyomok automatikus felismerésére és egyidejű permetezésére. A mesterséges látás rendszere 0.34s alatt alakít ki egy képet, amely egy 11.43x10.16 cm-es területet jelent, lehetővé téve ezzel a rendszer folyamatos - 1.2 km/h sebességgel történő - haladását. A felismerés során megfelelő algoritmus segítségével az egyes levelek alaktényezőit (felület, hosszú és rövid átló stb.) vizsgálják, amely a levélszélek görbületeit is

figyelembe veszi, hogy a kultúrnövényt fiatal fejlődési fázisában is el lehessen különíteni a gyomoktól (W. S. Lee et al. 1999).

Az on-line ézékelés felhasználható természetesen peszticid kijuttatásra is. Ilyen pl. a PATCHEN Inc. által gyártott Weed Seeker™ PhD600, típusú szelektív permetező rendszer. Ez esetben egy LED (light emitting dioda) fényének növényzetről történő visszaverődését érzékeli és ezáltal a klorofill jelenlétét vizsgálja egy szenzor. Elektronika értékeli az adatokat és úgy irányítja a fűvókák működését szabályozó szelepeket, hogy csak ott juttassanak ki vegyszert ahol növényi rész jelen van (Patchen Inc.).

A mezőgazdaságban történt változások, az élelmiszerek környezetbarát termelése megköveteli a költségtakarékosabb és csökkentett gyomirtószert felhasználó eljárásokat, különösen a gabona- és kukoricatermesztésben. (Wartenberg, 2000) Különböző kísérletek igazolják, hogy a különböző adottságok között a gyomok eloszlása nagy eltéréseket mutat. A gyomosság miatti hozamveszteség nagysága a gyomok gyakoriságától és fajtaösszetételétől függ. Nagy területen folytatott őszi búza és repce kísérletek azt mutatták, hogy mind a gyomtársulat fajtaösszetétele, mind a gyomok előfordulási gyakorisága részterületenként nagy ingadozásokat mutat. Rendszerint 2-3 fajta lép fel, mint domináns gyomfajta. A talajadottságoktól és a vízellátástól függően cserélődik a gyomok dominanciája. A gyomtársulások összetétele, különösen egyes fajta tömeges előfordulása a talaj- és a művelésspecifikus hatásoktól függ, egyeseknél az:

- egyes gyomok specifikus helyigényétől,

- az előveteményben a konkurenciaviszonyoktól és a fejlődési lehetőségektől,
- elmaradt megmunkálási hibáktól és ellenőrizetlen ugarolástól,
- mezőgazdasági eljárások és munkaeszközök hatásától; különösen a kombájnok nyomvonala miatt, a hígtrágya kijuttatás szilárd anyag felhalmozódása miatt és az előző évi erősen gyomfertőzött talajtakaró anyag ápoló talajra való visszakerülése miatt.

Hely- és művelésfüggő gyomtársulások fejlődnek ki. Ezek összetételében való szezonális különbségek jelentősen az időjárási feltételekre vezetnek vissza. A fagyos időszak kezdete és tartama befolyásolja pl. az őszi kultúrák elgyomosodását, és tavasszal a hőmérséklet eloszlásától függ a gabonákban a nyári gyomok előfordulása. A fajtadominanciában és a gyakoriságban ezen különbségek ellenére is összehasonlítható termesztési feltételek között évente hasonló gyom-eloszlási kép jöhet létre. Az eloszlási képet egy földterületen belül bonittálással vagy másfajta felvételezési technikával lehet megismerni, ezen információkat a helyspecifikus gazdálkodáshoz már több éve használják.

Gabonában az érzékelők alkalmazásánál 2 gyomfejlettségi stádiumot vesznek figyelembe. Az őszi permetezési időszakig a kis gyomok, vagyis a koleoptil stádium és az első lombleveles stádium jelenléte a jellemző. Ha tavasszal bonittálunk a csíraleveles stádiumban lévő növények mellett fejlettebb egyedek is előfordulhatnak, melyek arról ismerhetők fel, hogy több tölevélrózsával rendelkeznek vagy átestek már a bokrosodáson.

3.4. ELEMZÉS, ADATOK FELDOLGOZÁSA

Szántóföldi kísérleteinkben-írja Györfy (2000)- akár trágyázási, akár vetésforgó, akár növényszám kísérletekről legyen szó, igyekszünk "homogén" területeket kiválasztani és az adatokat varianciaanalízissel feldolgozni. A gyakorlat azt mutatja, hogy ez nagyon ritkán sikerül, ha viszont sikerül, kisebb a reprezentációs ereje, mert a valóságban a táblák és a dűlők csak látszatra homogének, de nem a valóságban.

Györfy (2000) a 70'-es években üzemi táblán beállított növényszámkísérletekből mutatott be adatokat. A kísérlet a folyamatos növényszám módszerével került beállításra. A növényszám 12.000 és 40.000 közt változott. A gyenge domborzat alján az optimum növényszám 80- és 100.000 közt változott. A tábla viszonylag egyenletes felső részén 60 és 80.000 közt, a lejtős részen 40-50.000 volt.

Szerinte az optimális növényszám a legszorosabb összefüggést a talaj hasznosítható vízkészletével mutat. Hogy vetés idején mennyi víz van a talajban, azt mérni lehet. Ennek egyik módszere a vetőgépre szerelt szenzor, ami méri a talaj nedvességtartalmát, hogy mennyi benne a felvehető víz és aszerint adagolja a vetőmagot, esetenként elég a színérzékelés.

Irreális összefüggések megállapításának elkerülése érdekében -írja Sági (1996)- a termés- és a talajtérképek összehasonlításához csak minőségi, megbízható térképeket szabad használni. A terméstérképek ritkán korrelálnak a tápanyagtérképekkel, ezért nem valószínű, hogy a termések variációjában a tápelemek eloszlásának döntő szerepe van. Sokkal szorosabb lehet esetenként az összefüggés a termésváltozások és a helyi

talajszerkezet, a szervesanyag-tartalom, a talaj tömörsége és N-ellátottsága, víztartó képessége, légátjárhatósága és hőmérséklete között. Ezek a paraméterek jórészt stabilak és könnyen meg is határozhatók.

„A talajtulajdonságok ismeretében elméleti alapon nem határozhatók meg az egyes növényállomány jellemzők. Ugyanakkor adott termőhelyen egyes növényi tulajdonságok és talajvizsgálati eredmények között statisztikai módszerekkel kvantitatív összefüggés állítható fel. Az így felállított empirikus – statisztikus összefüggések alkalmasak lehetnek arra, hogy megmutassák az egyes növények, illetve jellemzőik, valamint a talajtulajdonságok kapcsolatát.”(Czinege, 2000a)

Az intenzív talajhasználat során a talajok egyes tulajdonságainak heterogenitása nőhet, eltérő talajdinamikai folyamatok játszódhatnak le, folytatja Czinege (2000a). Ezért igen gyakran a feltárt talaj – növény kapcsolatok egyrésze nem genetikai, hanem agrotechnikai okokra vezethetők vissza. Alapos vizsgálatokkal azonban a ható tényezők szétválaszthatók, és így feltárhatók a talajgenetikai okok is.

Jürschik, (1999) ír a precíziós gazdálkodásban használatos programok kínálatáról. Itt tesz említést a Dronninborg Fieldstar, Claas AROMAP szoftverekről, melyek a hozam adatok feldolgozásán kívül egyéb precíziós munkafolyamatok kiértékeléséhez is alkalmas. Az AGROMAP-be külön műtrágyázási programot integráltak.

Ír a térinformatikai szoftverek jelentőségéről is, néhányat meg is említ: TopoL, Agro-CAD, Case, Cobera-Land, Land-Data Eurosoft stb. Egyre

jelentősebbé válnak az internetes szolgáltatások. Pl. a Norsk Hydro online műtrágyázási szaktanácsadást kínál.

Ír az adatformátumok szabványosításának jelentőségéről, illetve a különböző gyártmányok hardvereinek és szoftvereinek kompatibilitásáról.

A precíziós növénytermesztési technológia valós szántóföldi körülmények közötti megvalósításával egyértelművé vált, hogy a hagyományos tápanyagvisszapótlási rendszer nem felel meg feltétlenül a fenntartható mezőgazdasági termelés érdekében alkalmazott precíziós növénytermesztési technológiának. Valamely tápanyag mennyiségének meghatározására a közvetlen mérés helyett azon tényezők mérése lehet célszerű, melyek közvetve jelzik a tápanyagellátottságot és így a közvetlen tápanyagvisszapótlás során figyelembe vehetőek (Schnug et al., 1997).

Jogos a gyakorló szakemberek azon igénye a kutatók felé, hogy megtudják: a különböző kötöttségű, kémhatású és mészállapotú, stb. talajaikon melyek azok a könnyen oldható (AL-) PK tartalmak, amelyek alatt már gazdaságos terméstöblettel hálálják meg növényeink a PK trágyázást - írja Csathó et al., (1997). A 60-as évek elejétől a 80-as évek végéig örvendetesen nagyszámú szabadföldi trágyázási tartamkísérletet állítottak be, illetve tartottak fenn Magyarországon (OMTK kísérletsorozat, egyetemek, kutatóintézetek szerves-, makro-, mikroelem trágyázási, meszezési kísérletei, stb.) Az ezekből nyert eredmények lehetővé teszik a környezetkímélő, gazdaságos, hosszú távon fenntartható műtrágyázási gyakorlatot megalapozó rendszer létrehozását. A gazdaságok részéről várhatóan újra igényelt rendszeres, a könnyen oldható tápelemtartalom vizsgálatok eredményei lehetővé teszik a szabadföldi trágyázási kísérletekben kapott eredmények kiterjesztését, felhasználását. A korlátozottan rendelkezésre álló erőforrások okszerű

felhasználása érdekében meg kell fogalmaznunk: az újabb talajvizsgálati eredmények figyelembevételével harmonikus tápanyagellátottságot kell biztosítanunk termesztett növényeink részére - egy alacsonyabb, de hosszú távon fenntartható tápanyag szinten. Ehhez kíván segítséget nyújtani az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest, és az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár szakemberei által elkészített környezetkímélő őszi búza és kukorica trágyázási szaktanácsadási rendszer.

Figyelemre méltó különbségeket tapasztalhatunk a környezetkímélő trágyázási rendszer és a MÉM NAK (1979) intenzív trágyázási rendszer összehasonlításakor (5. táblázat). Alacsony tervezett termésszint esetén nem nagyok a különbségek, de a TAKI modell 'A' változata - gazdaságos termésszint eléréséhez - nem javasol foszfor- és kálium kijuttatást a talaj ezen tápelemekkel való jó ellátottsága esetén. Átlagos és magas tervezett termésszint esetén szisztematikusan alacsonyabbak a környezetkímélő rendszer ajánlásai, de még biztonságos termést és nagy hozamok elérését így is lehetővé teszi, mivel az ajánlások a hazai szabadföldi trágyázási kísérletek eredményeinek adatbázisain alapulnak (Csathó et al., 1996a).

Az MTA TAKI-MTA MGKI által kifejlesztett hosszú távon fenntartható számítógépes trágyázási szaktanácsadási rendszerről írja Csathó et.al, (1996b): Műtrágyázási szaktanácsadási rendszerünk egyik fontos sajátossága és erőssége, hogy a talaj tápelemellátottsági határértékei az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetben összeállított, az utóbbi 35 évben a hazai tudományos műhelyek kutatói által publikált szabadföldi N, P és K trágyázási kísérletek eredményeit tartalmazó

adatbázison alapulnak. Létrehozásakor nem a maximális terméseket, hanem a legnagyobb jövedelmet adó kezeléseket vettük figyelembe. Ezek a talaj tápelem-ellátottsági határértékek legtöbbször alacsonyabbak a korábbi szaktanácsadási rendszerekben szereplőknél, és így jóval gazdaságosabb, de még biztonságos műtrágyázási gyakorlatot tesznek lehetővé.

5. táblázat: Az intenzív tápanyagellátást biztosító, illetve a hosszú távon fenntartható trágyázási szaktanácsadási rendszerek filozófiájának összehasonlítása

Table 5.: Comparison of the philosophy of the intensive nutrient support and the long-term sustainable nutrition replacement advisory systems

MÉM- NAK („kék füzet”) (intenzív tápanyagellátás)	Hosszú távon fenntartható trágyázási rendszer irányelvei (MTA-TAKI MTA-MGKI)
Maximális termésszintre való törekvés	Gazdaságos termésszintre való törekvés
A „talaj trágyázása” a cél	A „növény” trágyázása a cél
Enyhe túltrágyázás	Enyhe alultrágyázás
Jó, igen jó talaj PK ellátottság elérése, majd fenntartása a cél	Közepes talaj PK ellátottság elérése, majd fenntartása a cél
Gyors talaj PK feltöltés	Lassú talaj PK feltöltés
Minden évben PK trágyázás	A vetésforgó PK trágyázása (periodikus PK trágyázás, GATEKI Kompolt)
PK trágyázás minden talaj PK ellátottsági szinten	PK trágyázás csak közepes és annál gyengébb talaj PK ellátottsági szinten
Magasabb talaj tápelem- ellátottsági határértékek	Alacsonyabb talaj tápelem- ellátottsági határértékek
Egységes talaj tápelem- ellátottsági határértékek	Növénycsoporttól függő talaj tápelem-ellátottsági határértékek

Magasabb fajlagos tápelem- tartalmak	Alacsonyabb fajlagos tápelem- tartalmak
A tervezett termésszinttől független fajlagos tápelem- tartalmak	A tervezett termésszinttől függő fajlagos tápelem- tartalmak (tápelemhígulási effektus miatt)
Ásványi N- tartalom a cukorrépa N- igényénél kerül figyelembevételre	Ásványi N- tartalom a legfontosabb növények N- igényénél figyelembevételre kerül

(Csathó, Árendás és Németh, 1996a)

Új, környezetkímélő őszi búza trágyázási szaktanácsadási rendszerünk jellegzetessége, hogy a feltöltő talaj-trágyázási szemlélet helyett a növény specifikus tápelem igényének harmónikus biztosítására törekszik- írja Németh et.al, (1997). Ennek jegyében a P és K esetében alapvető célunk a közepes talaj tápelem-ellátottság elérése, illetve fenntartása. Nem tekintjük automatikusnak a makroelemek együttes kijuttatását minden növény alá és tápelem-ellátottsági szinttől függetlenül. Így a vetésforgón belül a kalászosok mérsékeltebb K-szükségletének biztosítására a legtöbb esetben elegendő a K-igényes kapás elővetemények számára kijuttatott K-utóhatása. A nagyobb P-igényű kalászosok alá kiszórt P trágyák utóhatása viszont a kisebb P-szükségletű kapás utóvetemény részére biztosít elegendő foszfort.

Czinege et al. (2000c) kutatásaik során térinformatikai alapokra szerveződő műtrágyázási szaktanácsadási rendszert hoztak létre, amely a korábbi mezőgazdasági gyakorlattól eltérően nem homogén egységekként kezeli a mezőgazdasági táblákat (talajjellemzők, termesztési paraméterek stb.), hanem figyelembe veszi, hogy egy mezőgazdasági táblán belül is többféle genetikai típusú talaj fordulhat elő, amelyek eltérő kezelést igényelhetnek. A kidolgozott módszerrel tehát nem a tábla

átlagához számolják ki a kijuttatni kívánt műtrágyaadagokat. Természetesen ez csak akkor jelent pontosítást a mai magyar tápanyag-utánpótlási gyakorlathoz képest, ha egy táblán belül többféle, eltérő trágyázást igénylő talajtípus fordul elő.

Stafford et al., (1999) a búza és az azzal egy vetésforgóban termesztett cukorrépa hozamának térbeli változatossága közötti korrelációt vizsgálják, azzal a céllal, hogy a búzatermesztés során nyert helyspecifikus információk alapján megteremtsék a cukorrépa precíziós kezelésének feltételeit.

3.5. HELYSPECIFIKUS ALKALMAZÁSOK

"A "variable-rate application "(VRA) (változó alkalmazás) gyakorlatilag annak az eljárásnak a neve, melynek során a szaporítóanyagot, műtrágyát, növényvédőszer stb. a táblán belüli helyi igényeket figyelembe véve juttatjuk ki. A technológiát, mely a VRA-t megvalósítja változó (változtatható) kijuttatási technikának nevezzük.

A szabályozott kijuttatási technika megvalósítására alapvetően két megoldás kínálkozik:

- Térképre alapozott VRA: Ahogy az elnevezés is mutatja, előre megírt (elektronikus) térkép alapján változtatja a kijuttatandó mennyiséget.
- Szenzor alapú VRA: A real-time szenzorok menet közben "méri" a talaj és a növényzet tulajdonságai. A VRA szabályzó rendszer a szenzoroktól jövő jel alapján szabályozza az éppen kijuttatott mennyiséget." (Mesterházi et al., 2001).

A top agrar 11/97-ik számában olvashatjuk az LBS meghatározását (Anonim, 1997a), mely szerint az LBS (Mezőgazdasági Bus Rendszer) egy szabványosított rendszer, mely a traktor számítógépe és a munkagép "Job Rechner"-e közötti adatcserét szabályozza. Lehetővé teszi a gyártmánytól független kapcsolatot a különböző munkagépek és a traktor között.

A profi elektronik 12/97. (Anonim, 1997b) számában olvashatunk arról, hogy a Fieldstar rendszer kompatibilis az LBS-vel. A Fieldstar rendszert az AMAZONE ZAM-MAX Tronic műtrágyaszóróval kapcsolták össze. Mind a traktort mind a műtrágyaszórót munkaszámítógéppel szerelték fel, a traktorba egy kommunikációs egységet helyeztek el. Az egészet egy számítógéphálózattal kötötték össze, ez a CAN-Bus. A műtrágyaszóra az Agrisystem munkaszámítógépét és két elektromotorját szerelték fel. A traktor és a műtrágyaszóró közti kommunikáció megvalósításához a CAN-Bus-csatlakozót a Dronninborg szállította.

Neményi et al. (2000) írnak arról, hogy 1999-ben tesztelték az Agrocom pozicionáló és szabályozó rendszerrel üzemeltetett AMAZONE ZA-M MAX Tronic) függesztett repítőtárcsás műtrágyaszóró gépet. A géprendszer a haladási sebesség és a TLT fordulatszámának függvényében juttatja ki a beprogramozott műtrágyaadagot az adott helyre. Megállapították, hogy megfelelő kalibrálás alapján az Agrocom szoftverek és az Amazone Tronic műtrágyaszóró job computere jól kommunikál egymással. Vonatkozik ez mind a helymeghatározásra ill. a kijuttatott mennyiség pontosságára. Szerintük az Agrocom szoftverek az

üzemi gyakorlatba történő bevezetés előtt még további fejlesztésre szorulnak.

A változó mértékű adagolás előnyei farmról-farmra változnak, valószínűleg a nullától egészen a jelentős mértékű nyereségig- írja Dampney, (1999). Elvégzett kísérletekre és meglévő tapasztalatokra alapozva azoknál a farmoknál a legjelentősebb a változó mész és NPK műtrágya adagolásából származó nyereség mértéke, ahol nagyon változékony a talajtípus, különösen ahol közepes vagy laza a talaj szerkezete. A változó herbicid és egyéb agro-kemikáliák adagolása sokkal inkább egyéb tényezők függvénye. A változó mértékű adagolás módszerének alkalmazása előtt a farmernek tisztában kell lennie a problémákkal és a földterületen belüli változó tényezőkkel (pl. gyomok, talajtípus, talaj tápanyag ellátottsága). Ezután fordíthatnak figyelmet a precíziós gazdálkodási technológiák kiválasztására, melyek a legnagyobb valószínűséggel növelik a farm bevételeit vagy hozzájárulnak a környezetvédelemhez.

A trágyázási folyamat valamennyi termeléstechológiai eljárás változó költségének 30-35 %-át teszi ki, írja Marquerin et al. (1997). A táblázatba tüntették fel egy 1000 ha-os szántóföldi üzem műtrágyázási munkafolyamatainál felmerülő költségeket. A számítás alapját őszi búzánál készített műtrágyázási terv képezi. A műtrágya beszerzési költsége 230.000 DM körül alakul.

A szerzők szerint egy modern műtrágyázás megvalósítása a műtrágya optimális felhasználását jelenti, mely során csak annyi műtrágyát szabad kijuttatni, amennyit a növény képes felvenni. Csak akkor lesz

megtakarítás, ha a termesztett növény hozama és minősége egyben javul. (6. táblázat) Ez a műtrágyázási módszer egyidejűleg a környezetvédelemre is pozitív hatással van.

Griepentrog (1997) a Landtechnik folyóiratban megjelent cikkében ír arról a projektről, amit Deutsche Bundesstiftung Umwelt támogatott. Az igen heterogénnek mutató kísérleti terület a németországi Ostholsteinben található. Néhány kutató intézetben gyakorlati mezőgazdasági szakemberek közreműködésével kidolgoztak egy rendszert a helyspecifikus műtrágyaszórás megvalósításához. Összességében arra törekedtek, hogy a műtrágyafelhasználás hatásfoka javuljon és a veszteség minimalizálódjon. Ezért tartották célszerűnek a műszaki, növénytermesztési és a talajművelési stratégiák összekapcsolását.

A helyspecifikus hozammérés és trágyázás során a problémák a talajtani és növénytermesztési kritériumok szerint alakított alkalmazási térképek tekintetében adódtak.

6.táblázat: Egy 1000 ha-os mezőgazdasági üzem műtrágyázási költsége (Marquering et al., 1997)

Table 6.: The cost of artificial manure application in an agricultural firm with 1000 ha (Marquering et al., 1997)

Tápanyag	Tápanyagmennyiség	Műtrágyaféleség	Kijuttatott mennyiség	Költségek
Alaptrágya				
Foszfát (P ₂ O ₅)	55 kg/ha	Novaphos (23%)	230 kg/ha	30 DM/q
Kalium (K ₂ O)	95 kg/ha	Kornkali (40%)	240 kg/ha	28 DM/q
1. Adag Nitrogén (N)	80 kg/ha	KAS/CAN 27%	300 kg/ha	30 DM/q

2. Adag Nitrogén (N)	30 kg/ha	KAS/CAN 27%	100 kg/ha	30 DM/q
3. Adag Nitrogén (N)	60 kg/ha	KAS/CAN 27%	200 kg/ha	30 DM/q
(A BASF adatai alapján, 80 q/ha-os várt terméshozamhoz)				
Ez a következőkből adódik:				
területegységenként kijuttatott műtrágyamennyiség			Q=1070 kg/ha	
összesen kijuttatott műtrágyamennyiség			M=1 Mill. kg	
területteljesítmény			P=5000 ha/év	
műtrágya költsége			K=230000DM	

A tápanyagigény megállapításakor nem használnak fel talajvizsgálati eredményeket és az elővetemény hozamtérképéről nyert hozamadatokat. A trágyaszórás előtt bejárták a táblát és az állománysűrűségben valamint a növény fejlettségi stádiumában lévő különbségek játszották a döntő szerepet a műtrágyaigény megállapításában. Ezzel párhuzamosan minden egyes műtrágyaszórás előtt a részterületenkénti hozampotenciált újra osztályozzák a domborzat, talajtípus, humusztartalom, a múlt és a prognosztizált időjárás alapján.

A N-műtrágya kijuttatásához a dán Bredal B2 típusú függesztett műtrágyaszórót használták, melynek az a jellegzetessége, hogy egy kényszeradagolószervezettel rendelkezik. A nagy vontatott műtrágyaszórókhoz hasonlóan a röpítőtárcsára egy adagoló szalagon jut a műtrágya, melynek meghajtását egy dörzskerékről kapja, melyet a traktor hátsó kereke hajt. A kijuttatási mennyiség szabályozása 2 elektromos meghajtású tolózárral történik. A műtrágyaszóró irányítását a dán Agrimatik rendszerrel valósították meg, amit a J. Elkjaer/Arslev fejlesztettek ki.

Hozammérést is végeztek abból a célból, hogy hatáselemzést végezhesse a kiszórt műtrágyadózisok tekintetében. A N-műtrágyát 4 féle adagolásban juttatták ki.

A területet egy 4075 HTS típusú Deutz-Fahr kombájnnal takarították be, melyet az LH-agro (LH 565) Yield-Logger rendszerével szereltek fel.

Az eredmények azt mutatták, hogy a relatíve magas hozamszintű területeken a differenciált trágyázásnak nem volt hozamfokozó hatása. Az alacsony műtrágyadózisok azt mutatták, hogy azokon a területeken, ahol 20%-kal kevesebb volt a ráfordítás a két dózis műtrágyavariációkkal összehasonlítva a hozamszint tartós volt. Az elméleti egységes műtrágyadózisokkal összehasonlítva a N-műtrágya egy 26 %-körüli csökkenését kellene elérni.

A pontos N-szükséglet nem csak az előveteménnyel a talajból kivont N-tartalomból és a tervezett termésszintből számítható ki, hanem függ a kimosódástól és a talajban lévő szerves anyag ásványosodásától, valamint az akkor még ismeretlen időjárási tényezőktől,- írja Hegge et al. (1997). A részterületspecifikus N-fejtrágya kijuttatásának megtervezése a növényzet színe alapján történik. A N Sensor nevű rendszer, melyet a Hydro Agri fejlesztett ki, a növények nitrogéntartalmának spektroszkópos érzékelésén alapul,- olvashatjuk a Hydro Agri cég 1999-ben megjelent reklámanyagában. A N Sensor a traktor fülkéjén helyezkedik el és négy irányba - a traktor két oldalán menetirányba és azzal ellentétesen - a munkaszélességen túl mintegy 50 négyzetméteren érzékeli a növényekről visszaverődő fény hullámhosszát, egy másodperces gyakorisággal. A fülke tetején elhelyezett érzékelő a napsugárzás intenzitásának mérésével lehetővé teszi a szükséges

korrekció végrehajtását. A N Sensor- t minden táblán be kell kalibrálni. A kalibrálás úgy történik (Hegge et al., 1997), hogy a táblán két helyet kiválasztanak, melyek N-szükséglete jelentősen eltér. Ezen a két helyen a N-szükségletet az addig szokásos módszerekkel határozzák meg. Kiegészítésül kiszámítandó mindkét helyen a reflexióoptikai inflexió pont és így a két szenzor adatai közötti összefüggés és a N-szükséglet is. Interpolációval ezen összefüggést a részterület-specifikus műtrágyaszórás irányításához használhatjuk fel. A N-szükségletet nem közvetlenül analízisből nyerjük, hanem a részterületenkénti klorofill-koncentráció visszaverődési értékeiből. A vizsgált módszer a klorofill-koncentráció és a N-szükséglet között szoros összefüggést tételez fel, mely rendszerint fenn áll. Mindenesetre a klorofill-koncentráció és vele együtt a növény színe a betegségtől vagy más tápanyagok mennyiségétől is függ. A módszer használatának feltétele az egészséges növényállomány, mely más tápanyagokban jól ellátott.

Az erőgéphez kapcsolt műtrágyaszóró a mért értékeknek megfelelően változó mennyiségű műtrágyát juttat ki a területre. A rendszert 36 üzemben 3000 ha-on vizsgálták. A legkülönbözőbb időjárási viszonyok között - napsütés, borús idő, száraz és nedves növényzet stb. - tizenhárom alkalommal ment végig a N Sensor-ral felszerelt traktor ugyanazon a táblán és az általa meghatározott nitrogén hatóanyag-igény mindössze 3 kg/ha-os ingadozást mutatott. Ez - figyelembe véve a szokásos műtrágya adagokat - öt százalék alatti hibát jelent. Meg kell jegyezni azonban, hogy az ilyen elven működő tápanyagvisszapótlás csak fejtrágyázásnál valósítható meg, alaptrágyázásra - működésénél fogva - nem alkalmas. Tudomásunk van róla, hogy Magyarországon is folyt ilyen rendszer vizsgálata, ám a vizsgálat eredményeit nem hozták nyilvánosságra.

Hasonló rendszerrel rendelkezik a Fritzmeier cég is - Miniveg N Plus -, ők lézersugarakat használnak az érzékeléshez.

Azon kérdés megválaszolásához, hogy mely hullámhosszúságú tartomány a leginkább használható a növény nitrogén-ellátottságának megállapításához egy rozstáblán végeztek kísérletet (Hegge et al., 1997). Március közepén az első fejtrágyázás alkalmával célzottan különböző mennyiségű nitrogén műtrágyát juttattak ki. A második fejtrágyázás során gyűjtötték a visszaverődési adatokat. Jól megfigyelhető volt, hogy a növekvő N-ellátottsággal a látható fény tartományában (450-700 nm) a visszaverődés csökkent, ezzel ellentétben az infravörös tartományban (750 nm-től) nőtt. Ezen reflexióoptikai adatokból indexeket számítottak ki a N-műtrágya kiszórásához.

A leginkább hasznosítható információt a vörös-infravörös hullámhosszúságú tartományból nyerjük. Ebben a tartományban a visszaverődési optikai-görbének S-alakú lefutása van, melynek inflexiós pontja -tehát a konkávból a konvexbe való áttérés- szolgáltatja az alapot a N-trágyázás megtervezéséhez. Az inflexiós pont a jelenlegi computertechnika segítségével 4, a vörös-infravörös tartománybeli hullámhosszból megközelítőleg meghatározható.

A N-szükséglet reflexióoptikai meghatározása rendszerint a gabonáknál az első N-kijuttatásnál nem alkalmazható, mivel ebben az időszakban az állomány még nem zárt, így nemcsak a gabonanövény leveléről hanem a borítatlan talajról is van visszaverődés. A borítatlan talajról való visszaverődésnél az S-alakú görbének nincs lefutása a vörös-infravörös tartományban, így a megkülönböztetés nem lehetséges. Ehelyett a N-adagot a növénytermesztésben használatos időjárási- és talajmodellekből számítják ki. A második és esetenként a harmadik N-adag

kiszámításához az inflexiós pont szolgál alapul. A második adag értékeit a szárbaszökkenés kezdetéig, a harmadik adagot röviddel a kalászolás előtt kapják meg. Ebben a fejlődési stádiumban a reflexióoptikai inflexiós pont jelentős differenciálódást tesz lehetővé a N-ellátottágra a részterületspecifikus műtrágyakijuttatásnál. A reflexióoptikai eljárást közvetlenül és közvetetten is alkalmazhatjuk. Közvetlen felhasználása során a szenzor a műtrágyaszórót közvetlenül a táblán, menet közben vezérli. Közvetett alkalmazásakor pedig egy területbejárás során térképet készítünk, majd egy műtrágyázási terv alapján történik a későbbiek során a műtrágya differenciált kijuttatása. A közvetett eljárás során lehetővé válik kiegészítő adatok, mint pl. talajtulajdonságok figyelembe vétele is.

Bonyolultabb a helyzet a folyékony halmazállapotú anyagok kijuttatásakor. A permetező gépeken alkalmazott hidraulikus cseppképzésű fúvókák esetében pl. folyadékáram segítségével történik a cseppképzés, a kijuttatott mennyiség a nyomás változtatásával szabályozható (1-5 bar). Mivel azonban a nyomás a cseppméretet is befolyásolja, a mennyiség változtatásával a cseppméret is változik (Lund, 2000). Durvább szabályozás a haladási sebesség módosításával hajtható végre. A fúvókákon átfolyó folyadék mennyisége arányos a fúvókáknál mérhető nyomás négyzetgyökével. Másik lehetőség a kijuttatott mennyiség szabályozására az egyidejűleg több fúvóka alkalmazása, melyek közül mindig a helyi igényeknek legjobban megfelelő mennyiséget, szórásképet és cseppméretet biztosító az aktív. Talán a legpontosabb megoldás, amikor az egyenletes mennyiségben kijuttatott vízbe az éppen szükséges mennyiségben és arányban történik a vegyszer ill. vegyszerek bekeverése, menet közben (közvetlen adagolású

permetező gépek) (László és Pályi 1992). Ezzel a megoldással állandó üzemi nyomás mellett, következésképp állandó szóráskép és cseppméret mellett biztosítható a kemikáliák szabályozott kijuttatása.

A térképek alapján a helyspecifikus agrotechnika, vetés stb. kivitelezéséhez a munkagép fülkéjébe megfelelő térképpel ellátott számítógépet helyeznek el. A számítógép a területrészek szerinti optimális vetőmag-, műtrágya-, növényvédőszer-adagok adatait szabályozókészülékbe teszi át, amely az adatokat eszerint változtató mechanikának (szolenoid szelep, hidraulika) továbbítja. A Chavtar gyár USA-ból származó Raven GPS permetezőberendezésének számítógépe a földterület gyomborítottságának adatait tartalmazó programkártya közvetítésével haladás közben azonosítja a terület egyes pontjait és a programnak megfelelően a szükséges herbicideket a szükséges mennyiségben adagolja. A gép 5 vegyszer vagy 4 vegyszer és víz keverését és adagolását tudja szabályozni, a monitor pedig jelzi a megtett utat, a haladási sebességet, a tartályokban levő vegyszer (törzsoldat) mennyiségét, a kiadott összes térfogatot, a permetezési rátát és a bepermetezett felületet (Collings 1996, Cooksley és Kilburn 1996, Kohls 1996).

Az 1995-ös Európai Gyomírtási Konferencián több előadás foglalkozott a gyom feltkezeléssel is- írja Györffy (2000). Jelenlegi gyakorlatban felmérjük, hogy milyen gyomok vannak, és aszerint állítjuk össze a herbicidkombinációkat, függetlenül attól, hogy hogyan különbözik táblán belül a gyomosodás mértéke és a gyomösszetétel. A táblán belül differenciált kezelés megoldható kézi vezérléssel is, de megoldható

megfelelő programokkal, a gyomfelismerő szenzorok automatizálása útján, ahol a gyomfajtól és borítástól függően adagoljuk a herbicid mennyiségét és féleségét. Ugyanez vonatkozik az inszekticidek alkalmazására. Vannak kártevők, melyek az egész táblát károsítják pl. a burgonyabogár. Más kártevők, mint a fritlégy és a drótférgek, foltokban jelentkeznek.

A Golzow-i mezőgazdasági Kft. üzemgazdasági kiértékelést végzett-olvashatjuk a Landtechnik 1999/04. számában (Schmerler, 1999). Ezen elemzési példák a differenciált N-trágyázás (200 ha)-, vetés (150 ha)-és gyomirtószer kijuttatás (160 ha) több éves tapasztalatán alapul. A mezőgazdasági üzemi Kft. 1995-től 7100 ha nagyságú szántóföldi területen végez kísérleteket a részterületspecifikus műtrágyaszórás, vetés valamint növényvédelem területén. A kísérletekben a fő hangsúlyt a műtrágya, vetőmag és növényvédő szer differenciált kijuttatásának technikai-technológiai realizálhatósága, a felhasznált anyagok nyilvántartása, valamint a részterületspecifikus gazdálkodás üzemgazdasági kiértékelése kapja. A részterületspecifikus gazdálkodás üzemgazdasági kiértékelése a teljes mezőgazdasági üzem alapján a munkafázisok szerint történik. Ezen példát követve végezték el a 2 ökonómiai kiértékelést (7. táblázat).

7. táblázat: Részterületspecifikus gazdálkodás beruházás- és költségkalkulációja -Üzemi példa, Golzow üzemi mezőgazdasági Kft., 7100 ha szántóföld, ebből 3900 ha-on műtrágyaszórás és vetés (Schmerler, 1999)

Table 7.: The investment and cost calculation of site-specific farming - working example, Golzow agricultural Ltd., 7100 has of cultivated field from which 3900 has are seeded and fertilized (Schmerler, 1999)

Elektromos kiegészítők	Beruházás DM	Költség DM/szántó
2 műtrágyaszóróhoz	63200	20900
1 sz. permetezőgéphez	23800	7900
1 vetőgéphez	23800	7900
1 szemenkéntvető géphez	23800	7900
3 arató-cséplőgéphez (Komplett hozammérő rendszer, irodai felszerelés, PCMCIA- kártyák és kártyaolvasó különleges eszközök az előzetes feladatok teljesítéséhez DGPS, PC- vel földnavigáció, GIS, PC, nyomtató, szoftver)	7500 30000	24800 9900

Elektromos kiegészítők	Beruházás DM	Költség DM/szántó
összesen	239600	79300
leírás (25%)		60000
karbantartás (5%)		12000
kamat (6% fél bruttóérték)		7300
Személyzet költsége		80000
szolgáltatások		27000
egyéb költségek		600
fejlesztési költségek		192300
összesen:		(49 DM/ha)

Alapvető követelmény, hogy a részterületspecifikus gazdálkodás eredményeként az üzemi eredmények javuljanak. A Golzow-i üzemben a fent nevezett 3900 ha-nyi szántóföld bevonása 2 műtrágyaszóró, 1 szántóföldi permetezőgép valamint 2 vetőgép használatát tette indokolttá. Továbbá a mindösze 3 arató-cséplő gépet teljes hozammérő rendszerrel

szerelték fel. Ezen igényeket az üzem művelési viszonyai, valamint az éves betét lefutási ideje, az 1996/97-es elszámolási évben az eszközök és gépek teljesítménye alapján merültek fel. A 2 elektromos meghajtású vetőgépet kukorica és őszi búza differenciált vetésére szánták.

A 3900 ha területű szántóföld részterületspecifikus műveléséhez ezen példa szerint mintegy 240 000 DM (62 DM/ha) nagyságú beruházás szükséges (8. táblázat).

Ezen belül a fedélzeti számítógép több munkafolyamatban való felhasználásának a lehetőségét még figyelmen kívül hagyták. Egy ACT a műtrágyaszóró irányításánál és az aratásnál való dupla felhasználásának köszönhetően a költségek eszközönként 11000 DM-val, üzemszinten 33000 DM-val csökkentek. Előzetes kalkulációk alapján 3900 ha éves költség mintegy 190 000 DM (8. táblázat).

A részterületspecifikus gazdálkodási eljárások pozitív hatásai az anyagfelhasználásra valamint a hozamra még nincsenek véglegesen kiértékelve, mert ezidáig nem tudtak valamennyi növényfajtát bevonni a kísérletekbe.

A többlethozamra és az anyagköltség csökkentésére vonatkozó köztes eredmények a 8. táblázatban láthatók.

A részterületspecifikus műtrágyaszórásnak és vetésnek a legnagyobb eredménye, előnye a szemeskukoricánál (103 DM/ha) és az őszi búzánál (60 DM/ha) mutatkozott.

A 3900 ha-on folytatott részterületspecifikus gazdálkodás eredményeként az éves költségcsökkenés és többlethozam átlagosan 40-től 45 DM/ha között alakult (9. táblázat). Ezen számításokban a részterületspecifikus növényvédelemből, valamint a meszezésből, foszfor-és kálium

trágyázásból származó pénzügyi hatásokat még nem vették számba. A kb. hektáronkénti 25 DM gyomirtószerköltségek (9. táblázat) csökkenése pozitívan változtatja meg a költség-bevétel arányt, ha a technikai és mindenek előtt a szenzorral működő gyomfelismerés anyagilag kedvező megoldások rendelkezésre állnak.

9. táblázat: A részterületspecifikus gazdálkodás hatása eljárásonkénti felbontásban (Schmerler, 1999)

Table 9.: The effect of the site-specific farming by treatments (Schmerler, 1999)

munk. folya- mat	kís. éve	kísérleti	terül.	eddigi hatások
		szántó ha	növ.faj	
N- trágyá- zás	1995 -98	60-200	őszi búza	N- csökkenés, évenként 15kg/ha; részben nagyobb szemhoz. 3,9 dt/ha- ig; 10-15%- kal jobb N- hasznosu- lás.
vetés	1996 -98	80-150	őszi búza szemes kukor.	a részterüle- teken vetőmag

				megtakarítás 25%-ig
gyomírtózás	1995-98	40-160	őszi búza silókukorica	kb. ha-onkénti éves 25 DM gyomírtószermegtakarítás vagy a költségek 25-30%-os csökk.

munk. folyamat	kís. éve	kísérleti	terül.	eddig hatások
		szántó ha	növ.faj	
N-trágyázás /növényvédelem	1998	150	őszi búza	N-csökkenés, 13 kg N/ha; 1,9-2,3 dt/ha nagyobb szemhozam;minőségi javulás (nyers protein, esésszám); jobb ellenállóképesség

A talajmintavételi adatok eredményei a hozzájuk rendelt helyzetazonosítóval együtt a terület térképébe kerülnek vagy közvetlenül

egy speciális műtrágyázási programba. A terület részterületeire kiszámolt műtrágyadózisok csipkártya segítségével a traktor fedélzeti számítógépébe jutnak. Ez a DGPS- készülék segítségével a táblán való haladás során felismeri a részterületeket és azokon a tervnek megfelelően szabályozza a műtrágyaadagok kijuttatását.

A top agrar 11/97-ik számában olvashatunk az AGRARTECHNIKA'97-en Hannoverben bemutatott újdonságokról-Anonim, (1997a). Az LH agro a gyakorlatba bevezetett komplett számítógépegységet (LH 5000) kínál, mely irányításával megvalósítható a műtrágya helyspecifikus kijuttatása. A Müller Elektronik által bemutatott LBS Control ugyanazon a szabványokon alapul, mint az Univerzális-Traktor-Computer=UNI-Pilot. Az elsőként elkészített sorozatot növényvédőgépekhez szánták, majd később más munkagépekhez is. A korábban használatos irányítási technikával összehasonlítva az új "LBS-Control"-t az adatátvitel a munkagépre szerelt úgynevezett "Job Rechner"-hez egy DIN szabvány szerinti Adat-Bus-sal lehetséges.

Az UNI-Pilot traktor számítógép a hozzá kapcsolt "Job Rechner"-rel képes vetésnél, permetezésnél és műtrágyaszórásnál az anyagkijuttatás irányítására és szabályozására. Üzemi körülmények között az UNI-Pilotot arató-cséplőgépen, répaszedő-, rakodó-és tisztító gépen alkalmazták irányításra.

Ugyanezen a kiállításon mutatták be a Hydro Agri, MF, Dronningborg és az Amazone cégek közös projektjének eredményét, az SGN-t, mely egy érzékelővel irányított on-line- t megvalósítható N-kijuttató rendszer. A gabona tápanyagellátottságát közvetlenül mérték és a kijuttatott mennyiséget a gép azonnal kiszámította és helyspecifikusan ki is juttatta.

Dampney, (1999) szerint a precizitás mértékét a helyspecifikus agrotechnológia alkalmazása során a gyakorlatban alapvetően négy tényező befolyásolja:

- Az anyagok kiválasztásának megbízhatósága- számos döntés nagy biztonsággal hozható meg, pl. a gyomirtószer kiválasztása, más döntések bizonytalanabbak, különösen azok, amelyeknél az ismeretlen időjárásnak jelentős hatása lehet, pl. ilyen a N műtrágya aránya.
- Talaj/növényállomány felvételezésének, mérésének pontossága.
- Munkagép munkájának pontossága.
- Navigáció pontossága- a jelenlegi különböző GPS rendszerek körülbelül 1méter pontossággal mérnek, de a régebbi rendszerek pontossága ennél kisebb.

Valamennyi farmer egyet ért abban, hogy egy tényező (pl. betegség) elég ahhoz, hogy a terméshozam jelentős mértékben csökkenjen, még akkor is, ha a növénytermesztés többi tényezője tökéletes volt.

8. táblázat: A részterületspecifikus N-trágyázás és vetés hatásai - üzemi példa, Golzow mezőgazdasági üzemi Kft. (Schmerler, 1999)

Table 8.: The effects of the site-specific N-replacement and seeding - working example, Golzow agricultural Ltd. (Schmerler, 1999)

Részterületspecifikus

		N-trá- gyázás		vetés		

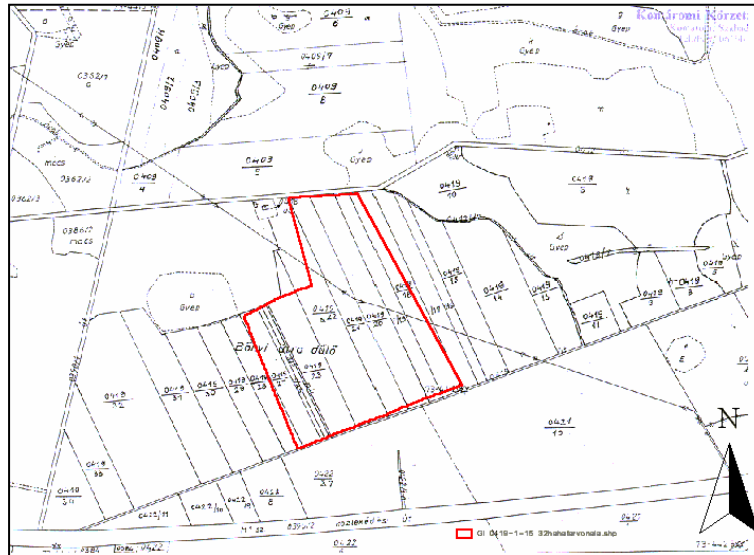
növény- fajta	művelt terület	műtrágya- csökkentés	többlet- hozam	vetőmag- csökkentés	többlet- hozam	megtak- arítása, többlet- hozam
		DM/ha	dt/ha DM/ha	DM/ha	dt/ha DM/ha	DM/ha DM/sz
ő.búza	1400	15	2....40	5	- -	60 84000
t.árpa	300	7	2 40	5	(•) (•)	52 15600
sz.ku korica	250	11	0,5 12	(20)	2,5 60	103 25800
silók.	270	(11)	(•) (•)	(20)	(•) (•)	(31) 8400
napra forgó	330	(7)	0,5 (20)	(15)	(•) (•)	(42) 13900
borsó	350	(5)	0,5 (14)	(20)	(•) (•)	(39) 13700
egyéb	1000	-	- -	-	- -	- -
össze- sen	3900	921	21	8	3	41 161400

(•): nincs adat

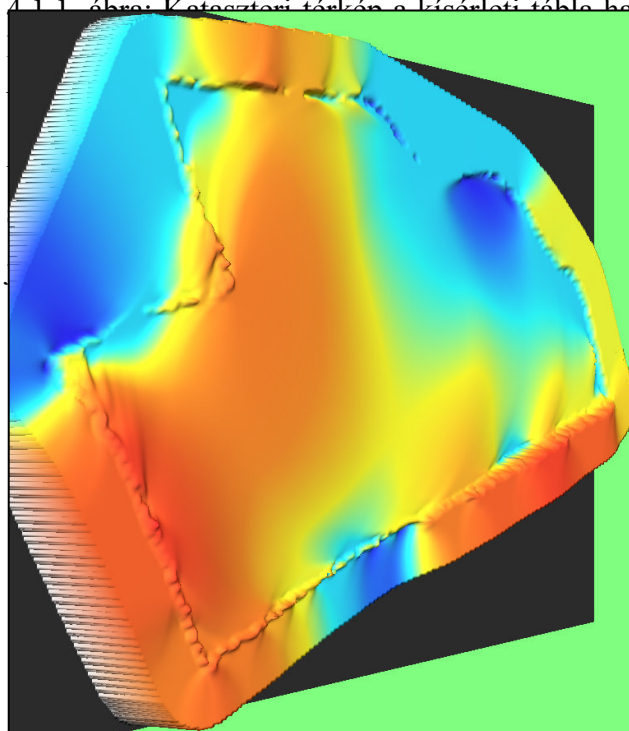
4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. KÍSÉRLETI TÁBLA ÉS A KÍSÉRLET KÖRÜLMÉNYEINEK AZ ISMERTETÉSE

A kísérleti terület Ács község mellett (Komárom- Esztergom megye) elhelyezkedő (4.1.1. ábra) 0419/18-27 hrsz-ú, 32,5 ha nagyságú, karbonátos réti csernozjom és mészlepedékes csernozjom talajtípusú tábla, a szántott réteg fizikai talajfélesége többnyire homokos vályog, kisebb részben homok (1. melléklet).

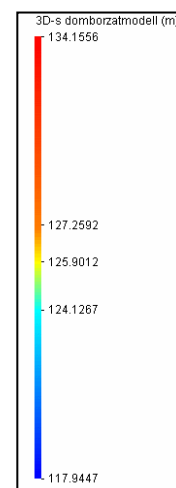


4.1.1. ábra: Katastrális térkép a kísérleti tábla határvonalával (Komáromi



of the experimental field
(professional)

én, táblán belül 10 m-es
modell (4.1.2. ábra) igen



4.1.2. ábra: Digitális domborzatmodell (MapInfo Vertical Mapper)
Figure 4.1.2. Digital relief-model (MapInfo Vertical Mapper)

A kísérletek 1999-ben és 2000-ben történtek. A vizsgált kultúra kukorica Dekalb 443 és Dekalb 391 hibrid (2. melléklet). A vetés időpontja 1999. 04. 23. és 2000. 04. 20-21., az alkalmazott tőszám 60.000, a kiszórt műtrágya 34%-os ammóniumnitrát.

A betakarításra 1999. 10. 26-27- én, és 2000. 10. 9-13- án került sor.

Az ácsi 1998/1999. és 1999/2000. évi, az 1971-2000 közötti 10-10 éves átlagos, valamint 30 éves átlagos csapadékadatokat az 4.1.1. táblázat tartalmazza. A táblázatban feltüntettem a kukorica tenyészidejében, illetve kritikus időszakában hullott csapadékmennyiségeket is.

4.1.1. táblázat. A kísérleti terület csapadékadatai 1971 és 2000 között, mm (Tata Meteorológiai Állomás)

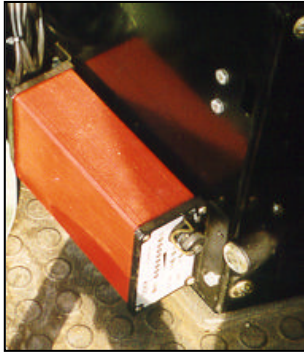
Table 4.1.1. Precipitation data of the experimental field between 1971 and 2000, mm (Weather Observatory Station, Tata)

Év	Hónap									
	10.- 03. téli félév	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.- 09. évi	04.-09. tenyészidő	07.15-08.15. kritikus időszak
1998-1999	222	39	35	167	86	85	12	646	424	26
1999-2000	295	36	23	13	91	23	27	507	212	48
1971-1980 átlag (10 év)	233	49	52	70	72	68	61	604	371	61
1981-1990 átlag (10 év)	236	39	83	77	31	64	47	576	341	53
1991-2000 átlag (10 év)	240	45	53	62	65	45	59	568	329	34
1971- 2000 átlag (30 év)	236	44	63	70	56	59	56	583	347	49

4.2. A HELYSPECIFIKUS HOZAMMÉRÉS ÉS TÉRKÉPEZÉS RENDSZERE ÉS MENETE

A betakarításra RDS terméshozam ellenőrző- és hozamtérképező rendszerrel felszerelt Claas Mega 204 típusú arató-cséplő géppel került sor.

Az RDS rendszer hardver/szoftver elemei:



4.2.1. ábra: Jupiter GPS vevő

Figure 4.2.1. Jupiter GPS receiver



4.2.2. ábra: Antenna

Figure 4.2.2. Antenna

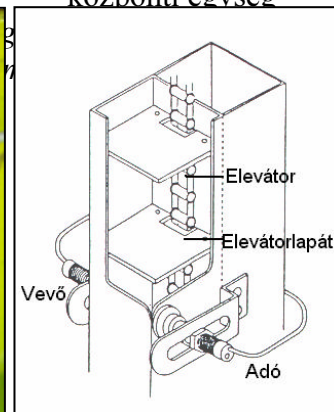


4.2.3. ábra

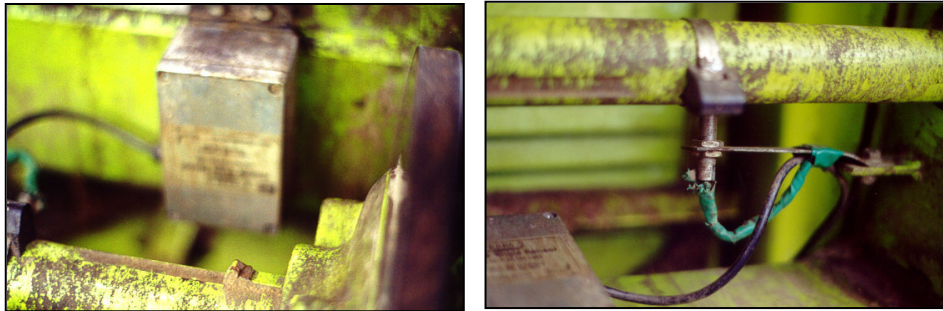
Hermes adatnaplózó-rögzítő



4.2.4.. ábra: Ceres-2
központi egység



4.2.5. és 4.2.6. ábra: Ceres-2 hozammérő és sematikus képe
Figure 4.2.5. and 4.2.6.: Ceres 2 yieldmeter and the structure of it



4.2.7. ábra: Dőlésszögérzékelő
Figure 4.2.7. Inclinometer

4.2.8. ábra: Sebességérzékelő
Figure 4.2.8. Speedometer



4.2.9. ábra: Nedvességtartalom érzékelő
Figure 4.2.9. Moisture sensor

Továbbá: Vágóasztal érzékelő,
- irodai számítógép
- RDS PF szoftver.

A kombájn dőlésmérő szenzora (4.2.7. ábra) a hajtott mellső tengelyre szerelendő. A nedvességmérő szenzor (4.2.9. ábra) egyszerűen felszerelhető a magtartály töltő csiga felső szélére, így bármely pillanatban leolvasható a betakarított termény nedvességtartalma.

Az aratás megkezdése előtt különböző beállításokat kell végezni a fedélzeti számítógépen. El kell végezni a:

- termény kijelölését,
- tárazást és próbaaratást, (4.2.10., 4.2.11., 4.2.12., 14.2.13. ábra) közben hl-súly és nedvességmérés ellenőrzését, hídmerlegen mért tömeg és a számítógép által kijelzett tömeg különbségének megállapítását, valamint az új kalibrációs érték betáplálását,



- termény hl-súlyának beírását, termény nedvességének beállítását,

4.2.10. ábra: Mintavétel
Figure 4.2.10. Sampling

4.2.11. ábra.: Hl-súly mérése
Figure 4.2.11. Measuring of the hl weight



4.2.12. és 4.2.13. ábra: Nedvesség mérés

Figure 4.2.12 and 4.2.13. Measuring of moisture content

Kalibrálás normál üzemenlési módban:

- aratási nedvességtartalom,
- nedvességtartalom korrekciós tényező,
- tárolási nedvességtartalom,
- a termény sűrűsége (hl-súly),
- szem-jellemző szám,
- beírását.

CAL1 üzemmódban elvégezhető kalibrálások:

- sebesség érzékelés tényezője,
- keresztirányú dőlés - kiegyenlítés tényezője,
- vágóasztal szélesség/rész szélesség állítás,
- a magfelvonó jelleggörbéje,
- adat naplózási módok,

- idő, dátum, nyelv.

CAL2 üzemmódban elvégezhető kalibrálások:

- folyamatos nedvességérzékelő alap kalibrálása
- igen nedves termények miatt a kalibrálás módosítása
- mértékegység - rendszer váltás (tonna/US burhel tömeg)
- hőmérséklet érzékelő kalibrálás

A fedélzeti számítógép előre kilenc terményre kalibrálható be: búza, árpa, zab, repce, len, borsó, bab és kukoricára, s egy tetszés szerint kiválasztott terményre. A terményekre vonatkozóan megadott hektoliter súly értékek és korrekciós faktorok előre programozottak. Természetesen ezek szükség szerint módosíthatók. A beérkezett adatokat összegezve a monitoron folyamatosan rendelkezésre állnak a különböző adatok: pillanatnyi és átlag hozamérték (t/ha), betakarított terület (ha/h), tábla hozamérték t/ha, összesen betakarított terület (ha), betakarított termény mennyisége (t).

Folyamatos kijelzés mellett az adatok bekerülnek a Hermes egységben elhelyezett mágneslemezre is, amelyről szoftver segítségével bármely másik számítógép képernyőjén megjeleníthetők az adott terület egyes területrészeinek hozamadatai.

A központi egység hangjelzéssel figyelmeztet a hibákra és nyugtázza a működtetés lépéseit, továbbá automatikusan biztosítja az adatok megőrzését a memóriában a tápfeszültség kikapcsolásakor is.

Igen sok tényező van, mely a hozamtérképezés pontatlanságának a forrása lehet. Így pl. a motolla egyenlőtlen működése, a menetirány rossz megválasztása, kerékcsapás, bekapcsolt termésmérővel a tarlón való

áthaladás, fordulás a táblasarkoknál, helytelen kalibrálás, ingadozó haladási sebesség.

Ha a szükséges beállításokat, kalibrálásokat elvégeztük a vezetőnek egész munkanapon keresztül következetesen kell üzemeltetnie a kombájnt. Rendszeresen ellenőriznie kell a hozammérőt és el kell távolítania az esetleges szennyeződések, szármadarványokat (különösen olajos magvaknál fontos). Ha a hozammérő lencséje elkopott azt ki kell cserélni. Csökkenti kell a keskeny fordulók számát. Úgy kell vezetnie, hogy a kombájnnal lehetőleg mindig azonos szélességben vágjon, ha a vágási szélesség megváltozik, azt be kell állítani a gépen. Fontos hogy fordulónál emelje fel a vágóasztalt az előre meghatározott magasságba a pontos területmérés érdekében. Fontos, hogy a vezető mindig azonos haladási sebességet tartson, mert a hirtelen sebességváltások hibát okozhatnak a hozammérésben. Kerülni kell a menet közbeni megállásokat, persze a lehetőségek szerint.

Az adatok rögzítése a Hermes adatnaplózó-rögzítőben elhelyezett floppy lemezre is végbemegy. A feldolgozás az irodai számítógép RDS PF programjával történik.

4.3. A TALAJMINTAVÉTEL MÓDJA

Az elvégzett kísérletek során az Agrocom rendszer ACT fedélzeti számítógépét (4.3.1. ábra) használtuk a talajmintavételhez.



4.3.1. ábra: ACT talajmintavevő rendszer
Figure 4.3.1. ACT soil-sampling system

A fedélzeti számítógép magában foglalja a GPS-vevőt és a terepi számítógépet, melyre a szükséges szoftvereket installálták fel, ezek a következők: ACT-Soil, ACT-Line. Az irodai számítógépre telepített AGRO-MAP Basic szoftverrel elkészített talajmintavételi tervet csipkártyára írtam. A kártyát behelyezve az ACT-be elvégezhető az adott mintavételi pontok GPS-szel történő felkeresése és a mintavételi pontok rögzítése. A megvett mintákat azonosítóval láttuk el, mely azonosító a mintavételi pont számával megegyező. A terepi munka után a kártyáról az adatokat az irodai számítógép szoftverébe importáltam és elkészítettem a talajinformációs térképeket.

1999-ben a területen négyzethálós mintavétel történt. Egy- egy mintavételi egység 100x100 m volt. A területről átlagmintákat vettünk. 21 részminta alkotott 1, 100X100 m -es egységet reprezentáló talajmintát.

A tábla határvonal-koordinátpontjainak a Map Info Professional programba való beillesztése után a programmal felosztottam a területet a részterületeknek megfelelően.

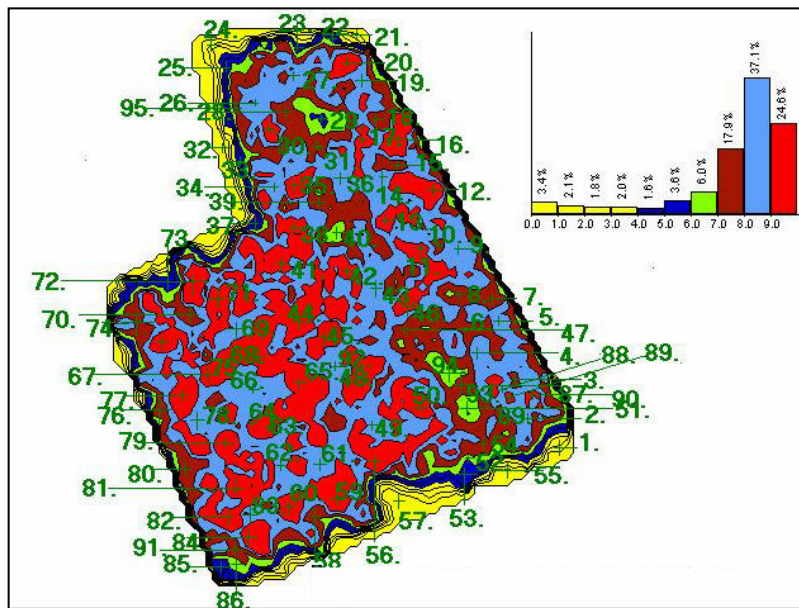
A laboratóriumi eredményeket a megfelelő területekhez hozzárendelve elkészítettem a talajinformációs térképeket (4. melléklet).

A 2000. kora tavaszi mintavételi pontok kijelölése és kitűzése az 1999. évi hozamtérkép alapján (4.3.2. ábra) történt az Agrocom/ACT rendszerrel.

A táblát az Agrocom rendszer ACT fedélzeti számítógépével jártuk körbe és rögzítettük a határvonal koordinátáit.

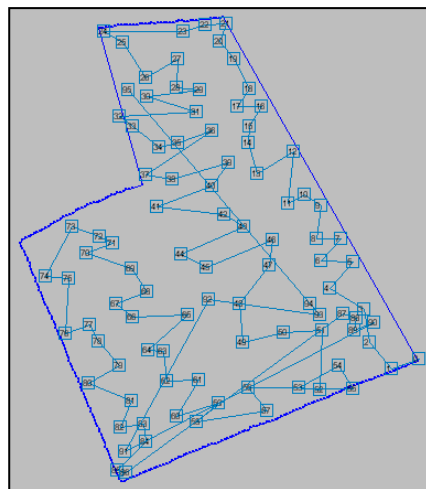
Ezután a mintavételi pontok koordinátáinak ismeretében elkészítettem az AGRO-MAP Basic programmal a pontmintavételi tervet (4.3.3. ábra), melyet megbízás írása után PCMCIA kártyára exportáltam.

A pontmintákat botfúróval vettük 25 cm mélységben 2000. 03. 9-10-én.



4.3.2. ábra: Kukorica hozamtérképe a mintavételi pontokkal (1999, Ács, 0419/18-27)

Figure 4.3.2. Yield map of maize with the sample points (1999, Ács, 0419/18-27 topographic number)



4.3.3. ábra: Pontmintavételi terv (1999, Ács, 0419/18-27 hrsz)

Figure 4.3.3. Point sampling plan (1999, Ács, 0419/18-27 topographic number)

4.4. AZ ALKALMAZOTT TALAJVIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A vizsgálatra kijelölt tábláról származó mintákon a következő elemzéseket végezték el a NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM Mezőgazdaságtudományi Karának (Mosonmagyaróvár) Központi laboratóriumában:

- Arany-féle kötöttségi szám megállapítása (AK)
- pH érték meghatározása 1:2,5 arányú szuszpenzióban nKCl-ban direkt potenciometriás módszerrel
- Humusztartalom meghatározása kolorimetriásan
- Kalcium karbonát tartalom meghatározása Scheibler módszerrel
- AL-oldható foszfor, illetve kálium tartalom meghatározás
- Mg tartalom meghatározása nKCl-os talajkivonatból
- Mn, Zn, Cu, Fe meghatározása EDTA-s talajkivonatból
- B _(forróvizes) meghatározás ICP-vel
- Összes só % meghatározás talajpépből vezetőképesség alapján konduktométerrel

(Buzás, 1993, Buzás, 1988, Koplonyi, 1962, Gerei, 1970, TVG, 1978)

4.5. A STATISZTIKAI ELEMZÉS MÓDSZEREI

Az adatok elemzésekor a szokásos alapstatisztikai jellemzők (átlag, szórás. stb.) megállapítása mellett *korrelációs számítást* és *egytényezős, véletlen elrendezésű variancia analízist* alkalmaztam.

A biometriai elemzések SPSS programmal készültek.

A 6. melléklet tartalmazza a 95 mintavételi ponthoz tartozó hozam (1999, 2000)-, talajtulajdonság-, magassági- értékeket, valamint a

koordinátpárokat. Az egyes mintavételi pontokhoz rendelt műtrágya hatóanyag értékeket a 9. melléklet tartalmazza.

Táblázatokba foglaltam a hozam, talajtulajdonság, N-hatóanyag és magassági értékeket, a következő módon (3.melléklet):

- Az 1999. évi kukorica hozamkategóriákhoz köthető talajtulajdonságok, magasság- és N adagok.
- A 2000. évi kukorica hozamkategóriákhoz köthető talajtulajdonságok, magasság- és N adagok.
- Az azonos N adagokhoz (2000) köthető hozam (1999 és 2000), magasság- és talajtulajdonságok.
- Az azonos Hu% értékekhez (2000) köthető hozam (1999 és 2000), magasság- és talajtulajdonságok.

4.6. AZ ALKALMAZOTT TRÁGYÁZÁSI SZAKTANÁCSADÁSI RENDSZER ISMERTETÉSE

A helyspecifikus műtrágyaadagok meghatározásához a MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetben (MTA TAKI) (Budapest) és az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetben (MTA MGKI) (Martonvásár) kifejlesztett környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer ajánlásait alkalmaztam.

A rendszert 32 növényfajra dolgozták ki. A rendszer a korábbinál kisebb műtrágya adagokat ajánl a gazdaságos szántóföldi növénytermesztéshez. A növény specifikus tápelem igényének harmonikus biztosítása alapvető feladat, ezért a tervezett mennyiség és minőség eléréséhez szükséges N-igény kielégítése elengedhetetlen, míg a foszfor és kálium esetében a közepes ellátottság elérése, ill. fenntartása lehet a reális célkitűzés. A maximális termékek helyett a legnagyobb nettó jövedelmeket biztosító termésszintet célszerű elérni.

2 változatot tartalmaz a rendszer. Az "A" változat célja, amit én is alkalmaztam a maximális gazdaságos termésszintek biztosítása a közepes talaj PK-ellátottság elérésével, ill. fenntartásával. A "B" változat mérsékelt intenzív műtrágyázással a maximális terméseket célozza meg. Ezért ezt a változatot vetőmagtermesztésben és minőségi búzatermesztésben javasolják.

A rendszer ajánlásai a hazai szabadföldi trágyázási kísérletek eredményeinek adatbázisán alapulnak, így a javasolt adagok valamennyi termésszinten harmonikus tápelem-ellátottságot, ezáltal a tápanyag-pótlásra fordítható pénzek ésszerűbb felhasználását teszik lehetővé.

A rendszer működése 5 évnél nem régebbi talajvizsgálati eredmények meglétét feltételezi.

Az 1 ha-ra javasolt nitrogén-, foszfor- és kálium hatóanyag mennyiséget (x) a modell a következő képlet szerint határozza meg:

$$x = (T \cdot F_t \cdot sz) \pm K, \text{ ahol}$$

T = tervezett termés, t/ha;

F_t = tervezett terméshez tartozó fajlagos tápelem-tartalom;

sz = ellátottsági kategóriától függő szorzószám;

K = korrekciós tag.

Az első lépés a tervezett termésszint megállapítása, majd ezután kikeressük a kiválasztott termésszinthez tartozó fajlagos tápelem-tartalom értékeit. A következőkben a tábla talajának N-, P- és K - tartalma alapján megállapítjuk, hogy igen gyenge, gyenge, közepes, jó, igen jó vagy túlzott ellátottságú-e a terület (Csathó, 1997). Ezt követően a fenti képlet segítségével kiszámítjuk az 1 ha-ra javasolt N-, P-, K- és mikroelem-műtrágya hatóanyag mennyiségét. Az utolsó lépés a műtrágyaigényt korrigáló tényezők (előző szerves trágyázás, pillangós elővetemény, melléktermék alászántás stb.) figyelembevétele (Csathó et al., 1998, 1998a).

A rendszer működéséhez szükséges adatok:

- Egyéni gazdálkodó, gazdálkodó szervezet neve, címe, telefon- illetve fax száma

- Tábla neve (kódja), területe
- Termesztendő növény
- Tervezett főtermés (t/ha)
- Termesztés módja (monokultúra, vetésváltás - csak kukoricánál)
- Talajtípus, mintavétel időpontja
- Talajtulajdonságok:
 - Kötöttség (K_A)
 - Humusz %
 - $\text{CaCO}_3\%$
 - pH_{KCl}
 - AL- P_2O_5 mg/kg
 - AL- K_2O_5 mg/kg
 - Mg_{KCl}
 - EDTA - Zn
 - EDTA - Cu
 - EDTA - Mn
 - B (forróvizes)
 - Összes só%

Módosító tényezők:

- Istállótrágyázás (3-4 éven belül)
 - Minősége (gyenge, közepes, jó)
 - Adagja, t/ha
 - Tartamhatása (1.,2.,3.,4. év)

- Hígrágyázás (2 éven belül)
 - Minősége (sovány, kövér)
 - Adagja, m³/ha
 - Tartamhatása (1-2 év)
- Évelő pillangós elővetemény (2 éven belül)
- Korábbi meszezés (6-10 éven belül)
 - Adagja, t/ha
 - Tartamhatása (1-10 év)
- Korábbi talajba juttatott cinktrágyázás (4-6 éven belül)
 - Adagja, kg/ha Zn
 - Tartamhatása (1-6 év)
- Elővetemény növényfajta
 - Elővetemény főtermésének mennyisége, t/ha
 - Elővetemény melléktermésének mennyisége, t/ha
 - Elővetemény melléktermésének sorsa (lekerült, elégették, alászántották)
 - Elővetemény betakarításának időpontja (szeptember 15. előtt-után)

A talajminták analízise után 1999-ben és 2000-ben is mind az innoziv MÉM NAK (1979) ("kék füzet") rendszer ajánlásait, mind a MTA TAKI - MTA MGKI környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer ajánlásait meghatároztuk.

4.7. AZ ADATOK TÉRINFORMATIKAI FELDOLGOZÁSA

A hozamtérképek elkészítéséhez az RDS PF szoftvert, a tápanyagellátottsági térképek, talajmintavételi terv és a műtrágyázási terv

elkészítéséhez az AGRO-MAP Basic v.3.0.- át használtam. Az adatok cseréje az RDS rendszerénél floppy-n, az Agrocom rendszerénél PCMCIA kártyán történt. Az 1999. évi mintavételi egységeket reprezentáló poligonokat, valamint az azokhoz tartozó attribútum adatokat MapInfo Professional v.6.0. programba exportáltam és készítettem el a tápanyagellátottsági valamint az 1999-es évben javasolt műtrágyázási térképeket.

A tábla digitális domborzatmodelljének (4.1.2. ábra) építéséhez a betakarítás során nyert RDS PF adatbázisából kapott koordinátaadatokat használtam fel, a modell a MapInfo Vertical Mapper programmal készült.

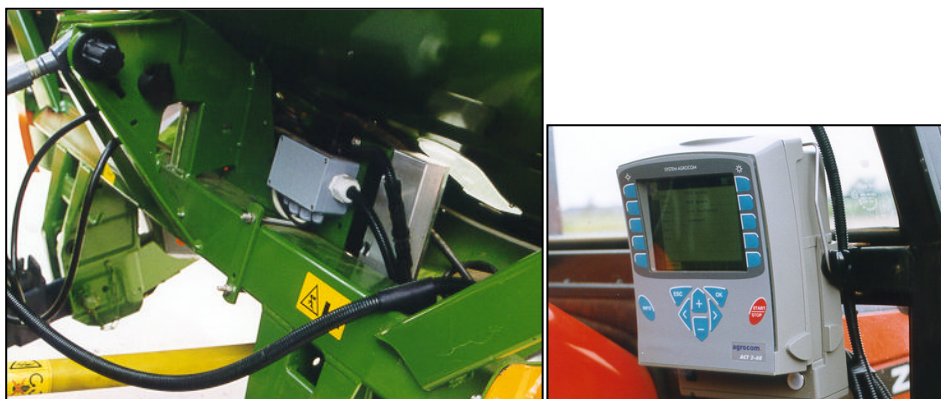
Összegyűjtöttem a vizsgált területre az:

1. 1:10.000 méretarányú üzemi genetikus talajtérképet a laboratóriumi adatokkal és szöveges magyarázókkal /Forrás: AGRÓRUM Kft., Ács/ (1.melléklet)
2. 1:10.000 méretarányú kataszteri térképet /Forrás:Komáromi Körzeti Földhivatal/ 1:4.000 méretarányú kataszteri térképet (4.1.1. ábra)
3. 1:4.000 méretarányú fekete-fehér légi fotót (5.5.2.ábra)
1:10.000 méretarányú fekete-fehér légi fotó, valamint ennek scannelt, digitalizált, állományát /Forrás: FÖMI ARCHÍVUM/
4. 1:10.000 méretarányú scannelt, digitalizált, topográfiai térképet /nyomat, domborzat, síkrajz/ (73-441 sz. szelvény) /Forrás: FÖLDMÉRÉSI ÉS TÁVÉRZÉKELESI INTÉZET, Budapest/ (5.5.3.ábra)

Az egységes térinformatikai adatbázis építéséhez az "ArcView alapú" AGRO-MAP Professional programot választottam.

4.8. HELYSPECIFIKUS MŰTRÁGYASZÓRÓ RENDSZER ISMERTETÉSE ÉS MŰKÖDÉSÉNEK LEÍRÁSA

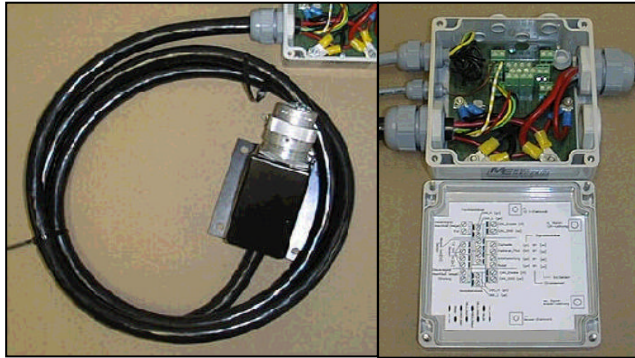
A helyspecifikus tápanyagpótláshoz a helyzetmeghatározó rendszer (DGPS) mellett szükség van egy olyan munkagépre, amely ezt a különleges szórástechnikát meg tudja valósítani. Ez megköveteli, hogy a műtrágyaszórón is legyen számítógép (job computer) (4.8.1. ábra), speciális számítógépes programmal, mely képes a fedélzeti számítógép (ACT) (4.3.1. és 4.8.1. ábra) által a központi kommunikációs egységen (LBS) át küldött üzenetek, utasítások fogadására.



4.8.1. ábra: "Job computer" a műtrágyaszórón és az ACT a traktoron
Figure 4.8.1. The job computer on the fertiliser distributor and the ACT unit on the tractor

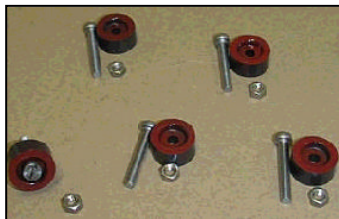
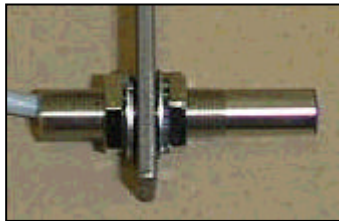
Az LBS-be (4.8.2. ábra) érkeznek az információk a fedélzeti számítógépből, a műtrágyaszóróból és a traktorra szerelt érzékelőkből (haladási sebesség (4.8.3. ábra), TLT fordulatszám (4.8.4. ábra)). A tápanyag kijuttatási rendszer tehát az erőgépből illetve annak fedélzeti

automatikájából, a műtrágyaszórógép szabályozójából valamint a műtrágyát kijuttató gépből áll.



4.8.2 ábra: LBS

Figure 4.8.2 LBS (central communication unit)



4.8.3. ábra: Sebesség érzékelő és a jeladó mágnesek
Figure 4.8.3. The speed sensor with the transmitter



4.8.4. ábra: Kardán tengely fordulatszám érzékelő
Figure 4.8.4.. The cardan-shaft rev sensor

Ezen kritériumoknak megfelel az általunk is alkalmazott *AMAZONE ZA-M MAX Tronic* típusú repítő tárcsás műtrágyaszóró gép (4.8.5. ábra), melynél a kijuttatott mennyiség szabályozása elektromos ikertolattyús rendszerrel történik.



4.8.5. ábra: ACT-AMAZONE precíziós
műtrágyaszóró rendszer
*Figure 4.8.5. ACT-AMAZONE precision
fertiliser distributor system*

4.8.6. ábra: Kalibrálás
Figure 4.8.6. Calibration

Ennél a gépnél a könnyebb átlapolhatóság és a pontosabb csatlakozás érdekében háromszög alakú keresztirányú szórásképet alakítottak ki, a hosszirányú szórásképet egyenletesebbé tétele érdekében pedig két eltérő hosszúságú szórólapátot alkalmaznak.

A műtrágyaszórás megkezdése előtt el kell végezni néhány beállítást. Így be kell állítani a 100 méterre-, illetve az egy kerékfordulatra eső impulzusszámot az SMGR szoftverben. Ezt követően bejelentkezik a ZUG_AM program és el kell végezni a rendszer kalibrálását (4.8.6. ábra). Ehhez be kell helyezni a PCMCIA kártyát az ACT egységbe, el

kell indítani az erőgépet, a teljesítményleadó-tengely fordulatszámát 540 1/min fordulatra kell állítani. A műtrágyaszóró gép bal oldalát nyitott, jobb oldalát zárt állapotba kell állítanunk. A próbaszórás során az egységnyi idő alatt kijuttatott műtrágya mennyiségét mérjük. A műtrágyaszóró Job computere kiszámítja a kalibrációs tényezőt, mely 0,7 és 1 közé kell, hogy essen.

Amennyiben ettől eltér, a kalibrálást meg kell ismételni. A folyamat körülbelül fél percet vesz igénybe. Ezt követően a műtrágyázási terv adatait chipkártya segítségével az ACT-be importáljuk és kiadjuk a műtrágyaszórási megbízást a szoftver segítségével. A műtrágyaszóró bejelentkező szoftverében el kell végezni a szükséges beállításokat és megkezdhető a műtrágyaszórás. Munkavégzés közben a ZUG_AM képernyőjén látható a terület képe, a haladási sebesség, a TLT-fordulatszám valamint a tartályban lévő műtrágya mennyisége. A rendszer figyelmezteti a felhasználót amennyiben nincs GPS-, vagy DGPS jel, vagy hiba van a chipkártyán, esetleg helytelenül van beállítva a TLT fordulatszáma vagy fel kell tölteni a műtrágya tartályt. A haladási sebességtől, illetve a TLT fordulatszámtól függetlenül (adott fordulatszám tartományon belül) juttatja ki a rendszer a beprogramozott műtrágya tömeget. A TLT fordulatszámának folyamatos mérése történik. A rendszer jelzi, ha a fordulatszám a megadott tartományon kívül esik. A program folyamatosan számolja a kijuttatott mennyiséget.

A műtrágyázási tervet a szaktanácsadó rendszer által nyert adatok alapján az AGRO-MAP Basic v. 3.0. programmal készítettem el.

34%-os ammóniumnitrát műtrágyát juttatunk ki a vizsgált területre.

Az AMAZONE-Agrocom precíziós műtrágyaszóró rendszer részei tehát a következők:

- az erőgép fedélzeti számítógépe (ACT) a hozzá kapcsolódó szoftverekkel:
 - LBS-vezérlő szoftver (SMGR).
 - Műtrágyaszóró munkagép-vezérlő szoftver (ZUG_AM).
 - ACT-SOIL.
- CAN BUS (digitálisan rögzített adatokat tud kimenetként az ACT-hez kapcsolni).
- LBS (központi kommunikációs egység) kimenet, a CAN BUS speciális kapcsolati formája, az ACT kimenő jeleit alakítja át.
- Szenzorok:
 - A kardántengelyen - fordulatszámérésre.
 - Kerékszenzor a haladási sebesség mérésére (radar-, vagy indukciós szenzor-, esetünkben az utóbbi).
- LBS egység és LBS csatlakozó a műtrágyaszóró gépen.
- A műtrágyaszóró Job computere

Az ACT-re telepített programokban történő beállítások és a műtrágyaszóró kalibrálása után elkezdhetjük a N-műtrágya helyspecifikus kijuttatását.

5. EREDMÉNYEK

5.1. HOZAMMÉRÉS

A kísérleti táblán a kukorica növény betakarítása 1999-ben október 26-27-én, illetve 2000 október 9-12-én történt (5.1.1. ábra).

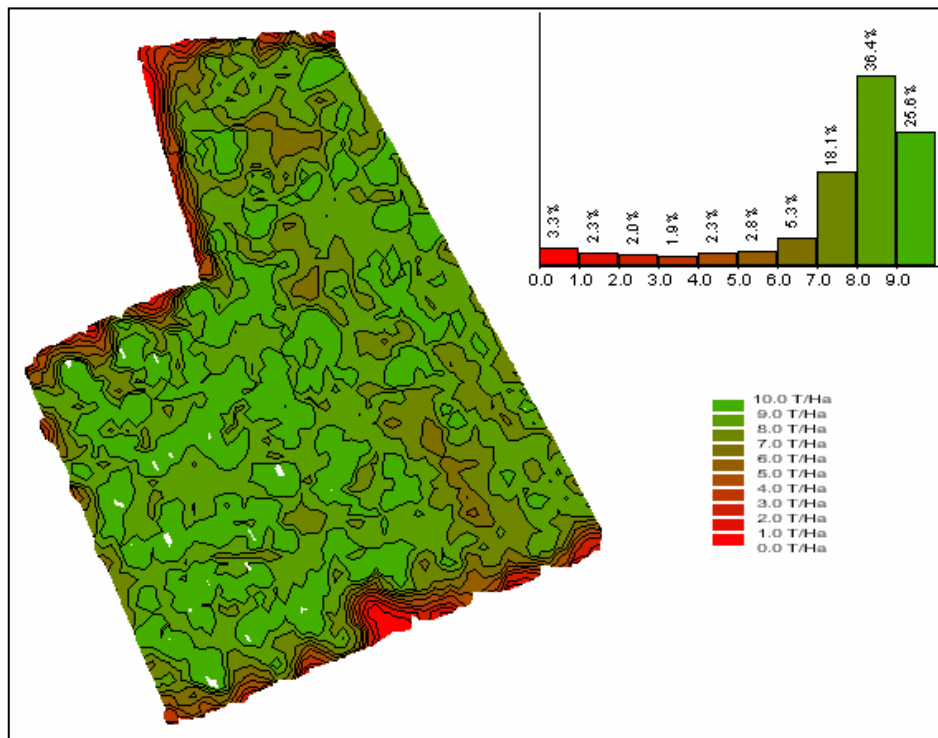


5.1.1. ábra: Kukorica növény helyspecifikus betakarítása az RDS hozammérő rendszerrel felszerelt Claas Mega 204 típusú arató-cséplő géppel Ács, 2000. 10. 9-12.

Figure 5.1.1. Site-specific harvesting of maize by means of a Claas Mega 204 combine harvester equipped with the RDS yield-monitoring system, Ács, 9-12.10 2000.

1999 az átlagosnál csapadékosabb, igazi "kukorica.év" volt, 2000 pedig száraz, májusban- júniusban hosszantartó aszályos periódusokkal (4.1.1. táblázat). A 2000. évi, a vártnál nagyobb termésszintek többek között a téli félév csapadékbőisége, illetve a kritikus időszakban hullott átlagos mennyiségű csapadék biztosíthatta.

Betakarítások során állandóan ellenőrző méréseket végeztünk a hl-súly, a nedvességtartalom és a tömeg esetében.



5.1.2. ábra: Kukorica növény hozamtérképe (Ács, 0419/18-27 hrsz.,1999. 10.26-27.)

Figure 5.1.2. Yield map of maize (Ács, 0419/18-27 topographic number, 26-27. 10. 1999.)

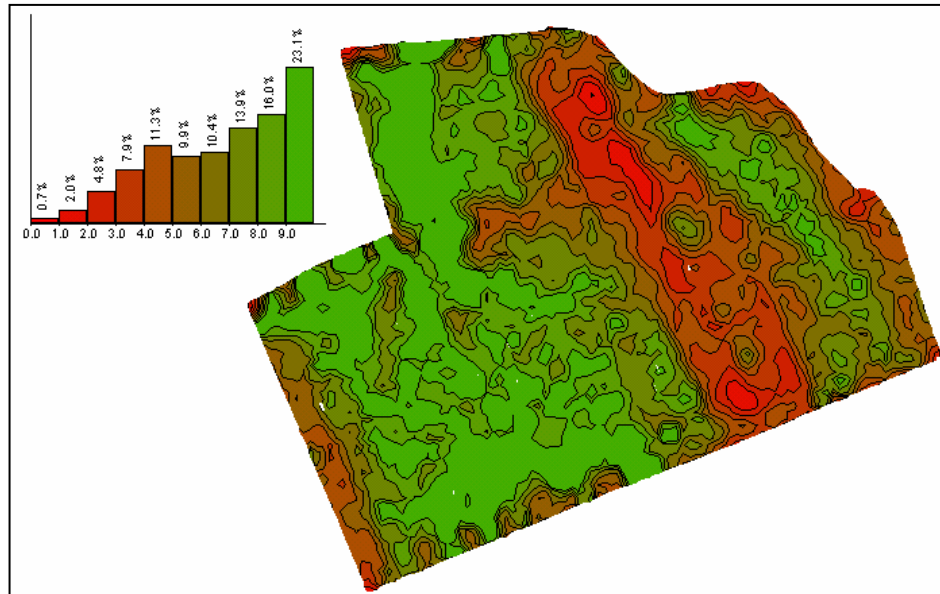
A összes nedves hozam 1999-ben 249,01 t/ha, az átlagos hozam: 7,68 t/ha, az átlagos nedvességtartalom: 15,01%, az átlagos hl-súly:72,09 kg/hl volt. A 5.1.2. ábrán feltüntettem a hozam eloszlás diagrammját is. Igen kis hozamokat kaptunk a tábla három oldalán, az alacsonyan fekvő részeken (5.1.2. ábra), mivel a nedves évben fellépő belvizesedés miatt ott az állomány jelentős része kipusztult.

Eltérések esetében elvégeztem a szükséges korrekciókat. A tömegben való eltérés elenyésző (0,1-3,6%) volt. Nyugodtan kijelenthetem, hogy a kapott térkép egy korrekt hozamtérkép (5.1.2. ábra).

A 2000. évi betakarítás során az össz nedves hozam és az átlagos hozam értékeit az RDS PF program hiányosságai miatt csak az 55 ha nagyságú táblára kaphattam meg, mivel a program nem képes a teljes területből kiszelektálni a precíziós műtrágyaszórásban is részesített 32,5 ha nagyságú területet. Ezen probléma megoldása feltétlenül szükséges. Az átlagos nedvességtartalom: 15,02 %, az átlagos hl-súly: 72,09 kg/hl volt. (5.1.3. ábra) A 95 mintavételi ponthoz tartozó hozameredmények statisztikai vizsgálata alapján az átlagos száraz hozam 7,66 t/ha volt.

A száraz, májusban és júniusban hosszantartó aszájos periódusok ellenére is meglepően magas szemtermés mennyiségeket takarítottunk be a kezelt 32,5 ha-os területen, amely többek között a jó vízgazdálkodási tulajdonságú vályog fizikai féleséggel, az átlagosnál nagyobb téli csapadékmennyiséggel, a jó minőségben elvégzett talajmunkákkal, az időben történt vetéssel, valamint a MTA TAKI - MTA MGKI trágyázási szaktanácsadási rendszer megfelelő ajánlásaival magyarázható. A 4.1.1. táblázatot szemlélve jól látszik, hogy a kedvezőtlen évjárat ellenére a kritikus időszakban a csapadék mennyisége (48,3 mm) jóval meghaladta az előző évi mennyiséget (26 mm), viszont a sokévi átlagnak megfelel. (30 év átlaga:49mm, 2000-ben:48,3 mm). A kedvezőtlen 2000. évjáratot részben ellenúlyozza a téli félév csapadékbőssége (295 mm). A tenyészidőszakban mért csapadék 2000-ben 212 mm, a 30 év átlagában: 346,62 mm, mely érték 134,82 mm-vel magasabb, annak csupán 2/3-a.

A 2000. évi hozamtérképet az 1999. évvel összevetve megállapítható, hogy a 2000. évi növényállomány sokkal homogénebb volt, ami részben a helyspecifikus nitrogén műtrágyázással is magyarázható.



5.1.3. ábra: Kukorica növény hozamtérképe (Ács, 0419/13-27 hrsz., 2000. 10.9-12.)

Figure 5.1.3. Yield map of maize (Ács, 0419/13-27 topographic number, 9-12 10. 2000.)

Természetesen nem elhanyagolható a két év időjárásában tapasztalt eltérések szerepe sem a növényállományra.

Az 1999. és a 2000. évi termésszint-kategóriákhoz tartozó talajtulajdonságokat, tengerszint feletti magasságot és javasolt N kg/ha adagokat az 5.1.1. és a 5.1.2. táblázat tartalmazza. 1999-ben a táblán belüli nagyobb termésszint-különbségek miatt öt, a kiegyenlítettebb 2000. évben három termésszint-kategória volt elkülöníthető, 2-2 t/ha intervallumokkal.

Az extrém nedves 1999-ben az alacsonyabb termésszintek a kötöttebb, egyúttal magasabb humusz-, mész-, és könnyen oldható P, K és Zn tartalmú területekhez volt köthető. A javasolt N adagok 110 és 140 kg/ha között változtak, az alacsonyabb értékek a nagyobb humusztartalmú, és ezért jobb N-szolgáltatású területekhez kötődtek. Itt

jegyzem meg, hogy az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) hálózatában a maximális gazdaságos terméshez kötődő N műtrágya adagok szintén nem haladták meg a 150 kg/ha-t (Debreczeni és Debreczeni 1994).

A termésszint, talaj tápelemtartalom és műtrágya adag közötti kapcsolat értelmezéséhez segítségünkre lehetnek a domborzati viszonyokat tükröző tengerszint feletti magasság adatok. Ismert tény, hogy nedves évben sokszor a táblán belül magasabban elhelyezkedő területek adnak nagyobb terméseket – feltéve, hogy azok nem erodált foltok –, míg száraz évben a tábla mélyebben fekvő részei lehetnek produktívabbak – ha nem szikfoltos területekről van szó.

Úgy tűnik, hogy az extrémén nedves 1999. évben a tengerszint feletti magasságnak – az időjárási viszonyokon keresztül – nagyobb hatása volt, mint a könnyen oldható tápelemtartalmakban meglevő különbségeknek, hiszen ebben az évben a mélyebb részekben víznyomásos foltok fordultak elő. 1999-ben a vizsgált tábla homogén kijuttatással egységesen 134 kg/ha N, 30 kg/ha P₂O₅ és 30 kg/ha K₂O trágyázásban részesült. A legnépesebb termésszint csoport a 8-9 t/ha termésszint kategóriájú csoport volt 1999-ben. A tábla átlagában a kukorica termésszintje 7.85 t/ha volt (5.4.1. táblázat).

5.1.1. táblázat. Az 1999. évi kukorica hozamkategóriákhoz köthető talajtulajdonságok, magasság- és N adag adatok (2-2 vagy 1-1 t/ha hozamkategóriákkal)

Table 5.1.1.: The soil properties, height- and N portion data in connection with the maize yield categories in 1999 (with 2-2 or 1-1 t/ha yield categories)

Hozam t/ha	n	KA	Hu %	CaCO ₃ %	AL- P ₂ O ₅ mg/kg	AL-K ₂ O mg/kg	EDTA-Zn mg/kg	Magasság m	Java- solt N kg/ha
0-2	3	45	3,65	13,7	342	248	1,8	123,8	107
2-4	3	41	3,22	6,0	496	206	1,6	123,2	118
4-6	9	41	3,03	11,7	472	203	1,3	124,3	128
6-8	25	40	2,63	8,5	306	163	1,4	127,0	140
8-10	55	39	2,66	7,9	268	153	1,4	126,3	138
Átlag	95	40	2,74	8,6	307	165	1,4	126,1	136

A csapadékos telet követően hosszabb aszályos periódusokkal jellemezhető 2000. évben – a helyspecifikus N trágyázás eredményeképpen is – kiegyenlítettebb termésszinteket kaptam a vizsgált táblán (5.1.2. táblázat). Ebben az évben az 1999-es hozamterkép alapján kora tavasszal a tábla 95 pontján vett talajminták analízis eredményeit felhasználva az MTA TAKI – MTA MGKI környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszerének ajánlásai szerint juttattuk ki a N műtrágya adagokat. A tábla

kiegyenlítettebb voltát jelezte az a tény is, hogy az 1999. évi öt termésszint-kategória helyett 2000-ben csupán három kategória fordult elő a vizsgált táblarészen. A száraz 2000. évben – ellentétben az előző évvel – a kötöttebb, nagyobb K_A értékekkel jellemezhető (5.2.2. ábra) táblarészekén kaptuk a nagyobb termésszinteket. Az egyes hozamkategóriákhoz tartozó átlagos talajtulajdonságok is kiegyenlítettebb képet mutattak 2000-ben, mint 1999-ben. Ennek megfelelően, az egy-egy termésszint-kategória átlagában kifejezett javasolt és kijuttatott N kg/ha adagok (5.3.1. ábra) kevésbé változtak, 130 és 140 kg/ha közöttieknek adódtak. Természetesen, az azonos termésszint kategórián belül az eltérő humusztartalmú területekre kijuttatott N adagok ennél jóval nagyobb eltéréseket mutattak, alátámasztva a helyspecifikus műtrágyázás indokolt voltát. A legnépesebb termésszint csoport a 9-10 t/ha termésszint kategóriájú csoport volt 2000-ben.

5.1.2. táblázat. A 2000. évi kukorica hozamkategóriákhoz köthető talajtulajdonságok, magasság- és N adag adatok (2-2 vagy 1-1 t/ha hozamkategóriákkal)

Table 5.2.2. : The soil properties, height- and N portion data in connection with the maize yield categories in 2000 (with 2-2 or 1-1 t/ha yield categories)

Hozam t/ha	n	K_A	Hu %	$CaCO_3$ %	AL- P_2O_5 mg/kg	AL- K_2O mg/kg	EDTA-Zn mg/kg	Magasság m	Java- solt N kg/ha
4-6	8	39	2,59	7,2	436	170	1,5	126,9	136
6-8	42	39	2,62	8,0	299	167	1,4	126,5	139
8-10	45	41	2,87	9,3	292	161	1,4	125,6	133
Átlag	95	40	2,74	8,6	307	165	1,4	126,1	136

A termésszint-kategóriák és a talajtulajdonságok, valamint a tengerszint feletti magasság közötti összefüggéseket egyutas (Oneway) variancia-analízissel is meghatároztam (5.1.3. táblázat). A módszer lehetőséget ad – mint esetemben is – az egyes csoportokon belüli eltérő „ismétlésszámú” adathalmaz értékelésére is. 1999-ben az összefüggések sokkal szorosabbak voltak, mint 2000-ben. Ezek az adatok is megerősítik, hogy 2000-ben – a helyspecifikus műtrágyázás eredményeképpen is – kiegyenlítettebb hozamokat kaptunk a vizsgált táblán, mint 1999-ben.

5.1.3. táblázat. Az 1999. és 2000. évi kukorica hozamkategóriákhoz köthető talajtulajdonságok, magasság- és N adag adatok összefüggéseinek szorossága

Table 5.1.3.: The tightness of correspondence between the soil properties, height- and N portion data in connection with the maize yield categories in 1999 and 2000

	terméskategória 1999-ben	terméskategória 2000-ben
KA	**	*
Humusz%	**	+
AL-P2O5 ppm	***	*
AL-K2O ppm	***	-
magasság	***	*
CaCO ₃ %	-	-
pH(KCl)	-	-
Mg (KCl) ppm	+	-
EDTA.-Zn ppm	-	-
EDTA-Cu ppm	-	-
EDTA-Mn ppm	-	-
Bor (forróvizes) ppm	*	-
Összes só%	-	-

Szignifikanciaszint: +: 10% *: 5% **: 1%
***:0,1%

Szemestermények hozammérésekor a nedvességtartalom mérés pontosítása a feladat illetve a gyors kalibrálás biztosítása. (A gyakorlatban nincs idő hosszabb ideig tartó beállításokra.) Szükségesnek tartanám a felhasználóbarátabb állítási lehetőségeket, hogy előképzettség nélkül is bármely betakarítógép vezető könnyedén elvégezhesse azt. További feladat az egyéb termények (pl. szálaskarmányok) hozammérésének módszereit kidolgozni.

Az RDS rendszerrel való mérések során a területmérés illetve a helymeghatározás gyakorlatilag pontosnak tekinthető. A rendszer egyik kritikus pontja a folyamatos nedvesség meghatározás. Ezen területen gabonánál is eltérések adódtak (2-4%), olajos magvaknál pedig jelentős

különbség volt az általunk illetve a műszer által mért értékek között (10-20%)

A nem teljes vágóasztal szélességben történő vágás ugyancsak hibaforrás. Bár van lehetősége a vezetőnek ilyenkor beavatkozni, de ez a művelet részben szubjektív hibáktól terhes, másrészt nem mindig van az átállításra idő, hiszen egyéb műveletekkel, pl. ürítéssel kell foglalkozni.

Hibaforrásként jelentkezhethet az is, hogy a termény áthaladási idejét a betakarítógépen meg kell adnunk, hiszen a helyzet meghatározó ennek alapján pozicionálja a mért hozamot. Ez az idő azonban a dobfordulatszámától, a terheléstől, a szem-szalma aránytól, illetve a fajtól, de a fajtától illetve a hibridtől is függhet. A haladási sebességtől függően 1-2 -s-es eltérés 2-5 m-es hibát is okozhat.

A vágóasztal leeresztésekor és az állományba bemenéskor következetes vezetési technikát szükséges alkalmazni (mindig közel ugyanannyi ideig tartson) fel kell emelni a vágóasztalt az előre meghatározott magasságba, mert így az adatgyűjtés a fordulóban szünetel. Mindig azonos haladási sebességet tartson a gép, a hirtelen sebességváltások hibát okozhatnak a hozamtérképen. Amennyiben lehetséges, a menetközbeni megállásokat/indulásokat kerülni kell.

A vágás kezdetétől a magtartályba jutásig eltelt idő 10s, ami a CAL1-ben beállítottak megfelelő, viszont a vágás befejezése után 13-15 s időtartam után szűnik meg a kijelzés.

Erősen gyomos területen a számítógép kijelzőjén akár 40%-os nedvességtartalom is megfigyelhető volt, utána 2-3 perc elteltével tapasztalhattunk értékelhető, reális értékeket. Ez torzításhoz vezethet.

A vágás kezdete után a nedvességmérő 10 s-on keresztül 0%-ot jelez, majd irreálisan alacsony értéket, majd lassan emelkedik, 22-25 s után éri el a valós értéket, tehát rövid soron ez idő alatt a gép éppen végig is ér. Ilyen esetekben nyilván a gép végez korrekciót, azonban rövid sorok esetében túl sok lehet a korrekció.

Betakarítás során a sebsségméréssel adódtak problémák, melyeket a vágóasztal helyzetérzékelőjének meghibásodása vagy a sebességérzékelő sérülése okozott. A probléma a helyszínen javítható volt

5.2. TALAJMINTAVÉTEL ÉS EREDMÉNYEI

Az 1999. évi 100x100 m-es hálós talajmintavétel alapján elkészített intenzív MÉM NAK (1979) ("kék füzet") rendszer, valamint a MTA TAKI - MTA MGKI környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer N hatóanyag ajánlásainak összehasonlítását a 5.2.1. táblázatban közlöm. Az ajánlást három- három módon számítottam ki mindkét rendszerre: 1) a 25 mintavételi egységre egyenként kiszámított ajánlásokra, majd azok számtani átlagát képeztem; 2) a talaj tápanyag tartalmak számtani átlagára, azaz a tábla átlagos tápanyagtartalmára és 3) a kiugró értékek kihagyásával számolt korrigált átlagra, szintén az egész táblára vonatkozó, átlagos tápanyag-tartalomra. A tervezett termésszint minden esetben 10 t/ha kukorica szemtermés volt. Ugyanezekkel a módszerekkel kiszámítottam az ajánlásokat 7,5 és 5 t/ha-os szemtermésre is (5. melléklet) valamint közöltem az egyes egységek N-, P- és K-ellátottsági szintjeit.

A talajminták elemzése (4. melléklet) után elkészített tápanyagellátottsági térképek jól mutatják a tábla termékenységet meghatározó tulajdonságok heterogenitását.

A gazdálkodó 1999-ben egységesen 134 kg/ha nitrogén hatóanyagot juttatott ki a táblára. Ez az érték a MÉM-NAK ("kék füzet") és a környezetkímélő MTA TAKI - MTA MGKI szaktanácsadói módszer ajánlásai közé esik. A gazdálkodó célja és a mi szemléletünk egybe esett a tekintetben, hogy inkább a környezetkímélő és költségtakarékosabb modellt válasszuk. Így a következő évben már az MTA TAKI - MTA MGKI- ben kifejlesztett gazdaságos szaktanácsadói módszer ajánlásait alkalmaztuk

5.2.1. táblázat: Az intenzív-MÉM-NAK (1979) ("kék füzet") rendszer, valamint a környezetkímélő és a gazdaságos MTA TAKI- MTA-MGKI (1998) szaktanácsadási rendszer nitrogén hatóanyag, kg/ha ajánlásainak összehasonlítása 1999-ben.

Table 5.2.1. Comparison of the amount of nitrogen agent (kg/ha) suggested by the intensive MÉM-NAK (1979) ("blue pamphlet") and the MTA TAKI - MTA MGKI (1998) environment friendly and economic advisory systems for 1999

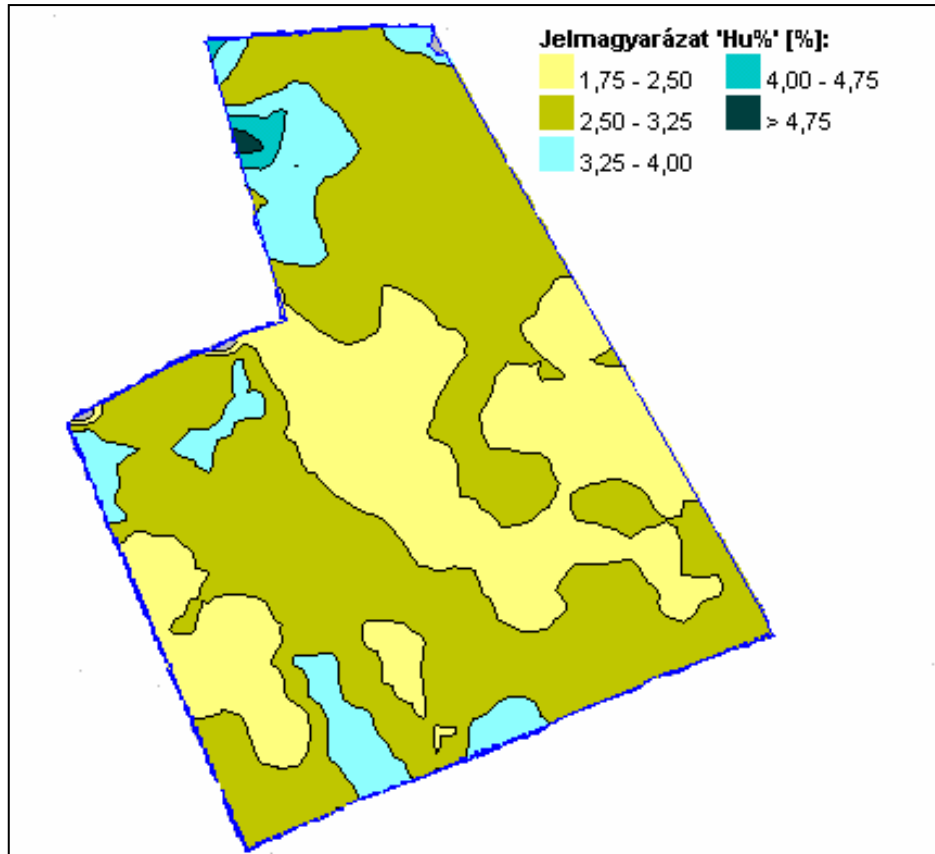
A SZÁMÍTÁS MÓDJA	MÉM-NAK	MTA-TAKI/MTA-MGKI gazd.	MTA-TAKI/MTA-MGKI max., körny. k.
25 adag ajánlás átlaga	212	108,04	138,28
25 talajvizsgálat számtani átlagára	200	82	113
25 talajvizsgálat korrigált átlagára	200	113	143

A 2000. évi talajmintavétel eredményeit szintén elkészítettem térképi formában (5.2.1., 5.2.2. ábra és 8. melléklet), melyek a tábla termékenységet meghatározó tulajdonságok heterogenitását jól szemléltetik.

Az elemzési eredményeket (6. melléklet), illetve a szükséges táblatorzskönyvi adatokat (7. melléklet) a modellbe inportálva elkészítettem a szaktanácsadást az MTA TAKI - MTA MGKI ajánlásai szerint. Továbbá elkészítettem a szaktanácsadást az elemzési eredmények

számtani és korrigált számtani átlagára is, valamint a MÉM-NAK ajánlásait ugyan így az átlagokra. (5.2.2. táblázat és 9 melléklet).

Az alkalmazott kijuttatási terv N-hatóanyag értékeinek átlaga (132,126 kg/ha) közel megegyezik a 95 pont tápanyagellátottsági értékeinek



korrigált átlagából az MTA TAKI-MGKI gazdaságos modellel számított hatóanyagértékkel (138 kg/ha), ami azt támasztja alá, hogy ha ezt a mennyiséget táblán belül homogénen juttatjuk ki, bizonyos területek alul, más területek felülkezelésben részesülnek és a táblának csak egy kis hányada részesül mind a növénynek, mind a talajtulajdonságoknak megfelelő tápanyagvisszapótlásban.

5.2.1. ábra: Hu% térkép (0419/18-27 hrsz., 2000, AGRO-MAP Basic)

Figure 5.2.1. Map of humus content in percent

5.2.2. táblázat: A MÉM-NAK és az MTA-TAKI MTA- MGKI szaktanácsadási módszerrel a talajmintavételi eredmények átlagaiból számolt nitrogén hatóanyag értékek 10 t/ha-os terméshez

Table 5.2.2. Values of nitrogen agent calculated from the average of the soil sampling results by means of the MÉM - NAK and MTA TAKI -MTA MGKI for a yield of 10 t/ha

Átlag	MÉM-NAK	MTA TAKI - MTA MGKI (gazdaságos)
Számtani átlag	120	107
Korrigált átlag	200	138

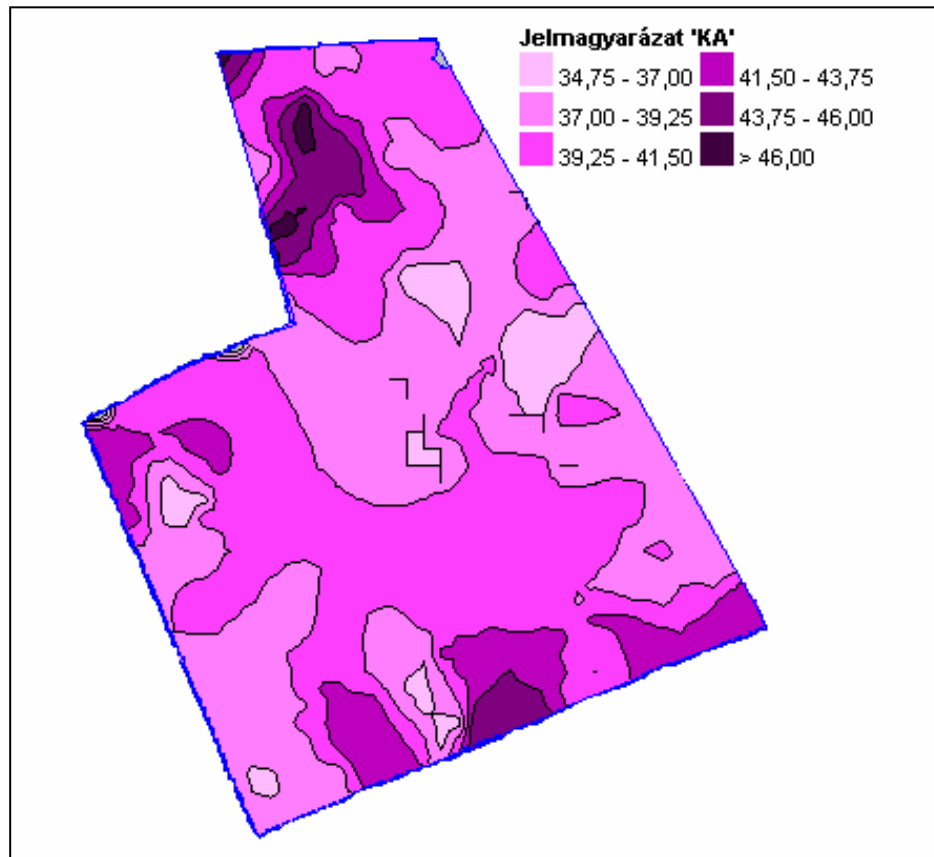
Megjegyzés:A 95 mintavételi pontra számított N-hatóanyag értékekből képzett átlag: 136.126 kg/ha (9.melléklet)

Note: The calculated average of the amount of the suggested nitrogen agent for the 95 sample points: 136.126 kg/ha (9. appendix)

Az eredményeket összevetve jó látszik, hogy az MTA TAKI -MTA MGKI gazdaságos modell által javasolt műtrágyadózisok jobban megfelelnek a környezetkímélő és költségtakarékos növénytermesztési technológia elveinek, mint a MÉM-NAK ("kék füzet"), akár a számtani, akár a korrigált átlagértékekből számolunk. A számtani átlagból való

számítások során a kiugró értékek éppen a precíziós gazdálkodás létjogosultságát támasztják alá, mivel az átlagtól nagymértékben eltérő értékek kihagyásával kapott korrigált átlagok figyelembevételével éppen a táblán belüli heterogenitást hagyjuk figyelmen kívül.

Az 5.2.1. és 5.2.2. ábrán az Arany- féle kötöttség (K_A) és a százalékos humusztartalom táblán belüli eloszlásának térképes ábrázolását mutatom be. A táblán belül az Arany- féle kötöttség 35 (homokos vályog) és 47 (agyagos vályog) között változott. A tábla nagyobb részén jó vízgazdálkodású vályog fizikai féleséget határoztam meg. A kötöttebb részek a tábla szélein helyezkednek el. A táblán a humusztartalom 1,5 és 5,1 % között változott. Nagyobb humuszkoncentrációkat a magasabb Arany- féle kötöttségű területeken és az alacsonyabban fekvő részekben állapítottam meg, statisztikailag is igazolt a korreláció. (5.4.2/a.,5.4.2/b.,5.4.2/c.táblázat).



5.2.2. ábra: Kötöttség térkép(0419/18-27 hrsz., 2000, AGRO-MAP Basic)

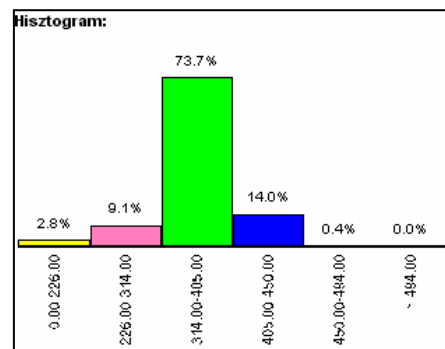
Figure 5.2.2. Soilx map (0419/18-27 topographic number, 2000, AGRO-MAP Basic)

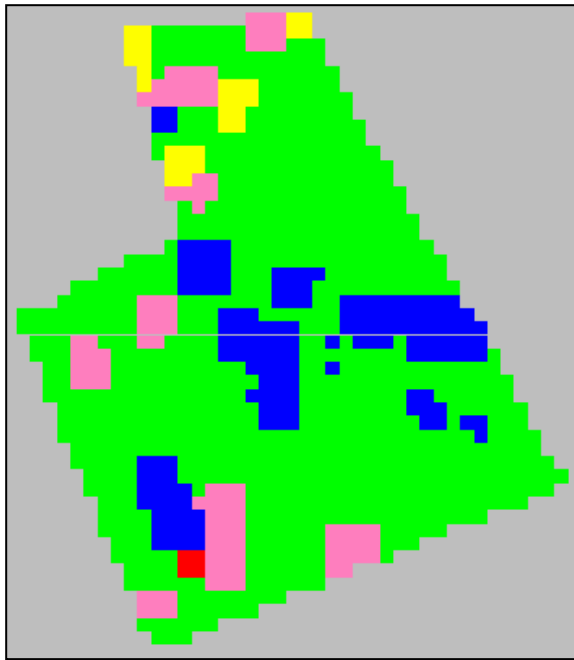
Az egyes talajtulajdonságok, ill. a tengerszint feletti magasság közötti összefüggéseket páros lineáris regresszió számítással értékeltük (5.4.2. táblázat). Szoros pozitív korrelációt tapasztaltunk a humusztartalom és az Arany-féle kötöttségi szám (K_A) között. Ez az összefüggés a hazai N-trágyázási tartamkísérletek adatbázisán is kimutatható volt korábban (Németh, Csathó és Anton, 1997). A magasság és a kötöttség, ill. a magasság és a humusztartalom ugyanakkor negatív összefüggést mutatott, jelezve, hogy a kötöttebb, humuszosabb részek a tábla mélyebben fekvő területein helyezkedtek el. A talaj- és domborzati viszonyok ismerete segítségével lehet a táblán belüli termésszintváltozások okainak kiderítésében, a helyspecifikus műtrágyázási gyakorlat megvalósításában.

A 2000. évi talajmintavétel során 95 mintavételi ponthoz kellett navigálnunk. Nehézségek adódtak a kijelölt talajmintavételi pontok felkeresésekor. A GPS-es navigáció során az ATC egység jelzései nem voltak egyértelműek, viszonylag sok pont megtalálása kellett a kiismeréséhez. Ez arra utal, hogy eddig inkább csak kísérleti körülmények között alkalmazták, nem pedig valódi szántóföldi munka során, illetve úgynevezett mintafarmokon, ahol a tulajdonos szoros kapcsolatot tart fent a rendszer készítőivel.

5.3. HELYSPECIFIKUS MŰTRÁGYASZÓRÁS

A műtrágyázási tervet (5.3.1. ábra) a szaktanácsadó rendszer által nyert adatok alapján az AGRO-MAP Basic v.3.0. programmal készítettem el.





5.3.1. ábra: N-műtrágyázási terv (34%-os ammóniumnitrát, 0419/18-27 hrsz., 2000)

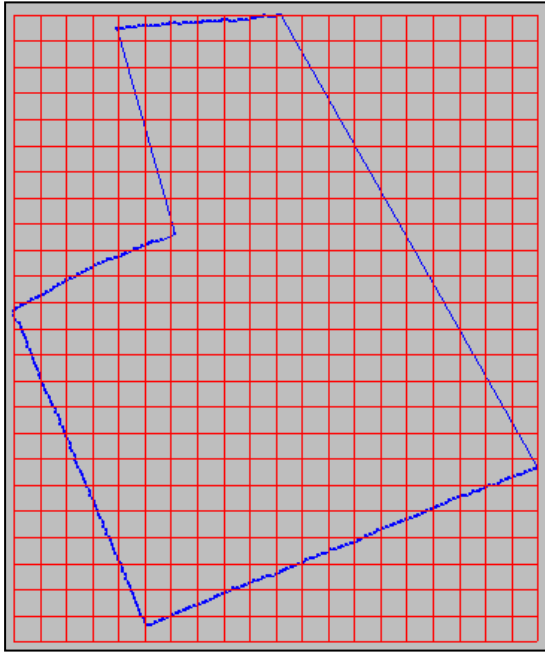
Figure 5.3.1. N-fertiliser application plan (ammonium-nitrate 34%, 0419/18-27 topographic number, 2000)

Jó láthatóak a táblán belüli eltérő N- igények. Mint a hisztogramm is jelzi, legnagyobb gyakorisággal 314 és 405 és kg/ha 34%-os ammóniumnitrát adagok kijuttatását javasolta a modell. Ezek az adagok általában vályog fizikai féleségen közepes N-ellátottságot jelző humusztartalmat és 10 t/ha tervezett termésszintet feltételeznek. A jó N-ellátottságú agyagos vályog területekre ennél kisebb, a gyenge N-szolgáltató képességű homokos vályog foltokra pedig nagyobb N ajánlásokat tettünk. Tekintettel arra, hogy a szaktanácsadó modell a területre átlagosan 1 kg/ha P₂O₅-ot, 20 kg/ha K₂O-t, 12 kg/ha Mg-ot, 1.3 kg/ha Zn -et (lombtrágyaként) javasol hatóanyagban kifejezve ezek

kijuttatásától eltekintettünk, mivel egyenlőre a rendszer még nem alkalmas eltérő hatóanyagösszetételű műtrágya helyspecifikus szórására. Ezek kijuttatását csak külön menetben lehetett volna megoldani, ami jelentősen megnövelte volna a talajtömörödést és a ráfordítási költségeket.

A kísérlet fontos tapasztalatokkal szolgált. Bebizonyította, hogy - Magyarországon először - a helyspecifikus tápanyag- kijuttatás elmélete napjainkban már a gyakorlatban is használható, működőképes rendszer. Működőképes, ám még nem kiforrott. Ezt jelzik a következő üzemeltetési megfigyelések:

- Térkép készítésekor a területre fektethető rács nem elforgatható (5.3.2. ábra), így a rácsot alkotó vonalak nem tehetők párhuzamossá a tábla határvonalaival, ezért az illeszkedés nem tökéletes.
- A műtrágyázási tervben (5.3.1. ábra) csak diszkrét értékeket lehet megadni, nincs lehetőség a szomszédos pontok interpolálására, ezért a kijuttatásra kerülő adagok között hirtelen váltás történik, nincs átmenet.



5.3.2. ábra: Művelő rács (AGRO-MAP Basic)
Figure 5.3.2. Management grid (AGRO-MAP)



5.3.3. ábra: A 18 méterenként kihelyezett karók a kísérleti táblán (2000)
Figure 5.3.3. Sticks in each 18m in the experimental field (2000)

- A traktor vezetőfülkéjében elhelyezett ACT egység jelezte a traktor helyzetét szórás közben, de nem jelezte a kitűzött haladási irányt, annak ellenére, hogy a szórásszélességet a munka megkezdése előtt be kellett táplálni. Ezért 18 méterenként kihelyezett karókkal (5.3.3. ábra) kellett jelezni a szórando sávokat. Ez azonban nem csak többletmunkát, de a mikrodomborzat miatt nehézséget is okozott. A tábla és a gép helyének, valamint a munkaszélesség ismeretében lényegében valamennyi információ rendelkezésre áll ahhoz, hogy az ATC képernyőjén a szórási szélességnek megfelelő sávot ki lehessen jelölni. Valószínűleg ez esetben is a felhasználói szintű tapasztalatok hiányáról van szó. Amíg ezen probléma megoldatlan marad, addig megkérdőjelezheti a rendszer gyakorlati alkalmazhatóságát.
- Szintén problémát jelent, hogy a már beszórt területet nem jelzi a műszer, így fennállhat annak veszélye, hogy többszörösen kerül műtrágya kijuttatásra egy bizonyos területre, illetve az egymás utáni szórások átfedik egymást. Ezen probléma abban az esetben átmenetileg megoldható, ha már kikelt növényállományra juttatunk ki fejtrágyát, hiszen így a művelőút egyértelműen jelzi a haladási útvonalat.

5.4. BIOMETRIAI ELEMZÉSEK EREDMÉNYEI

Az egyes talajtulajdonságok közötti, ill. a talajtulajdonságok és a magasság értékek közötti összefüggéseket leíró *korrelációs mátrixot lineáris regresszió számítással* határoztam meg.

Az 1999-es, ill. 2000-es termésszint-kategóriák és a talajtulajdonságok, valamint magasság értékek kapcsolatát *ONEWAY (egyutas) variancia-*

analízissal írtam le. A módszer lehetővé teszi eltérő ismétlés-szám alkalmazását is.

A 5.4.1. táblázat a szokásos alapstatisztikai jellemzőket mutatja.

5.4.1. táblázat: Alapstatisztikai jellemzők.

Table 5.4.1. Basic statistic factors

	ÁTLAG	SZÓRÁS	MIN.	MAX.
KA	39,8211	2,5390	35	47
Hu%	2,7358	0,5279	1.6	5
AL-P2O5 ppm	307,0211	154,4259	99	790
AL-K2O ppm	164,766	50,7220	78	580
pH (KCl)	7,5211	0,1373	7,22	8,00
CaCO3%	8,5726	5,9293	0,800	26,00
B (foróvízes) ppm	0,470	0,149	0,240	0,785
Össze só%	0,48	0,21	0,20	0,86
Mg (KCl) ppm	134,105	147,482	19,00	703,00
EDTA-Zn ppm	1,433	0,315	0,800	2,100
EDTA-Cu ppm	1,888	0,490	0,950	3,150
EDTA-Mn ppm	41,676	20,726	14,500	110,500
Hozam/99	7,85	2,04	0	10
Hozam/2000	7,66	1,38	4	10
Magasság	126,1034	1,8359	121.751	130.814

A talajvizsgálati és a hozam adatok elemzéséből megállapítottam, hogy a vizsgálatra kijelölt táblán a vizsgált talajjellemzők többsége nagyfokú variabilitást mutat (5.4.1. táblázat és 13. melléklet).

A vizsgált talajtulajdonságok korrelációjának elemzéséből megállapítottam, hogy az K_A , Hu%, Al-K₂O ppm, Al-P₂O₅ ppm és a magasság, között szignifikáns korreláció van. Az K_A és a Hu% szignifikáns negatív korrelációt mutatnak a tengerszint feletti magassággal. Ennek alapján az alacsonyabban fekvő talajfoltokon

várhatóan humuszosabb talajokat találunk, mint a magasabban fekvő részekben.

A termésre ható változók egymás közti összefüggéseit a korrelációs mátrix mutatja (ami lineáris összefüggést feltételez) (5.4.2./a, 5.4.2/b és 5.4.2/c. táblázat), a szignifikáns párokra rajzok is készültek (11.melléklet).

5.4.2./a, 5.4.2./b, 5.4.2/c. táblázat: Korrelációs mátrix (Megj.: AL-K₂O egy adata kiugróan nagy, ezért kimaradt a számításból.)

Table 5.4.2./a, 5.4.2./b and 5.4.2./c. Correlation matrix (Note: one of the AL-K₂O data is an extremely high value, therefore it was not taken into account during the calculation)

Korreláció	KA	Hu%	AL-P2O5 ppm	AL-K2O ppm	Magasság
KA	1,0000	0,7073***	0,0887	0,2850**	-0,4601***
Hu%	0,7073***	1,0000	0,3868***	0,5161***	-0,4336***
AL-P2O5 ppm	0,0887	0,3868***	1,0000	0,6362***	-1,454
AL-K2O ppm	0,2850**	0,5161***	0,6362***	1,0000	-0,2371*
Magasság	-0,4601***	-0,4336***	-0,1454	-0,2371*	1,0000
CaCO ₃ %	0,4636**	0,2749**	0,2852**	0,1929+	-0,2008+
pH(KCl)	0,4871***	0,3808***	0,2034*	0,2091*	-0,2313*
Mg(KCl) ppm	0,6903***	0,6628***	0,1690	0,2904**	-0,3304**
EDTA-Zn ppm	0,2436*	0,4401***	0,4669***	0,5501***	-0,0693
EDTA-Cu ppm	-0,4219***	-0,1338	0,1016	-0,0303	0,1943+
EDTA-Mn ppm	-0,0696	0,1068	0,0337	-0,0285	--0,0500
Korreláció	KA	Hu%	AL-P2O5 ppm	AL-K2O ppm	Magasság
B (forróv) ppm	0,2478*	0,2728**	0,0759	0,1959+	-0,4412***
Összes só %	-0,4321***	-0,4605***	-0,0554	-0,1564	0,4429***

5.4.2/a,

Korreláció	CaCO ₃ %	pH(KCl)	Mg (KCl)ppm	EDTA-Zn ppm	EDTA-Cu ppm
------------	---------------------	---------	----------------	----------------	----------------

KA	0,4636***	0,4871***	0,6903***	0,2436*	-0,4219***
Hu%	0,2749**	0,3808***	0,6628***	0,4401***	-0,1338
AL-P2O5 ppm	0,2852**	0,2034*	0,1690	0,4669***	0,1016
AL-K2O ppm	0,1929+	0,2091*	0,2904**	0,5501***	--0,0303
Magasság	-0,2008+	-0,2313*	-0,3304**	-0,0693	0,1943+
CaCO₃ %	1,0000	0,7738***	0,5895***	0,0366	-0,5575***
pH(KCl)	0,7738***	1,0000	0,7331***	-0,0824	-0,6195***
Mg(KCl) ppm	0,5895***	0,7331***	1,0000	0,1333	-0,4265***
EDTA-Zn ppm	0,0366	-0,2824	0,1333	1,0000	0,3997***
EDTA-Cu ppm	-0,5575***	-0,6195***	-0,4265***	0,3997***	1,0000
EDTA-Mn ppm	-0,3161**	-0,3982***	-0,1399	0,4003***	0,7771***
B (forróv) ppm	0,1427	0,1118	0,2688**	0,0603	-0,0819
Összes só%	-0,0253	-0,1511	-0,2711**	-0,1242	0,1129

5.4.2/b.

Korreláció	EDTA-Mn ppm	B(forróv) ppm	Összes só%
KA	-0,0696	0,2478*	-0,4321***
Hu%	0,1068	0,2728**	-0,4605***
AL-P2O5 ppm	0,0337	0,0759	-0,0554
AL-K2O ppm	-0,0285	0,1959+	-0,1564
Magasság	-0,0500	-0,4412***	0,4429***

CaCO₃ %	-0,3161**	0,1427	-0,0253
pH(KCl)	-0,3982***	0,1118	-0,1511
Mg(KCl)	-0,1399	0,2688**	-0,2711**
ppm			
EDTA-Zn	0,4003***	0,0603	-0,1242
ppm			
EDTA-Cu	0,7771***	-0,0819	0,1129
ppm			
EDTA-Mn	1,0000	0,0393	0,0071
ppm			
B (forróv)	0,0393	1,0000	-0,2064
ppm			
Összes só%	0,0071	-0,2064*	1,0000

5.4.2/c.

+:10%, *:5%, **: 1%, ***:0,1%

Nem készült semmilyen regresszió a két év termésére, mert nem teljesítik a regressziószámítás egyik feltételét, a (közel) normális eloszlást. Kevés a 7 (2000) illetve a 9 (1999) osztály, ahogy a terméseket meg lehetett adni, így a változók nem folytonosak.

A termésekre (1999, 2000) pontrajzok készültek a kötöttség, Hu%, Al-P2O₅ ppm, Al-K₂O ppm, Hu%, magasság, N-hatóanyag kg/ha kapcsolatával (10. melléklet), valamint varianciaanalízisek. Varianciaanalízissel megvizsgáltam, hogy a többi változó szignifikánsan eltér-e terméskategóriánként (5.4.3. táblázat). A 12. melléklet a legalább 5%-os megbízhatósági szinten különböző hozam- talajtulajdonságok, illetve a hozam- magasság párokat szemlélteti *-val megjelölve.

5.4.3. táblázat: Az 1999. és 2000. évi kukorica hozamkategóriákhoz köthető talajtulajdonságok, magasság- és N adatok összefüggéseinek szorossága

Table 5.4.3. The significance between the yield of year 1999 and 2000 and or rather soil-, height-, and nitrogen data

	terméskategória 1999-ben	terméskategória 2000-ben
--	-------------------------------------	-------------------------------------

K_A	**	*
Humusz%	**	+
AL-P₂O₅ ppm	***	*
AL-K₂O ppm	***	-
magasság	***	*
CaCO₃ %	-	-
pH(KCl)	-	-
Mg (KCl) ppm	+	-
EDTA.-Zn ppm	-	-
EDTA-Cu ppm	-	-
EDTA-Mn ppm	-	-
Bor (forróvizés) ppm	*	-
Összes só%	-	-

Szignifikanciaszint: +: 10% *: 5% **: 1%
***:0,1%

Az 1999-es hozamértékekkel erősebb a szignifikancia.

Táblázatokba foglaltam a hozam, talajelemzési, N-hatóanyag és magassági értékeket, a következő módon (3. melléklet):

- Az 1999. évi kukorica hozamkategóriákhoz köthető talajtulajdonságok, magasság- és N adagok.
- A 2000. évi kukorica hozamkategóriákhoz köthető talajtulajdonságok, magasság- és N adagok.
- Az azonos N adagokhoz (2000) köthető hozam (1999 és 2000), magasság- és talajtulajdonságok.
- Az azonos Hu% értékekhez (2000) köthető hozam (1999 és 2000), magasság- és talajtulajdonságok.

Arra voltam kíváncsi, hogy a csoportok között van-e különbség az egyes tényezők között.(5.4.4., 5.4.5., 5.4.6., 5.4.7. táblázat)

5.4.4. táblázat: Az 1999-es hozamkategóriák és az egyes termést meghatározó tényezők közötti szignifikáns különbségek

Table 5.4.4. The significant differences between the yield categories of 1999 and the yield determinative factors

Változók	Szignifikanciaszint
K_A	**
Hu%	**
AL-P2O5 ppm	***
AL-K2O ppm	***
Magasság	***

Szignifikanciaszint:

+: 10%

*: 5%

**: 1%

***: 0,1%

5.4.5. táblázat: A 2000-es hozamkategóriák és az egyes termést meghatározó tényezők közötti szignifikáns különbségek

Table 5.4.5. The significant differences between the yield categories of 2000 and the yield determinative factors

Változók	Szignifikanciaszint
K_A	*
Hu%	+
AL-P2O5 ppm	*
AL-K2O ppm	-
Magasság	*

5.4.6. táblázat: Az azonos N-hatóanyagérték csoportok (2000) és a hozam, magasság és talajelemzési értékek közötti szignifikáns különbségek

Table 5.4.6. The significant differences between the soil-, height-, and nitrogen data and the same nitrogen agent categories (2000)

Változók	Szignifikanciaszint
K_A	***
Hu%	***

AL-P2O5 ppm	***
AL-K2O ppm	***
Magasság	**

5.4.7. táblázat: Az azonos Hu% érték csoportok (2000) és a hozam, magasság és talajelemzési értékek közötti szignifikáns különbségek

Table 5.4.7. The significant differences between the same humus % categories (2000) and the soil-, height-, and nitrogen data

Változók	Szignifikanciaszint
K_A	***
AL-P2O5 ppm	*
AL-K2O ppm	***
Magasság	**

Nem készült a következőkre:

- N-hatóanyag-Hozam/99 csoport
- Hozam/99-Hozam/2000 csoport
- Hozam 2000-N-hatóanyag csoport

Ezért gyakorisági eloszlást vizsgáltam χ^2 -próbával (5.4.8. táblázat).

Hozam/99 és N-hatóanyag között a χ^2 szignifikanciája: 0,0183 (*), tehát legalább 5%-on szignifikáns, tehát a N-adag és az 1999-es termés között van pozitív irányú összefüggés, vagyis ahol 1999-ben nagyobb volt a hozam, ott több N hatóanyagot adtunk, hiszen a nagyobb hozam több tápanyagot von ki a talajból és a gazdálkodó a 10 t/ha-os termésszintet tűzte ki célul. A N-adag és a 2000-es termés között nem igazolható (0,07467). Ez azt jelenti, hogy ahol több N-t adtunk, ott nem lett feltétlenül magasabb a hozam. A két év termése között nincs 95%-on szignifikáns összefüggés (0,1761=17%). A két év termése tehát nem egyforma. Kérdés, hogy mi lehet az oka? Csak a N-trágyázás és az

évjáráthatás (a kritikus időszakban hullott csapadék 2000-ben több) vagy esetleg a hibridekben való eltérés?

A Hu% csoport és az K_A csoport között 0,1%-os szignifikáns különbség van (varianciaanalízis is készült), a K_A csoport és az 1999-es hozam csoport között 5% -os és 0,1%-os szignifikáns különbség van. Azonban nincs szignifikáns különbség a K_A csoport és a 2000-es hozam csoportok között. A Hu% csoport és az 1999-es hozam csoportok között 0,1%-os szignifikanciát tapasztaltam, mely erős összefüggést mutat, tehát alátámasztja azt a feltételezésünket, miszerint a hozam alapján következtethetünk a talajtermékenységre. Míg a Hu% csoport és a 2000-es hozam csoportok között nincs, illetve 5%-os szignifikancia van, hiszen ahol nagyobb volt a hozam ott több N-t adtunk és a Hu%/csop., és a csop/99 között is erős az összefüggés.

Csop/99hozam-Ncsop	Chi2: 5% *
	R érték: 0,1% ***

Csop/2000hozam-Ncsop	Chi2: -
	R érték: -

Csop/2000hozam-Csop/99hozam	Chi2. -
	R érték: -

K _A csoport-Hu%csop	Chi2: 0,1% ***
	R érték: 0,1% ***

HV: homokos vályog (31-36)

V: vályog (37-42)

AV: agyagos vályog (43-50)

A χ^2 próba szerint 0,1%-os megbízhatósági szinten bizonyíthatóan van összefüggés, és a Pearson féle F-érték szerint is 0,1%-os szinten van összefüggés, azonban mind a K_A , mind a $Hu\%$ eloszlás folytonosnak tekinthető és készült varianciaanalízis, a regresszió többet mond, mert az egyenlettel más, a mintavételi eredmények között nem szereplő értékekre is kiszámítható a változó.

K_A csoport-Csop/99hozam	Chi2: 1% *
R érték:	0,1% ***
K_A csoport-Csop/2000hozam	Chi2: -
R érték:	-
K_A csoport-N csoport	Chi2: 0,1% ***
R érték:	1% **
$Hu\%$ csoport-Csop/99hozam	Chi2: 0,1% ***
R érték:	0,1% ***
$Hu\%$ csoport- Csop/2000hozam	Chi2: -
R érték:	5% *
$Hu\%$ csoport-N csoport	Chi2: 0,1% ***
R érték:	0,1% ***

A χ^2 -próba és a Pearson féle R érték szignifikanciaszintjei, a következő csoportbontásokkal:

Hozam/1999: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 t/ha

Hozam/2000: 4-6, 6-8, 8-10 t/ha (0-4 t/ha közé nem esett érték)

K_A: HV: homokos vályog (31-36), V: vályog (37-42), AV: agyagos vályog (43-50)

Hu%: 1,51-2,0, 2,01-2,5, 2,51-3,0, 3,01-3,5, 3,51-4,0, 4,01<

N hatóanyag csoport: 77, 107, 138, 153, 168

5.4.8. táblázat: A Ch²-próba által kapott összefüggések szorossága.

Table 5.4.8. The significance between the connections resulted by the Ch² - probe

	Hozam 1999	Hozam 2000	KA	Hu%	N-hatóanyag
Hozam/1999		-	*	***	*
Hozam/2000	-		-	-	-
KA	*	-		***	***
Hu%	***	-	***		***
N-hatóanyag	*	-	***	***	

5.5. TÉRINFORMATIKAI RENDSZER

Cél az egységes információrendszer felépítésénél a már meglévő számítógépes programok működésének (export- import felületek) összehangolása vagy azok egyetlen programmal való kiváltása, hiszen munkám során sajnos azt tapasztaltam, hogy a kísérletekben használt szoftverek nem kompatibilisek egymással.

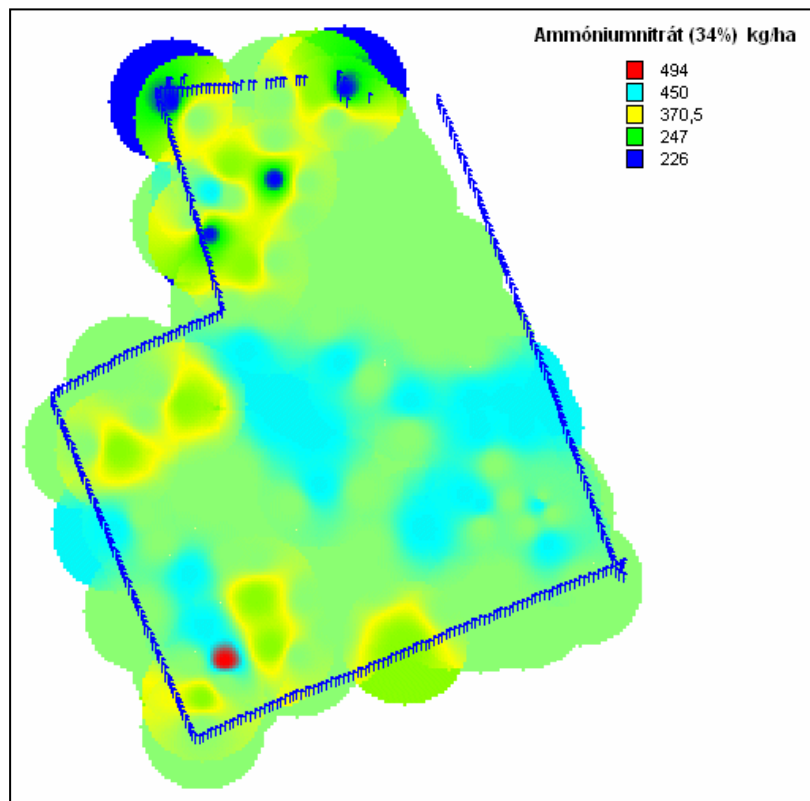
A hozamtérképeket az RDS PF szoftverrel készítettem el, melyből a hozamtérkép alapján kijelölt mintavételi pontok koordinátái nem importálhatók egyszerűen az AGRO- MAP Basic programba, mellyel a talajmintavételi,-tápanyagellátottsági- és a műtrágyakijuttatási tervet készítettem, így manuálisan kellett az egyes pontokat kijelölni, mely 95 pont esetében eléggé nehézkesnek bizonyult.

A hozamtérképet ugyancsak nem lehetett exportálni a térinformatikai rendszer központját képező AGRO- MAP Professional programba.

A biometriai elemzéshez az egyes mintavételi pontokhoz tartozó pontos hozamértékekre lett volna szükség, azonban nem állt módomban a programból a koordinátapárok ismeretében sem lekérdezni az 1999. és a 2000. évi pontos hozamértékekre csak 1 t/ha-os pontossággal tudtam leolvasni azokat a térképről, ez megkérdőjelezheti a pontos értékelhetőséget.

2000-ben a kukoricabetakarítás során nyert hozamtérkép 55 ha-ról készült, melyből a kísérlet alapját képező 32,5 ha-os nagyságú táblát nem lehet a programmal leválasztani, így a tényleges táblára érvényes hisztogram nem nyerhető ki. A térkép, illetve adatbázisa még további térinformatikai feldolgozásra szorul.

Elkészítettem a műtrágya kijuttatási tervet a MapInfo Professional programmal is (5.5.1. ábra), mely a mintavételi pontok között interpolálja a pontokhoz rendelt értékeket. Jóval célszerűbbnek látszik ezen terv szerinti szórás, azonban a terv az AGRO- MAP Basic programba nem vihető át.



5.5.1. ábra: Nitrogén műtrágyázási terv (34%-os ammóniumnitrát, 0419/18-27 hrsz., MapInfo Professional)

Figure 5.5.1. Nitrogen fertiliser distribution plan (ammonium-nitrate 34%, 0419/18-27 topographic number, 2000, MapInfo Professional)

A táblán az ACT-vel körbejárva felvételeztük és rögzítettük a táblán látható (5.3.3. ábra) vizes folt határvonalát. A térinformatikai adatgyűjtés során nyert légi fotóra (5.5.2. ábra) ráillesztve a táblát és a vizes folt határvonalát jól látszik, hogy már 1981-ben is, amikor a fotó készült, vizes folt volt a tábla azon részén. A folt ugyancsak egybe esik a terület mélyebb fekvésű részével, valamint a topográfiai térképre (5.5.3. ábra) helyezve a foltot, annak határvonala jól követi az azonos magasságban

lévő pontokat összekötő szintvonalakat. Ezen a mélyebb fekvésű területen 1999-ben 0 t/ha-os kukoricatermést regisztráltunk (5.1.2. ábra)

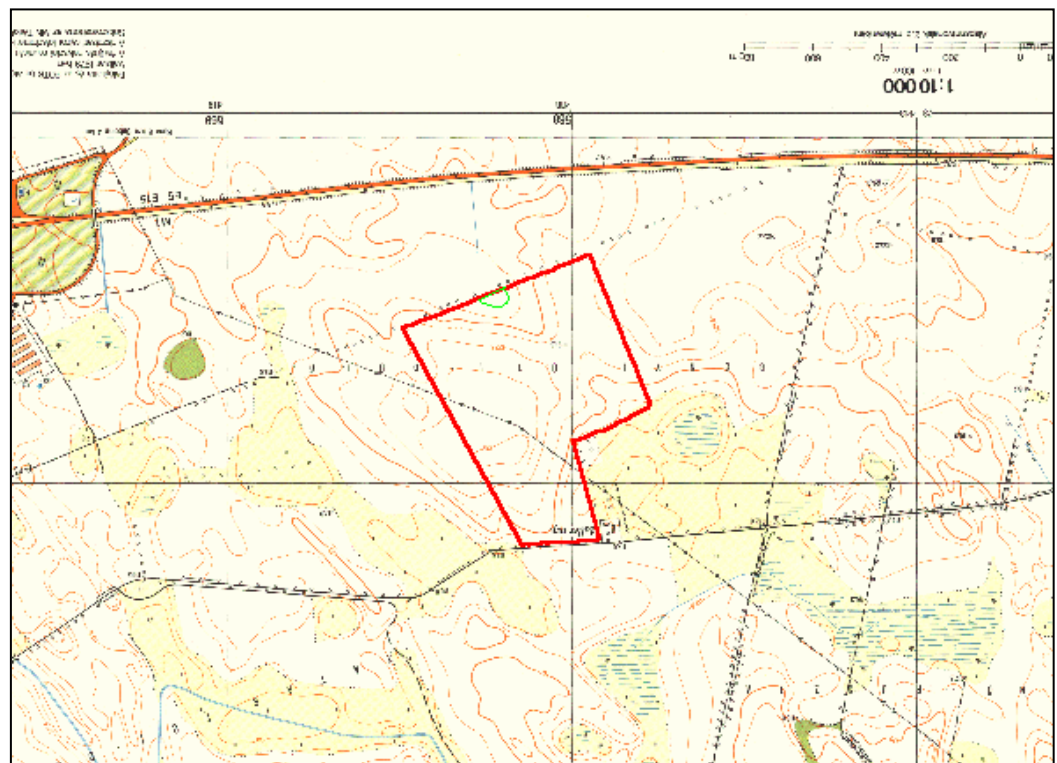
5.5.2. ábra: A légi fotóra illesztett tábla és a vizes folt határvonala (0419/18-27 hrsz., Ács, AGRO- MAP Professional)

Figure 32. Airborne image with the borderlines of the field and the wet spot (0419/18-27 topographic number, Ács, AGRO-MAP Professional 3.1)



5.5.3. ábra: A topográfiai térképre illesztett tábla és vizes folt határvonala
(0419/18-27 hrsz., Ács, AGRO-MAP Professional v.3.1.)

Figure 33. Topographic map with the borderlines of the field and the wet spot (0419/18-27 topographic number, Ács, AGRO-MAP Professional v.3.1)



6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

1. *A vizsgálataimmal és méréseimmel megállapítottam, hogy az eddigi gyakorlattól eltérően a 6 - 12 ha átlagában mért talajadatoknál pontosabban (kisebb területi egységeken) kell vizsgálni a variabilitást.*
2. *A vizsgálataimmal megállapítottam, hogy a technológia bevezetésekor a hozamtérképre alapuló talajmintavételi tervezés elve korrektnek bizonyult.*
3. *A vizsgált talajtulajdonságok elemzésekor megállapítottam, hogy a táblán belüli inhomogenitás ellenére az Arany- féle kötöttségi szám és a humusztartalom között szignifikáns pozitív korreláció van.*
4. *A két év hozamtérképét összehasonlítva megállapítottam, hogy a táblán belül a hozamértékek változékonysága a helyspecifikus tápanyagkijuttatással befolyásolható, ezzel adott határok között a "hozamtérkép" tetszés szerint befolyásolható.*
5. *A betakarító gép-, illetve rendszer vizsgálata alapján a következő megállapításokat teszem:*
 - a termény áthaladási idejét csak korlátozott pontossággal tudjuk megadni,

- erősen gyomos területen a számítógép kijelzőjén akár 40 %- os nedvességtartalom is megfigyelhető volt, utána 2-3 perc elteltével tapasztalhattam értékelhető, reális értékeket, ez torzításhoz vezethet,
- a vágás kezdete után a nedvességmérő 10 s- en keresztül 0 %- ot jelez, majd irreálisan alacsony értéket, majd lassan emelkedik, 22-25 s után éri el a valós értéket, tehát rövid soron ez idő alatt a gép éppen végig is ér; ilyen esetekben nyilván a gép végez korrekciót, azonban rövid sorok esetében túl sok lehet a korrekció.

6. *A tápanyagkijuttató rendszer vizsgálata alapján a következő megállapításokat teszem:*

- a műtrágyázási terv készítésekor a területre fektethető rács nem elforgatható, így a rácsot alkotó vonalak nem tehetők párhuzamossá a tábla határvonalaival, ezért az illeszkedés nem tökéletes az Agrocom rendszernél,
- a műtrágyázási tervben csak diszkrét értékeket lehet megadni, nincs lehetőség a szomszédos pontok interpolálására, ezért a kijuttatásra kerülő adagok között hirtelen váltás történik, nincs átmenet,
- a traktor vezetőfülkéjében elhelyezett ACT egység jelezte a traktor helyzetét szórás közben, de nem jelezte a kitűzött haladási irányt, annak ellenére, hogy a szórásszélességet a munka megkezdése előtt be kellett táplálni,
- a már beszór területet sem jelzi a műszer, így fennállhat annak a veszélye, hogy többszörösen kerül műtrágya kijuttatásra egy bizonyos területre, illetve az egymás utáni szórások nem megfelelően fedik át egymást.

7. *A térinformatikai rendszer vizsgálata alapján a következő megállapításokat teszem:*

- az RDS rendszer, mellyel a hozamtérképek készültek önálló fájltypust használ, ami nem konvertálható az Agrocom rendszerben használatos fájltypusra. Ez a különböző rendszerek, illetve szoftverek közötti szabványosítás hiányát jelzi, mely nagymértékben megnehezíti a rendszer használatát és növeli a költségeket (illesztő szoftver költsége, mellyel a rendszer gyártója sem rendelkezik, így a felhasználónak kell íratnia), amivel lényegében a precíziós gazdálkodás alap célkitűzésének mond ellent,
- az RDS PF programmal nem választhatók le és nem értékelhetők ki különállóan a tábla egyes részei.

7. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A precíziós gazdálkodás feltételrendszerének vizsgálatakor azt állapítottam, meg hogy a rendelkezésre álló rendszerek nem teljesek és tökéletesek. A rendelkezésemre álló műszaki feltételrendszer vizsgálatakor számos műszaki és térinformatikai problémát tapasztaltam.

Az agrotechnológiai tapasztalatok arra hívják fel a figyelmet, hogy adott tábláról mindenképpen többéves eredményekre van szükség ahhoz, hogy megbízható agrotechnológiai döntéseket hozzunk. A számítógépes háttér illetve az annak segítségével létrehozott térinformatikai adatbázis lehetővé teszi, hogy átfogó képet alakítsunk ki mezőgazdasági

területeinkről és megalapozott, körültekintő agrotechnológiai döntéseket hozunk.

Betakarítás során gondot jelent az aktív vágóasztal szélességének meghatározása. Az általam használt rendszernél kézi kapcsolási lehetőség van, de ez művelet részben szubjektív hibáktól terhes, másrészt nem mindig van az átállításra idő, hiszen az üzemeltetőnek egyéb műveletekkel, pl. ürítéssel kell foglalkoznia. *Javaslom a vágóasztal aktív részszelességének automatikus detektálását.*

Betakarítás során a vágóasztal leeresztésekor és az állományba bemenéskor következetes vezetési technikát szükséges alkalmazni, fel kell emelni a vágóasztalt az előre meghatározott magasságba, mert így az adatgyűjtés a fordulóban szünetel. Mindig azonos haladási sebességet kell tartani, mert a hirtelen sebességváltások hibát okozhatnak a hozamtérképen. Amennyiben lehetséges, a menetközbeni hirtelen megállásokat/indulásokat kerülni kell.

Hibaforrásként jelentkezhet az is, hogy a termény áthaladási idejét a betakarító gépen meg kell adnunk, hiszen a helyzet meghatározó ennek alapján pozicionálja a mért hozamot. Ez az idő azonban a dobfordulatszámától, a terheléstől, a szem- szalma aránytól, illetve a fajtától, de a fajtától illetve a hibridtől is függhet. A haladási sebességtől függően 1-2 s- es eltérés 2-5 m- es hibát is okozhat.

Az RDS rendszerrel való mérések során a területmérés illetve a helymeghatározás gyakorlatilag pontosnak tekinthető. A rendszer egyik kritikus pontja a folyamatos nedvesség meghatározás. Ezen a területen gabonánál is eltérések adódtak (2-4 %), olajos magvaknál pedig jelentős

különbség volt az általunk illetve a műszer által mért értékek között (10-20 %).

Betakarítás során a sebességméréssel adódtak problémák, melyeket a vágóasztal helyzetérzékelőjének meghibásodása vagy a sebességérzékelő sérülése okozott. A probléma a helyszínen javítható volt.

Szemes termények hozammérésekor a nedvesség tartalom mérés pontosítása a feladat, illetve a gyors kalibrálás biztosítása. Továbbá szükségesnek tartanám a felhasználóbarát állítási lehetőségeket, hogy előképzettség nélkül is bármely betakarítógép vezető könnyedén elvégezhesse azt.

További feladat az egyéb termények (pl. szálas takarmányok, cukorrépa, burgonya) hozammérésének módszereit kidolgozni, illetve tökéletesíteni.

A talaj mintavételi stratégia, miszerint a hozam indikálja a talajtulajdonságokat a biometria elemzések szerint is korrektnek bizonyult, azonban 95 talajminta elemzésének jelentős a költségvonzata. Nyilván a többéves vizsgálatok és a térinformatika eszköztára (légi fotó, űrfelvétel feldolgozása) lehetővé fogják majd tenni egy jóval kisebb költségvonzatú talajmintavételi módszer kidolgozását.

Feltétlenül szükségesnek tartom a műtrágyaszórás közbeni GPS- szes navigáció megoldását.

Az RDS rendszerrel készült hozamtérkép adatbázisa nem alkalmas arra, hogy 1 t/ha-os pontosságnál részletesebb hozamadatra kérdezzek le bizonyos koordináta párok megadásával. Ezért *szükségesnek tartanám olyan program írását, mely lehetővé teszi a táblán belül bármely pontban a valós hozamérték lekérdezését.*

További térinformatikai megoldásokat igényel annak a problémának a megoldása, miszerint az RDS rendszerrel készített hozamtérképből nem lehet egy bizonyos nagyságú táblarészt leválasztani.

A térinformatikai rendszer fejlesztésekor cél az export/import felületek kompatibilitásának, tehát az eltérő módon rögzített adatbázisok kapcsolatrendszerének a megteremtése.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az értekezés a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés feltételrendszeréről szolgáltat új információkat.

Munkám során célul tűztem ki a helyspecifikus hozammérési technika pontosítását (korrekt hozam-, nedvesség- és területmérés), üzemi körülményekhez való adaptálását, továbbá térinformatikai rendszerre alapuló adatbázis építését valamint a gazdaságos és környezetkímélő precíziós tápanyag visszapótlás megvalósítását üzemi körülmények között.

A hozamméréshez és térképezéshez RDS rendszert, a terület azonosításához, a talajmintavételhez és a műtrágyaszóráshoz az Agrocom, illetve az ACT/AMAZONE rendszert és a térinformatikai rendszer felépítéséhez az AGRO-MAP Professional és a MapInfo Professional számítógépes programokat használtam.

A Komárom-Esztergom megyében található vizsgálati táblán hálószerű (1999) és hozamtérképre alapuló (2000) pontszerű talajmintavételt hajtottam végre.

A talajvizsgálati eredményeket és a korábbi táblatörzskönyvi adatokat felhasználva az MTA- TAKI MTA-MGKI környezetkímélő szaktanácsadási rendszer ajánlásait alkalmaztam a N- műtrágyázási terv elkészítésénél.

A kutatási eredmények ismeretében kijelenthető, hogy a talajtermékenységet meghatározó talajtulajdonságok táblán belüli variabilitása indokoltá teszi a helyi viszonyokhoz alkalmazkodó tápanyag visszapótlást.

A biometriai elemzésekből megállapítottam, hogy a 2000. évi talajtulajdonságok az 1999. évi hozamértékekkel erősebb szignifikanciát mutatnak, tehát alátámasztja azt a feltevést, miszerint a hozam alapján

következtethetünk a talajtermékenységre. Tehát a hozamtérképre alapuló talajmintavételi tervezés elve korrektnek bizonyult.

A két év hozamtérképét összehasonlítva megállapítottam, hogy a táblán belül a hozamértékek változékonysága csökkent, ugyanakkor azonos műtrágyamennyiség felhasználásakor a hozam nőtt szemben a homogén műtrágyakijuttatással.

Az RDS rendszerrel való mérések során a területmérés illetve a helymeghatározás gyakorlatilag pontosnak tekinthető.

Műtrágyaszóráskor a traktor vezetőfülkéjében elhelyezett ACT egység jelezte a traktor helyzetét szórás közben, de nem jelezte a kitűzött haladási irányt, annak ellenére, hogy a szórásszélességet a munka megkezdése előtt be kellett táplálni. Ezért 18 méterenként kihelyezett karókkal kellett jelezni a szórandó sávokat, ez azonban nem csak többletmunkát, de a mikrodomborzat miatt nehézséget is okozott. A tábla és a gép helyének, valamint a munkaszélesség ismeretében lényegében valamennyi információ rendelkezésre áll ahhoz, hogy az ACT képernyőjén a szórás szélességnek megfelelő sávot ki lehessen jelölni. Feltétlenül szükséges ezen probléma megoldása.

A térinformatikai rendszer fejlesztésekor cél az export/import felületek kompatibilitásának, tehát az eltérő módon rögzített adatbázisok kapcsolatrendszerének a megteremtése.

Az értekezés eredményei a precíziós gazdálkodás feltételrendszerének javítását segíthetik elő.

9. SUMMARY

The dissertation provides new information about the casemaps of the precision (site-specific) plant production.

Improving the accuracy of the site-specific yield measuring technology (correct yield-, moisture content- and area measurement) and the adaptation of the system for the practical conditions were my aims. I intended to build up a GIS based database and to bring to effect the economic and environmental save nutrition replacement under practical circumstances.

The RDS system was used for yield measuring and mapping, the Agrocom or rather the ACT/AMAZONE system was applied for area identification, soil sampling and fertilizer distribution, whereas the GIS had been built up by means of AGRO-Map Professional and MapInfo professional software.

Grid sampling method (1999) and yield map based soil sampling method (2000) were applied in the experimental field in Komárom-Esztergom country.

During the creation of the fertilizer distribution plan the MTA-TAKI MTA MGKI environment friendly advisory system's recommendations were taken into consideration using the soil analysis results and the field register book's preceding data.

It can be declared with full knowledge of the research results that the infield variability of the soil fertility determinative factors makes reasonable the way of nutrition replacement, which take into account the local conditions.

I found by biometrical analysis that the soil properties of 2000 show strong correspondence with the yield of 1999, consequently it is verified,

that the yield can reflect the soil fertility. Thus, the principle of yield map based soil sampling has proved to be correct.

Comparing the two years' yield maps with each other I determined, that the infield variability of the yield has decreased, whereas using the same amount of fertilizer the yield has increased comparing with the homogenous fertilizer application.

The area measurement and the positioning with the RDS system can be declared to be accurate. During the fertilizer distribution, the ACT unit signed the position of the tractor, but could not show the required heading nevertheless the working width should have been set before the job started. Therefore sticks were required to be mounted in each 18 meter to indicate the working strips, however it was not only wasting time, but it was difficult because of the micro-relief. Knowing the position of the tractor, the field and the working width, all information is given to sign the spreading strips on the monitor of the ACT. It is necessary to solve this problem.

The main aim during the building up of the GIS is to make compatible the export/import surfaces so to enable the communication between database origin from different sources.

10. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton fejezem ki köszönetemet Dr. Neményi Miklós professzornak, témavezetőmnek, Dr. Debreczeni Béláné professzor asszonynak és Dr. Kismányoky Tamás professzornak.

Köszönöm opponenseimnek, Dr. Jolánkai Mártonnak, a mezőgazdaságtudomány doktorának és Dr. Csizmazia Zoltánnak, a mezőgazdaság tudomány kandidátusának, amiért dolgozatom elkészítését értékes bírálatukkal segítették.

Ugyancsak kifejezem köszönetemet mindazok irányába, akik segítették munkámat a Nyugat-Magyarországi Egyetemen, az IKR Rt.-nél Dr. Kiss Istvánnénak, a MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében Dr. Németh Tamásnak és Dr. Csathó Péternek, a MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetében Dr. Árendás Tamásnak, továbbá Vitáris Dániel és Nyéki László gazdálkodóknak.

11. IRODALOMJEGYZÉK

1. **Anon1.:** 1996a. Műholdak figyelnek minden EU farmot. (Satellites watch over every farm in the EC.) Arable Farming. 8, 23:56., 58.
2. **Anon2.:** 1996b. Az űrtechnika jelzi a cukorrépatermést. (Sky-tech is spot-on with beet yields.) Farmers Weekly. 124, 15:58.
3. **Anon3.:** 1997a. Neuheiten zum "Precision Farming". top agrar das Magazin für moderne Landwirtschaft. 11: 48-53.

4. **Anon4.**: 1997b. Der Bildschirm zum Anfassen. Profi elektronik. 97, 12:64-65.
5. **Bakacsi,Zs. - Csathó,P. - Czinege,E. - Szabó,J.**:1997-98. Jelentés a "Környezetkímélő Talajvédelmi Kiegyenlítő Trágyázási Módszer kidolgozása" című kutatási programban elvégzett munka eredményeiről. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest.
6. **Blackmore, S.**: 1994 Bevezetés a precíziós gazdálkodásba. (Precision farming: an introduction) Farmers Weekly. 23, 275-280.
7. **Blake A.**:1996 Egy lépéssel közelebb a precíziós kutatásokhoz. (One step nearer to quest for precision.) Farmers Weekly. 124, 02:50.
8. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. **Buzás, I.** INDA 4231 Kiadó, Budapest, 1993
9. Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. **Buzás, I.** Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1988
10. **Christensen,L - Krause,K.**: 1995. A precíziós gazdálkodás: új technológia hasznosítása. (Precision farming: harnessing technology.) Agricultural Outlook 218:18-19.
11. **Cook, S. E.- Brampley, R. G. V.**: 2000. Coping with Variability in Agricultural Production- Implications for Soil Testing and Fertiliser Management. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 31(11-14), 1531- 1551.
12. **Cooksley,J. - Kilburn,D.**: 1996. Permetezési módszer forradalmasító kémiai injektálási rendszer. (Chemical injection system set to revolutionise the way we spray.) Arable Farming. 44, 03:47.

13. **Collings,A.:** 1996. A térképezés a precízió fényes jövője. (Mapping out a bright future for precision.) Farmers Weekly. 124, 11:73.
14. **Csathó,P. - Árendás,T. - Németh,T.:**1996a. Környezetkímélő őszi búza és kukorica trágyázási szaktanácsadási rendszer. 1996. aug. 30-szept. 8. OMÉK, Gödöllő
15. **Csathó,P. - Árendás,T. - Németh,T.:**1996b. Olcsóbb búza-táplálás. Magyar Mezőgazdaság. 51, 40:17
16. **Csathó,P. - Árendás,T. - Németh,T.:**1997. Új, környezetkímélő növénytaplálási technológia a vetőmag- és árunövény termesztésben. Magkutató, termesztés, kereskedelem. 11, 04:50-53.
17. **Csathó, P.:**1997. Összefüggés a talaj K - ellátottsága és a kukorica, őszi búza és lucerna K hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990. Agrokémia és Talajtan. 46. 327-347.
18. **Csathó, P. - Árendás, T. - Németh, T.:**1998. New, environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 29. 2149-2160.
19. **Csathó, P., Árendás, T. and Németh, T.:** 1998a. New, environmentally friendly fertilizer recommendation system for Hungary. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, Tom. 3: 225-230.
20. **Czinege,E.:** 2000a. A termőhelyspecifikus műtrágyázási szaktanácsadás talajtani alapjainak bővítése. Doktori értekezés. Gödöllő 1.
21. **Czinege,E.:** 2000b. Precíziós tápanyag utánpótlás. Precíziós gazdálkodás a XXI. század agrár-műszaki csúcstechnológiája bemutatóval egybekötött szakmai tanácskozáson (Gödöllő, 2000. augusztus 24.) elhangzott szóbeli közlés.

22. **Czinege, E., Pásztor, L., Szabó, J., Csathó, P. és Árendás, T.:** 2000c. Térinformatikai alapokra épülő műtrágyázási szaktanácsadás. Agrokémia és talajtan. 49 (1-2) 55-63.
23. **Dampney, P.:** 1999. Yield Mapping and Precision Farming AGCO Ltd. Cambridge 1-17.
24. **Debreczeni, B. és Debreczeni Bné. (szerk.):** 1994: Trágyázási Kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó, Budapest. 411p.
25. **Demmel, M - Auernhammer, H.:** 1998. Automatisierte Prozeßdatenerfassung. Landtechnik 53, 03:144-145.
26. **Demmel, M.:** 1997. Ertragsermittlung im Mähdrescher-ertragsmeßgeräte für die lokale Ertragsermittlung. Eine Ergänzung zu den DLG-Prüfberichten 5.000/9.97:6-9.
27. **Diekhans, N.:** 1985. Landtechnik 35, 4: 111.
28. **Földesi, I. - Kovács, L.:** 2000. Hozammérés gabonakombájnonkon. Mezőgazdasági Technika 41, 08:31-34.
29. **Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Obszervatórium:** 1993-94. GPS TANFOLYAM Jegyzet
30. Talajtani és agrokémiai vizsgálati módszerek. **Gerei, L.** Szabadság Lapnyomda, Debrecen, 1970
31. **Griepentrog, H-W.:** 1997. Teilflächenspezifische Düngung. Landtechnik 52, 03:124-125.
32. **Győrffy, B.:** 2000. Szóbeli közlés, Martonvásár, MTA MGKI.
33. **Harris, R.:** 1996 A terméstérképek segítenek, de ügyeljünk a korlátaikra. (Yield maps-an aid but beware limits.....) Farmers Weekly. 124, 09:72-73.
34. **Hegge, H.J. - Reusch, S.:** 1997. Zur teilflächenspezifischen Stickstoff-Kopfdüngung. Landtechnik 52, 03:126-127.

35. **Hydro Agri** reklámanyag, (1999.) Hydro Agri Precise, I Cow Lane , Upton, Gainsborough, Lincolshire.DN21 5PB
36. **Hornyák,A.:** 1999. Térinformatika, növénymonitoring, mezőgazdaság. Geomatika Geodéziai, térképészeti, térinformatikai szakfolyóirat 05,06:7-8.
37. **Johannsen,C.J. - Carter,P.G. - Erickson,B.J. - Moris,D.K. - Ross,K.W. - Willis,P.R.:** 2000. A cornucopia of agricultural applications. Imaging Notes 15,01:22-23.
38. **Jürschik,P.:** 1999. GPS: Was ist möglich - was klappt wirklich? top agrar.Das Magazin für moderne Landwirtschaft. 03:124-125.
39. **Kalmár S., - Pecze Zs.:** 2000 Hozamtérkép készítése AGRO-MAP 3.0 programmal Növényvédelmi Tanácsok 09, 01:16-18.
40. **Kohls,C.:** 1996 A precízió ára (Costs of precision.) Farm Chemicals 159, 04:21.,24.,26.
41. Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. **Koplonyi,K.:** 1962. Mezőgazdasági Kiadó
42. **Kovács Z, - Kovács A, - Potyondi L.:** 1999 GPS - technológia mezőgazdasági felhasználása Táblaszintű gazdálkodás (Precision Farming). Növényvédelmi Tanácsok 08, 08:26-28.
43. **Lee, W. S., Slaughter D. C., Giles D. K.:** 1999 Robotic weed control system for tomatoes, Precision Agriculture, 1, 95-113
44. **Ligetvár,F.:** 1998 Földmérési és térképészeti alapismeretek. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Budapest
45. **Lund, I.:** (2000) Sprayer nozzles for precision application, AGENG Warwick 2000, Papernumber (00-PA-017) Agricultural Engineering into the Third Millenium, Abstracts Part 1,p325-326

46. **Marquering, J.- Scheufler, B.:** 1997 Teilflächenspezifische Düngerausbringung, Intelligente Verknüpfung von Betriebsdaten und gerätespezifischen Technologien. Landtechnik 52,02:78-79.
47. **Martin-Chefson, L., Chapron, M., Philipp, S.:** 1999 A two dimensional method for recognising weeds from multiband image processing, Precision agriculture '99, Part1, p273
48. **Mesterházi, P.Á.- Pecze, Zs.- Neményi, M.:** 2001 A precíziós növényvédelmi eljárások műszaki - térinformatikai feltételrendszere. Növényvédelem. in print
49. Termékismertető. **Monsanto** Food Health Hope TM 2001.
50. **Murphy, D. P., - E. Schnug, - S. Haneklaus :** 1995 Yield Mapping - A Guide to Improved Techniques and Strategies. ASA-CSSA-SSSA, Site-Specific Management for Agricultural Systems, 33-47.
51. **Németh, T., Csathó, P. and Anton, A.** 1997: Soil carbon dynamics in relation to cropping systems in principal ecoregions of Eastern Europe, with particular regard to Hungarian experiences. In: Management of carbon sequestration in soil. Advances in Soil Science. 255-283. (Eds.: R. Lal, R.F. Follett and B.A. Stewart) CRC Press. Boca Raton. New York.
52. **Németh, T. - Árendás, T. - Csathó, P.:** 1997. Az őszi búza trágyázás új rendszere. Martonvásár 1997,02:12-13.
53. **Neményi, M., - Pecze Zs., - Petróczki, F.:** 1998 Agrárműszaki feladatok a térinformatikai adatbázis felvételénél illetve annak bővítésénél. VII Térinformatika a felsőoktatásban szimpózium előadások összefoglalói 94-98.
54. **Neményi, M.- Pecze, Zs.:** 1999 A műholdas helyzetmeghatározás szerepe a mezőgazdasági folyamatok irányításában. Moson Megyei Műhely. 02,02/115-122.
55. **Neményi M. - Kovács A.J. - Pecze Zs. - Kiss E.:** 2000. Helyspecifikus (DGPS) kijuttatásra alkalmas műtrágyaszóró rendszer üzemeltetési tapasztalatai. Magyar

Tudományos Akadémia Agrár-Műszaki Bizottság XIV. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Témáinak Összefoglalói. 6.

56. **Neményi, M.- Pecze, Zs.- Stépán, Zs.- Kacz, K.- Szaxon, A.:** 2001 A precíziós növénytermesztés műszaki tapasztalatai Magyar Tudományos Akadémia Agrár-Műszaki Bizottság XXV. Kutatási És Fejlesztési Tanácskozás. in print
57. **Neményi, M.- Pecze, Zs.- Mesterházi, P.Á.- Kiss,E.:** 2001a Engineering environment of the precision crop production Hungarian Agricultural Engineering. in print
58. **Patchen Inc. :** 2001 Weedseeker® termékismertető
59. **Pecze Zs.:** 1998. Termőhelyspecifikus mezőgazdaság (precíziós gazdálkodás). Növényvédelmi Tanácsok 07, 05:37-40.
60. **Pecze Zs., - Kalmár S.:** 1999 Termőhelyspecifikus gazdálkodás a gyakorlatban. Növényvédelmi Tanácsok 08, 12:13-15.
61. **Pecze,Zs. - Neményi,M. - Kiss,E. - Petróczki,F.:** 1999: Investigation of the accuracy of the RDS yield mapping system. 2nd European Conference on Precision Agriculture Abstracts. Odense, Denmark. 11-15. July.
62. **Pecze,Zs. - Neményi,M. - Petróczki,F. - Gergely,S.:** 1999 Hozamtérképek helyspecifikus felvételének műszaki háttere (GPS). Magyar Tudományos Akadémia Agrár-Műszaki Bizottság XXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Témáinak Összefoglalói. **Gödöllő. Január 19-20.**
63. **Pecze,Zs. - Neményi,M. - Mesterházi,P.Á.:** 2001 A helyspecifikus tápanyagvisszapótlás műszaki háttere. Mezőgazdasági Technika. .42, 02:5-6.
64. **Pecze,Zs. - Neményi,M. - Mesterházi, P.Á. - Kiss,E.:** 2001a Termés- és talajadatokra alapozott helyspecifikus műtrágyakijuttatás. MTA Agrár- Műszaki Bizottság XXV. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. in print.

65. Az Ácsi "Egyetértés" Mg.Tsz. genetikus üzemi talajtérképe. **Pest megyei. Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás Agrokémiai és Talajtani csoport Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet. 1978**
66. **Reitz,P.:** 1992 Ertragskartierung Technische Einrichtungen für den Mähdrescher. Landtechnik 47,6:273-276.
67. **Sági F.:** 1996. Precíziós gazdálkodás az EU-ban, különös tekintettel a termés biológiai értékének növelésére. Tématanulmány Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest.
68. **Schmerler,J - Basten,M.:** 2000 Technological results of the site-specific fertilization and seeding from a farm in Eastern Germany. Magyar Tudományos Akadémia Agrár-Műszaki Bizottság XXIV. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás 2000. 01. 18-19-én megtartott előadásán elhangzott szóbeli közlés.
69. **Schmerler,J.:** 1999 Bewertung einer teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Landtechnik 54, 04:216-217
70. **Schneider,H., Reitz,P., Wacker,P., Kutzbach,H.D.:** 1996. Automatische Maschineneinstellung. Landtechnik 51, 04:202-203
71. **Schnug, E.- Panten, K.- Haneklaus, S.:** 1998. Sampling and Nutrient Recommendations- the Future. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 29(11-14), 1455-1462.
72. **Stafford,J.V.:** 1999 An investigation into the within-field spatial variability og grain quality Precision agriculture '99 part 1, 353-361.
73. **Stafford,J.V., Lark,R.M, Jaggard, K.W and Fisher, S.J.:** 1999. Comparing yield variation in beet rotations, 2nd European Conference on Precision Agriculture, Odesse Congress Centre, Denmark, 1999, július 11-15.

74. **Stoll,A.:** 2000. Schwadführung mit GPS. Landtechnik 55, SH:104-105.
75. **Sudduth,K.A., Hummel,J.W., Chan,M.D.:** 1991. Soil organic matter sensing: a developing science. In:Proc. 1991. Symp. on Automated Agriculture for the 21st Century, Chikago, dec.16-17. ASAE11-91. St. Joseph, MI, 307-316.
76. **Szaxon,A.:** 1999. A hozamtérkép készítése műholdas rendszer (DGPS) segítségével. Tudományos Diákköri Dolgozat PATE Mezőgazdaságtudományi Kar, Agrárműszaki, Élelmiszeripari és Környezettechnikai Intézet
77. **Szuhanyik,J.:** 2000. Térinformatikai adatok aktualizálása. Geomatika Geodéziai, térképészeti, térinformatikai szakfolyóirat 06, 04:24-25.
78. Elektronika, mérés, mérnöki pontosság.Szerk.:**Takátsy T.:** 2000 Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
79. **Tóth,Á.:** 2000. Távérzékelés: az interregionális, környezettudatos gazdálkodás eszköze. Geomatika geodéziai, térképészeti, térinformatikai szakfolyóirat 06, 05:4-6.
80. TVG tápanyagvizsgáló laboratóriumi módszerfüzete. **MÉM. Növényvédelmi és Agrokémiai Központ**, Budapest, 1978.
81. **Yost,R.S., Uehara,G., Fox,R.L.:** 1982. Geostatistical analysis of soil chemical properties. II. Kriging. Soil Sci. Soc. Am.J. 46. 1033-37.
82. **Yule.I.J. - Crooks,E.:** 1996. Precíziós gazdálkodás: a hiányosságok ára. (Precision Farming: the price of imperfection.) Landwards. 51, 01:5-9.
83. **Varga,M.:** 1999 Leszállópálya a búzaföl alatt. Geomatika Geodéziai, térképészeti, térinformatikai szakfolyóirat. 05, 07:13.

84. **Wartenberg,G.:** 2000. Praktische Ergebnisse von Untersuchungen zur ortspezifischen Unkrautbekämpfung. Az MTA AGRÁR-MŰSZAKI BIZOTTSÁG, XXIII. KUTATÁSI ÉS FEJLESZTÉSI TANÁCSKOZÁS, Gödöllő, 2000. 01. 18-19-én elhangzott előadás.
85. **Weber,W.:** 1997a Erträge automatisch erfassen, erster Schritt zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. dlz Agrarmagazin Sonderheft, 10-16.
86. **Weber,W.:**1997b USA als Trendsetter, Technik und Beratung als Paket. dlz AgrarmagazinSonderheft, 17-20.
87. **Wild,K - Schuring,M - Rödel,G.:** 1997 Bodenbeprobung. Landtechnik 52, 03:122-123.