

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

NAGY SÁNDOR

MOSONMAGYARÓVÁR
2004

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
Növényvédelmi Tanszék**

Iskolavezető és alprogramvezető:

**DR. KUROLI GÉZA
MTA doktora**

Témavezető:

**DR. habil. REISINGER PÉTER
mezőgazdasági tudomány kandidátusa**

**A GYOMFELVÉTELEZÉSI MÓDSZEREK
FEJLESZTÉSE A PRECÍZIÓS GYOMSZABÁLYOZÁS
TERVEZÉSÉHEZ**

Készítette:

NAGY SÁNDOR

**MOSONMAGYARÓVÁR
2004**

A GYOMFELVÉTELEZÉSI MÓDSZEREK FEJLESZTÉSE A PRECÍZIÓS GYOMSZABÁLYOZÁS TERVEZÉSÉHEZ

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta: Nagy Sándor

Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem Precíziós növénytermesztési
módszerek Doktori Iskola Növényvédelmi módszerek és növénykezelések
precíziós termelésorientált integrálása alprogramja keretében

Témavezető: Dr. habil. Reisinger Péter

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....

A jelölt a doktori szigorlaton 100% -ot ért el,

Mosonmagyaróvár 2003. október 1.

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló: (Dr. Lehoczky Éva) igen /nem

Második bíráló: (Dr. Béres Imre) igen /nem

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el,

Mosonmagyaróvár, 2004.

A Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

Összefoglalás

A dolgozatban ismertetett vizsgálatok során az általában 0,5 ha mintasűrűségű rácsháló gyomfelvételezés a kísérleti területek gyomviszonyait jól jellemezte. Az elkészített 3D gyomtérképeken a gyomok táblán belüli elterjedése szemléletesen ábrázolható, és azok populációdinamikai változások követésére is kiválóan alkalmasak. A talaj-gyomnövény kölcsönhatások a változók térbeli elemzésével hatékonyan tanulmányozhatók. Az évelő gyomfajok előfordulásáról készített térképek a helyspecifikus herbicid kijuttatáshoz alapadatként szolgálhatnak. Az összes gyomborítás multispektrális felvételek készítésével a becslésnél pontosabban mérhető.

Summary

Weed characteristics of the investigated fields were suitably represented by the application of the 0,5 ha sampling density systematic net sampling method. The elaborated 3D weed maps illustrate the weed distribution within the field, and these maps are also suitable to follow population dynamic changes. Soil-weed interactions could be effectively investigated with the spatial analysis of the variables. Weed maps of perennial weeds could be used as input data for precision herbicide treatments. Total weed cover could be measured more accurately with multispectral images compared to the prediction or estimating methods.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	10.
1.1. A kutatás előzményei, célkitűzések	14.
1.1.1. A kutatási probléma meghatározása	14.
1.1.2. Kutatási hipotézisek	16.
1.1.3. Kutatási célok	17.
2. Irodalmi áttekintés	19.
2.1. A precíziós mezőgazdaság	19.
2.1.1. A precíziós mezőgazdaság fogalma, jelentősége	19.
2.1.2. A precíziós mezőgazdaság feltételrendszere	24.
2.1.3. Precíziós növényvédelem és gyomszabályozás	26.
2.2. Műholdas helymeghatározás és navigáció	31.
2.2.1. A GPS kialakulása és felépítése	31.
2.2.2. A GPS működése	35.
2.2.3. A GPS hibái	36.
2.2.4. Differenciális GPS mérés (DGPS)	38.
2.2.5. A GPS jövője	40.
2.3. Földrajzi információs rendszerek (GIS)	42.
2.3.1. A GIS fogalma	42.
2.3.2. A GIS típusai	44.
2.3.3. Adatgyűjtés és feldolgozás	46.
2.4. Automatizált kijuttatástechnika	48.
2.5. Gyomfelvételezési módszerek	53.
2.5.1. Egzakt, mérésen alapuló hagyományos módszerek	54.

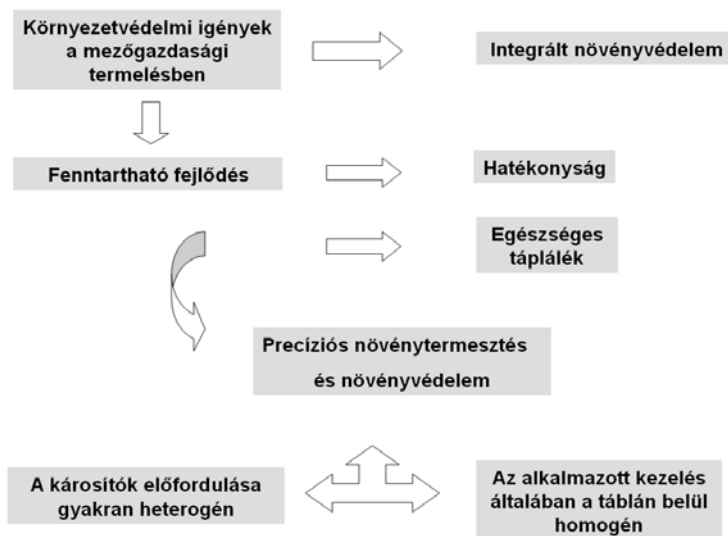
2.5.2. Becslésen alapuló hagyományos módszerek	55.
2.5.3. A gyomfelvételezések időpontja	57.
2.5.4. A gyomfelvételezési mintateretek nagysága	58.
2.5.5. A mintateretek kijelölése a táblán	59.
2.5.6. A gyomfelvételezési adatok feldolgozása	60.
2.5.7. Gyomirtástervezés gyomfelvételezések alapján	60.
2.6. Gyomfelvételezés a precíziós gyomszabályozásban	61.
2.6.1. Terepi gyomfelvételezés	62.
2.6.1.1. Becsléses módszerek	62.
2.6.1.2. Méréses módszerek	69.
2.6.1.3. Számítógépes képfeldolgozás	70.
2.6.1.4. Alakparaméterek alapján történő képelemzés	71.
2.6.1.5. Spektrális tulajdonságokon alapuló képelemzés	74.
2.6.2. A távérzékelés és felhasználása a gyomtérképezéshez	77.
2.6.2.1. A távérzékelés lehetőségei a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez	88.
2.6.2.2. A gyomnövények elkülönítésének lehetőségei	97.
3. Anyag és módszer	103.
3.1. A gyomfelvételezési mintateretek kijelölési módja	103.
3.2. A mintateretek kijelölési sűrűsége	107.
3.3. A gyomtérképek elkészítésének módja	109.
3.4. Évelő gyomfajok foltjainak térképezése	112.
3.5. Talajtulajdonságok és egyes gyomfajok elterjedésének összefüggései	115.
3.6. Populációdinamikai vizsgálatok	116.

3.7. Tankolásonként változtatható gyomirtási technológia	
tervezése	118.
3.8. A távérzékelés felhasználása a gyomtérképezéshez	122.
3.8.1. Modellkísérletek	122.
3.8.2. Multispektrális felvételek készítése	128.
4. Eredmények	131.
4.1. A gyomfelvételezési mintaterек kijelölési ideje és módja	131.
4.2. A mintaterек kijelölési sűrűsége	136.
4.3. Gyomtérképek készítése	140.
4.4. Évelő gyomfajok foltjainak térképezése	146.
4.5. Talajtulajdonságok és egyes gyomfajok elterjedésének összefüggései	151.
4.6. Populációdinamikai vizsgálatok	155.
4.7. Tankolásonként változtatható gyomirtási technológia tervezése	159.
4.8. A távérzékelés lehetőségei a gyomtérképezéshez	161.
4.8.1. Modellkísérletek	161.
4.8.2. Multispektrális felvételek készítése	163.
5. Új tudományos eredmények (tézisek)	167.
6. Következtetések, javaslatok	169.
7. Összefoglalás	174.
8. Summary	176.
9. Köszönetnyilvánítás	178.
10. Irodalomjegyzék	179.
11. Mellékletek	

1. Bevezetés

A XX. század utolsó évtizedei óta a Föld népességének folyamatosan gyorsuló növekedésével szemben a mezőgazdaságilag művelt területek egyre nagyobb arányú csökkenése figyelhető meg.

Ezzel párhuzamosan a fokozódó környezetvédelmi elvárások és a mezőgazdaság fenntartható fejlődésének (Darvas 1997) igénye (Csavajda 2002, Csete 2003) új technológiák (1. ábra) kifejlesztését követelték meg (Ángyán és Menyhért 1997).



1. ábra: A fenntartható mezőgazdasági fejlődés és a precíziós növényvédelem összefüggései

Kialakult az integrált növényvédelem rendszere (Petróczi in Kovács, 1999), amely az okszerű, indokolt peszticid felhasználás által a környezeti terhelés csökkentését tűzte ki célul (Balázs, 1989). A

minimális és zéró talajművelés, az integrált termesztés (Polgár 1999, Bognár et al. 2003), az ökológiai és „bio” gazdálkodás (Kovács 1999, Polgár 1999, Győrffy 2000 és Radics 2001) mint nem „iparszerű” növénytermelési rendszerek alternatívákat nyújtanak a hagyományos, kizárólag csak a kemikáliák nagymértékű felhasználására alapozott technológiákkal szemben. Céljuk az agrár ökoszisztémák működésének közelítése a természetes rendszerekéhez, kevesebb vagy nulla peszticid-felhasználással egészséges élelmiszerek előállítása. Az ezredforduló környékén nyilvánvaló szemléletváltozás következett be, és napjainkban is a környezetvédelmi szemlélet egyre inkább jelentőséget kap a fenntartható mezőgazdaság növényvédelmében (Gáborjányi et al. 1995).

Az 1990-es években az USA-ból a térinformatika, a műholdas helymeghatározás, valamint a hardver- és szoftvertechnológia fejlődése által elinduló precíziós növénytermesztés és növényvédelem (Tamás 2001) irányzata is egy megoldási lehetőséget kínál a fent említett problémákra. Napjainkra a precíziós gazdálkodás az USA-ban és Ausztráliában már a napi mezőgazdasági gyakorlat részévé vált, amit amerikai és ausztrál szerzők nagyszámú szakirodalmi közlése is bizonyít.

A technológia elsősorban az eltérő birtokszerkezet, üzemi és technológiai háttér miatt jóval lassabban terjed Európában. Az utóbbi években már hazánkban is megfigyelhető a precíziós mezőgazdaság meghonosodása. Ökonómiai és agronómiai témájú közleményekben, tudományos konferenciákon egyre gyakrabban merülnek fel a precíziós gazdálkodás kérdései. A hozamtérképezés (Reitz 1992, Demmel 1997, Kalmár 2000, Kalmár és Pecze 2000 és Neményi et al. 2001) szinte napi gyakorlattá vált hazánkban és helyspecifikus tápanyag kijuttatás (Czinege

et al. 2000, Pecze et al. 2001a, Pecze et al. 2001b) is már üzemi szinten folyik egyes nagyüzemi rendszerek keretei között.

Célszerű és kívánatos volna, ha a precíziós növénytermesztési és növényvédelmi technológiák egyre inkább növekvő súllyal helyet kapnának az agrár környezet-gazdálkodási programokban és jelentős pályázati források támogatnák a helyspecifikus eljárások szélesebb körű elterjedését. Sajnos a magyar mezőgazdaság mai helyzete, a kialakulatlan termelési szerkezet és a tőkehiány együttesen is akadályozzák az ilyen intenzív technológiák elterjedését.

A precíziós növényvédelmi kezelések célja, hogy csak az indokolt helyen és lehetőleg az optimális peszticid kombinációval és dózissal védekezzünk. Ennek megfelelően a gyomszabályozás során a táblán csak ott védekezzünk, ahol a gyomfajok ténylegesen előfordulnak.

Azonban a nem valós idejű foltkezelések tervezéséhez és végrehajtásához ismerni kell a károsítók (gyomok) pontos elterjedését, amely táblaszintű térképezést igényel.

A gyomtérképek felhasználása alapvetően kettős lehet. Egyrészt alkalmasak gyomökológiai vizsgálatokhoz: egyes fajok betelepülésének, elterjedésének, szaporodásának, populációdinamikájának jellemzésére (Nagy 2002). Természetesen egy gyomfolt méretbeli változása csak megfelelő felbontású térképezéssel mutatható ki. A gyomtérkép olyan vizuálisan megjelenített információt ad, amely nagy tömegű gyomfelvételezési adatból nem olvasható ki. A vizsgált tábla talajtulajdonságainak (humusz, kötöttség, tápanyagtartalom, vízgazdálkodás) térképezése után azokat az egyes fajok elterjedésével összevetve általános következtetések vonhatók le az adott termőhelyen a

gyomnövények elterjedését befolyásoló talajtényezőkre vonatkozóan (Kömíves et al. 2003). Ezért egy pontos gyomtérkép ökológiai, populációdinamikai kutatások fontos segédeszköze lehet.

A nem valós idejű sávos, táblarész-specifikus és precíziós herbicides kezelések tervezéséhez a gyomtérkép alapidokumentumként szolgál (Reisinger et al. 2001).

A precíziós növényvédelmi kezelésekkal gyakran jelentős mennyiségű peszticid takarítható meg (Nagy et al. 2003), amely egyrészt a költségcsökkentés, másrészt a környezeti terhelés minimalizálása által komoly előnyökkel jár.

A precíziós technológiák elterjedését nagy beruházási igényük, az eszközök gyors fejlődése és elavulása mellett a komoly és speciális szaktudás-igényük is hátráltatja. Azonban ahogy egy évtizede nem volt pontosan megjósolható az Internet és a mobil távközlési technológia hihetetlen mértékű elterjedése, úgy ma a precíziós mezőgazdaság jövőbeni térhódítása sem látható pontosan.

1.1. A kutatás előzményei, célkitűzések

A Nyugat-Magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karán akkreditált Precíziós növénytermesztési módszerek Doktori Iskola keretei között, a rendelkezésre álló tárgyi és személyi feltételek mellett a szerzőnek lehetősége nyílt a precíziós mezőgazdaság, a precíziós növényvédelem területén belül a helyspecifikus gyomszabályozás feltételeinek és lehetőségeinek vizsgálatára.

1.1.1. A kutatási probléma meghatározása

A növénytermesztési és növényvédelmi gyakorlatban régóta ismert tény, hogy a mezőgazdasági táblákon a károsítók elterjedése gyakran heterogén (nem megváltoztatható tényező), sokszor foltszerű, ezzel szemben az alkalmazott kezelések a táblán belül homogének (megváltoztatható tényező), tehát táblaszintű technológiák valósulnak meg.

A térbeli eloszlás lehet véletlen (szórványos) és foltszerű (Hartzler 1999). A heterogén előfordulás különösen szembetűnő a gyomok esetében: „a gyomborítottság és mintázata gyakran térben heterogén, amely olyan területeket eredményez, ahol aggregált gyomfoltok vannak, illetve ahol kevés vagy egyáltalán nincs gyomnövény” (Berzsenyi 2000).

A károsítók előfordulásának heterogenitása elsősorban azok ökológiai igényeinek és a táblán belüli eltérő környezeti tényezők kölcsönhatásából származik. A kórokozót vizsgálva jellegzetesen a tábla mélyebb

fekvésű foltjain károsítanak inkább a gabona szártőbetegségeket okozó gombafajok. A vetésfehérítő bogarak (*Oulema* spp.) gyakran sávokban fordulnak elő a területen, egyes vándorló, illetve a telelőhelyről előjövő rovarfajok is gyakran a tábla egy oldalán kezdik meg betelepedésüket. A foltok több pontból kiindulhatnak, majd azok számának és méretének növekedésével összefolyhatnak és a tábla egy részén vagy egészén általános fertőzés keletkezhet. A károsítók térbeli elterjedésének és egyedszám-változásának elemzésével a gradológia tudománya foglalkozik (Bürgés 1994).

A gyomnövények foltszerű elterjedése különös figyelmet érdemel, mivel helyhez kötött voltuk miatt észlelésük pontosabb. A foltszerű terjedés az évelő fajok vegetatív úton szaporodó egyedeire különösen jellemző (Hunyadi 1988, Hunyadi et al. 2000).

A nagyüzemi gazdálkodás során kialakított nagy területű, sokszor a 100 ha-t meghaladó méretű táblák lehetővé teszik a korszerű, nagy teljesítményű erő- és munkagépek hatékony üzemeltetését, azonban gyakran nagymértékű változékonyság figyelhető meg. Több genetikai talajtípus is előfordulhat ugyanazon táblán belül (Czinege et al. 2000), és a területen akár 20-30 m szintkülönbség is lehet. Ezért az igen eltérő víz- és tápanyag-gazdálkodású foltokon eltérő ökológiai feltételek mellett különböző lesz a növényállomány fejlődése és az ott előforduló károsítók egyedsűrűsége és fajösszetétele.

A heterogenitás térképezésre a következő lehetőségek kínálóznak:

- Adatgyűjtés közvetett módon (hozamtérképek elemzésével)
- Felvételezés terepi bejárással (manuális adatrögzítés)
- A távérzékelés felhasználásával (légi vagy űrfelvételek)

A fentiekből könnyen belátható, hogy az eltérő ökológiai adottságú táblarészek eltérő, „cella-szintű” kezeléseket igényelnek, amelyeket a rohamosan fejlődő térinformatika és automatizálás eszközeinek felhasználásával a precíziós mezőgazdasági termelés - a gazdaságossági és környezetvédelmi igények egyidejű kielégítésével - képes megvalósítani.

Fontos hangsúlyozni, hogy a fő cél nem a heterogenitás által okozott terméskülönbségek kiegyenlítése, hanem az adott táblarészre optimalizált, leghatékonyabb kezelés megvalósítása!

1.1.2. Kutatási hipotézisek

- A fenntartható mezőgazdasági termelés megvalósításának egyik hatékony és a jövőben perspektivikus eszköze lehet a helyspecifikus és precíziós gyomszabályozás.
- Az általános és erős gyomosodást mutató táblákon nem célszerű a lokális kezeléseket végrehajtása.
- A heterogén, foltszerű gyom-előfordulású területeken a helyspecifikus kezeléseket végrehajtásához a gyomnövények előfordulását azonosítani, térképezni szükséges.
- A precíziós gyomszabályozás adatgyűjtési igényeihez a hagyományos gyomfelvételezési módszerek továbbfejlesztése szükséges. A becsléses eljárásokkal szemben az egzakt, mérésen alapuló felvételezést, a monitornig jellegű vizsgálatokkal szemben a teljes terület felvételezését kell előtérbe helyezni.

- A precíziós gyomszabályozás különleges igényeket támaszt a gyomfelvételezési mintateretek kijelölési módjával és a mintasűrűséggel szemben.
- A távérzékelés felhasználásával a felvételezés teljesítménye jelentősen növelhető és fajlagos költségei csökkenthetők.
- Az így kapott adatok alapján alacsonyabb herbicid-felhasználással hatékonyabb (precíziós) gyomszabályozás valósítható meg.
- A több éven át végzett adatgyűjtés során felépített adatbázis (GIS) segítségével a táblák gyomosodási tulajdonságai jobban megismerhetők, hatékonyabb alapkezelések tervezhetők.

1.1.3. Kutatási célok

A precíziós növénytermesztés és növényvédelem sikeres alkalmazása számos tudományterület (mezőgazdasági gépüzemeltetés, mikroelektronika, szoftvertechnológia, térinformatika, geodézia, távérzékelés, számítógépes képfeldolgozás, talajtan, agrokémia, növénytermesztés, növényvédelem, géntechnológia stb.) együttes alkalmazását feltételezi. Ma azt mondhatjuk, hogy a műszaki feltételek többé-kevésbé rendelkezésre állnak, „mindössze” az emberi tényező, a szaktudás hiányzik a technológia tömegessé válásához, amely a napi munkához szükséges eljárásokat kidolgozza és rendszerbe foglalja.

A precíziós gyomszabályozás gyakorlati megvalósításához tehát a műszaki feltételek alapvetően rendelkezésre állnak, a problémát ma a pontos és gazdaságos gyomdetektálás és gyomtérképezés jelenti.

A dolgozat célja a precíziós gyomszabályozás elveinek, feltételrendszerének bemutatásából kiindulva a helyspecifikus és

precíziós technológiák alkalmazási lehetőségeinek elemzése. Ezen belül a precíziós technológiába illeszthető gyomfelvételezési módszerek vizsgálata, a mérésen alapuló gyomfelvételezés tanulmányozása, a fototechnikai és távérzékelési módszerek és az ezekhez szorosan kapcsolódó gyomtérképezés lehetőségeinek kutatása, az egyszerűbb helyspecifikus és az automatizált kezelések tervezése, a gyakorlat számára is hasznosítható módszertan kidolgozása.

2. Irodalmi áttekintés

A precíziós mezőgazdasággal és növényvédelemhez kapcsolódó tudományok nagy száma és a terület egyre inkább kutatott jellege miatt a témában az elmúlt 10-15 évben óriási mennyiségű irodalom halmozódott fel. Az Interneten is nagy tömegű információ található a témában (2. melléklet). A dolgozat terjedelmi keretei miatt ennek csak összefoglaló jellegű áttekintésére van lehetőség.

2.1. A precíziós mezőgazdaság

A precíziós mezőgazdaság fogalmának tisztázásához célszerű több szerző definícióját ismertetni, a feltételrendszerét, majd ökonómiai jelentőségét bemutatni, végül a precíziós növényvédelem és gyomszabályozás kérdéseit részletezni.

2.1.1. A precíziós mezőgazdaság fogalma, jelentősége

A precíziós mezőgazdaság az Információs Társadalomnak és a tömegessé váló Információs Technológiának (IT) a mezőgazdasági szakterületen történő leképeződése (Tamás 2001). Csete (2002) szerint is a precíziós növénytermelés az IT egy mezőgazdasági alkalmazási területe.

A precíziós mezőgazdaság témájában az első konferenciát 1992-ben az Amerikai Egyesült Államokban, Minnesotában tartották (Kalmár 2000). „A site specific crop management (termőhely-specifikus növénykezelési rendszer): olyan információ és technológiai alapú mezőgazdasági termelési rendszer, amelynek célja meghatározni,

analizálni és „kezelni” a mezőgazdasági táblán belül előforduló talaj, tér és időbeli variabilitást, az optimális jövedelmezőségért, a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságáért, valamint a környezet megóvásáért” (Moore et al. 1993 in Kalmár 2000).

A „precision farming” (precíziós gazdálkodás): valamennyi növénytermesztési input (műtrágya, mész, növényvédőszer, rovarölőszer, vetőmag stb.) helyspecifikus szabályozása a veszteség csökkentése, a nyereség növelése és a környezet minőségének megőrzése céljából (Morgan és Ess 1997 in Kalmár 2000).

Elsősorban az angol nyelvű szakirodalom hatására azonban számos bizonyos részfunkciót jobban kiemelő névvel is illetik ezt a rendszert. A termőhelyhez alkalmazkodó gazdálkodás (site specific production) a környezeti igényeket jobban figyelembe vevő, a fenntartható gazdálkodási igényeket kielégítő gazdálkodási forma jellegét jobban hangsúlyozza, míg a termőhelyhez alkalmazkodó technológia (site specific technology) a termőhelyi sajátosságokat jól kihasználó technológiai rendszerre utal. Ugyancsak a technológiai aspektusokat emeli ki a térben változó technológiai név (spatial variable technology) kevésbé figyelembe véve az adatgyűjtést és az összetett térbeli döntéstámogatást (spatial decision supporting system). A műholdakról vezérelt technológia (satellite farming) egyoldalúan a globális helymeghatározási rendszer (GPS) és a távérzékelés jelentőségét emeli ki, ugyanakkor kevésbé mutat rá a földi szenzorok és műveleti fedélzeti számítógépek hasonló fontosságára (Tamás 2001). A fentiekén kívül Györfly (2000) szinonim kifejezésként a high-tech farming fogalmat is említi.

A szakirodalomban használatos más hasonló kifejezések a „farming by soil”; „farming soil, not fields”; „spatially prescriptive farming”; „computer aided farming”; „high-tech sustainable agriculture”; „site specific crop management” (Czinege 1999 in Kalmár 2000).

A precíziós mezőgazdaság úgy is felfogható, mint egy térinformatikai alapokon nyugvó mezőgazdasági döntéstámogatási rendszer és gazdálkodási forma, amely figyelembe veszi a termőhely térbeli heterogenitását (Nagy 2002). Ugyanis az egyes heterogén táblarészek földrajzi pozícióihoz rendeljük hozzá a heterogenitást mérő változót vagy változókat, amely térinformatikai adatbázis (GIS) feldolgozásával történik a változékonysághoz alkalmazkodó technológia tervezése és végrehajtása. Ezért ez a szemlélet alapjaiban különbözik a korábbi, a táblát egyetlen homogén kezelési egységként tekintő gazdálkodástól (2. ábra).

Győrffy (2000) szerint „a precíziós mezőgazdaság magába foglalja a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, táblán belül változó technológiát, integrált növényvédelmet, a csúcstechnológiát, távérzékelést, térinformatikát, geostatistikát, a növénytermesztés gépesítésének változását és az információs technológia vívmányainak behatolását a növénytermesztésbe. Jelenti továbbá a talajtérképek mellett a terméstérképek készítését és termésmodellezést, talajtérképek összevetését a terméstérképekkel, kártevők, gyomok, betegségek táblán belüli eloszlásának törvényszerűségeinek figyelembe vételét.”

Hagyományos mezőgazdaság	Precíziós mezőgazdaság
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mezőgazdasági kezelési és szervezési egység a mezőgazdasági tábla, amelyet homogén termőhelyi tulajdonságúnak fogadunk el. <input type="checkbox"/> Átlagolt mintavételezésen alapuló tápanyag-gazdálkodás. <input type="checkbox"/> Átlagolt növényvédelmi kárfelvételezés és beavatkozás. <input type="checkbox"/> Azonos tőszám, fajta. <input type="checkbox"/> Homogén vízgazdálkodás. <input type="checkbox"/> Azonos gépüzemeltetés. <input type="checkbox"/> Táblaszinten egységes növényállomány térben és időben. <input type="checkbox"/> A gazdasági értékelés alapja a táblaszintű átlagtermésen alapuló költség/jövedelem viszonyok. <input type="checkbox"/> A döntési alternatívák száma az elemzés során viszonylag kevés, amely a térbeli összefüggéseket korlátozottan képes figyelembe venni. <input type="checkbox"/> Információs és kommunikációs eszköztár részfeladatokat támogat. 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mezőgazdasági és szervezési egység a termőhely, amelyet pontról pontra eltérőnek és táblaszinten heterogénnek fogadunk el. <input type="checkbox"/> Műholdas helymeghatározás alapú pontszerű mintavételezés és adatgyűjtés (talajállapot, növényállapot). <input type="checkbox"/> Geostatisztikai interpolálás alapján „homogénként” lehatárolt táblán belüli termőhelyi blokkok. <input type="checkbox"/> Termőhelyenként változó gépüzemeltetés. <input type="checkbox"/> Termőhely szinten homogén blokkokba szervezett egységes növényállomány térben és időben. <input type="checkbox"/> A gazdasági értékelés alapja a termés megoszláson alapuló költség/jövedelem viszonyok. <input type="checkbox"/> A döntési alternatívák száma nagy, amely az elemzés során a térinformatikai eszközök révén a térbeli összefüggéseket kiemelten képes figyelembe venni. <input type="checkbox"/> Az Információtechnológia a természetis valamennyi fázisában egységes rendszert alkotva jelen van.

2. ábra: Főbb különbségek a hagyományos és a precíziós gazdálkodás között (Forrás: Tamás 2001)

„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).

Pitlik és Pető (2002) véleménye alapján a precíziós gazdálkodás esetleges nagyobb mértékű elterjedése a valódi igényeket kielégíteni képes mezőgazdasági információs rendszerek alkalmazása felé mutat. A precíziós technológiai jelen és jövőbeli alkalmazásának jelentőségét mutatja, hogy ma e témakör áll a növénytermesztési, talajtani, gépesítési kutatások és fejlesztések középpontjában (Györfy 2000).

„A precíziós, helyhez kötött, termőhely-specifikus gazdálkodási megoldások a jövőben egyre nagyobb szerephez jutnak a környezethez alkalmazkodó, fenntartható és gazdasági haszonnal járó mezőgazdasági rendszerek (hazai és külföldi) működése során (Kuroli in Kovács 1999).

Azonban a magyar mezőgazdaság jelenlegi problémái miatt ma nem a gyakorlati megvalósítás kerül előtérbe, ennek ellenére az ésszerű és gazdaságos intenzív növénytermelés jövőbeni útja lehet. A precíziós gazdálkodásra áttérni kívánó gazdálkodók számára a problémát még hosszabb ideig a számítógépes gyakorlat hiánya fogja jelenteni (Christensen és Krause 1996 in Pecze 2001) Természetesen minél nagyobb valamely földterületen a heterogenitás (amely felületi átlagértékekkel jellemezhető), annál nagyobb a precíziós gazdálkodás hatékonysága (Sági 1996). Fenyvesi et al. szerint „a piacközpontú technológiafejlesztés célja a mezőgazdasági termelő piaci eredményességének optimalizálása, rugalmasságának, alkalmazkodóképességének növelése”, amelynek eszköze a GIS, így a precíziós gazdálkodás is.

A precíziós gazdálkodás hatékony alkalmazása érdekében Kalmár és Salamon (2002) a következőket állapították meg: a technológia alkalmazása elsősorban a nagyüzemi, intenzív gazdálkodást folytató termelők számára ajánlható, ahol modern géppark áll rendelkezésre és az eszközrendszert üzemeltető szakemberek anyagi érdekeltsége biztosítható. A szerzők véleménye szerint a technológia a kisebb területeken gazdálkodók számára is elérhetővé válhat, amennyiben a táblák heterogenitása indokolttá teszi és rendelkezésre áll a megfelelő

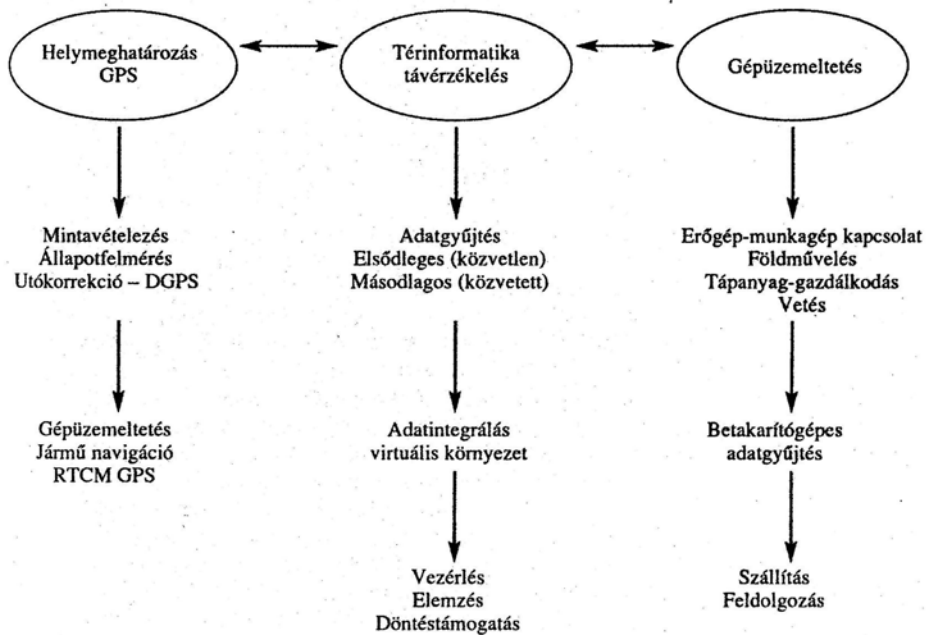
szaktanácsadói döntéstámogató rendszer és gépi bérvállalkozók vagy integrátorok segítségével.

Székely és munkatársai (2000) fontosnak tartják, hogy a precíziós technológia hazai bevezetése során ne keletkezzen jelentős lemaradásunk a fejlettebb országokhoz képest, de ugyanakkor felesleges, idő előtti beruházások se történjenek. Vizsgálataik során egy 35 ha területű őszi búza táblán a precíziós módszerek alkalmazásával mintegy 500 000 Ft jövedelemnövelés érhető el. 4-500 ha-on 5,7-7,1 millió Ft jövedelemnövekedés realizálható, természetesen ezzel szembe kell állítani a technológia beruházás költségeit.

2.1.2. A precíziós mezőgazdaság feltételrendszere

A precíziós mezőgazdaság meghatározó elemei (3. ábra): a nagy pontosságú folyamatos helymeghatározás, az elemzés térinformatikai és távérzékelési eszköztára és a magas szinten automatizált terepi munkavégzés (Tamás 2001).

A műholdas helymeghatározás, a GPS elterjedése a precíziós technológia kialakulásának alapvető feltétele volt. A táblák egyes pontjain mérni kell a változó tényezőket, így esetünkben a gyomborítást vagy gyom darabszámot. Ahhoz, hogy a kezeléskor később ezekre a pontokra visszataláljunk, szükséges a pontos helymeghatározás. Ma ezt a mezőgazdasági gyakorlatban a valós idejű DGPS segítségével valósíthatjuk meg. A táblán rögzített adatokat térinformatikai programokkal dolgozzuk fel.



3. ábra: A precíziós mezőgazdaság feltételrendszere (Forrás: Tamás 2001)

Az egyes mintázott pontokhoz tartozó gyomborítottági értékekből a feldolgozás során gyomtérkép készíthető, amely a táblán pontosan mutatja egyes gyomfajok vagy fajcsoportok elterjedését, ezzel a helyspecifikus kezelés tervezését és végrehajtását teszi lehetővé.

Az automatizált kijuttatás során a permetezőgépet üzemeltető traktor DGPS vevővel folyamatosan méri pozícióját a táblán és érzékelők vagy irodában elkészített térkép alapján csak azokon a területeken, esetleg csak olyan permetlé mennyiséggel vagy gyomirtó szer dózissal permetez, amelyet a kezelést tervező személy előre meghatározott.

A korszerű erő- és munkagépek a szükséges eszközökkel ellátva alkalmasak a precíziós kezelések végrehajtására, ezért gépvásárláskor

csak a precíziós kezelések végrehajtásához szükséges tartozékok jelentenek pótlólagos beruházási költségeket.

A hazai piacon már megvásárolhatók az egyes gyártók (Agrocom, John Deere, RDS, Trimble stb.) precíziós mezőgazdaságot támogató rendszerei, azonban a helyspecifikus kezelések végrehajtásához azoknak megfelelő bemenő adatokra (esetünkben a gyomtérképekre) van szükségük. Ezek előállítását a leendő felhasználók (3. melléklet) vagy szolgáltató vállalkozások feladata. Itt kell megállapítani azt, hogy a technológia mai szintjén a GPS navigáció, a térinformatikai feldolgozó hardver és szoftver eszközök, valamint a permetező és egyéb munkagépeket szabályozó automatikák a kisebb-nagyobb problémák ellenére a gyakorlati alkalmazásra érett megoldások.

2.1.3. Precíziós növényvédelem és gyomszabályozás

A precíziós mezőgazdaság fogalmánál ismertetett meghatározások alapján általánosan a precíziós növényvédelem lényegét talán úgy lehet megfogalmazni, hogy olyan növényvédelmi kezeléseket jelent, melyek során csak azokon a táblarészekén történik kezelés, ahol azt a károsító egyedszáma vagy a kártétel indokolttá teszi, esetleg az alkalmazott peszticid dózisa vagy a kombinációs partnerek aránya is annak megfelelően változtatható.

A precíziós kifejezés magyar változataként a szakirodalomban gyakran a helyspecifikus szó használatos. Azonban meg kell jegyezni, hogy a precíziós technológia szorosabb értelmezésében az alkalmazás helyspecifikus jellegén túl a kezelés (tehát a dózis és növényvédőszer arányok) változtatását is jelenti, tehát ebben az értelemben a precíziós

kezelések a helyspecifikusnál alkalmazkodóbb, pontosabb technológiát jelentenek. A „csak” helyspecifikus alkalmazások az ún. igen-nem kezelések. A változtatható kijuttatást a szakirodalomban leggyakrabban a VRA rövidítés (Variable Rate Application) jelöli.

A precíziós gyomszabályozás feltételrendszere:

- Pontos földrajzi helymeghatározás (DGPS)
- Informatikai, térinformatikai háttér (gyomdetektálás, gyomtérképezés)
- Automatizált kijuttatástechnika (GPS vezérelt permetező automatikák)

A precíziós gyomszabályozás alatt elsősorban a kémiai védekezéseket kell értenünk, mert az eddigi kísérletekben a vegyszeres védekezés helyspecifikus megvalósítására történtek próbálkozások (Nagy 2003).

A precíziós gyomszabályozás tervezését megkönnyíti a gyomok helyhez kötöttsége, és az a tény, hogy a magról kelő és évelő fajok előfordulása többéves gyomfelvételezési adatok alapján nagy biztonsággal előrejelezhető (Reisinger et al. 2002).

A precíziós növényvédelmi kezelésekkel jelentős költségek takaríthatók meg. Sajnos ezek a módszerek a precíziós tápanyag-kijuttatási eljárásokhoz képest még kevésbé kidolgozottak. A precíziós gyomszabályozás során az első feladat annak eldöntése, hogy a változékonyság olyan fokú-e, amelynél már gazdaságos alkalmazni a helyspecifikus technológiát, vagyis az elérhető megtakarítás eléri-e a precíziós kezelések költségeit.

A Takácsné (2002) által készített modell szerint őszi búzában precíziós növényvédelem alkalmazásával hektáronként 6790 Ft fedezeti

hozzájárulás többletet lehet realizálni, ami 17,6 %-al magasabb a hagyományos technológiához képest.

A károsítók egyedsűrűségének pontos mérésére képes eljárások erőteljes fejlesztésére van szükség. Ez a tény is indokolja a dolgozat elkészítését. A tábla pontjaihoz rendelt kezelések szükségességének elbírálásához nagyrészt hiányoznak az egyes gyomfajokra vonatkozó kritikus kártételi egyedsűrűségi értékek (Kunisch 2002), ezért a precíziós gyomszabályozási technológiák kidolgozásához a terület fokozott kutatása szükséges.

Néhány szempontot a precíziós gyomszabályozás tervezése során figyelembe kell venni. A technológia mai szintjén a teljes pontosság, a totális gyommentesség ezen módszerekkel nem, vagy csak nehezen érhető el. Ma a megfelelő pontosságú gyomtérkép elkészítése jóval nagyobb problémát jelent, mint az általa vezérelt automatizált kijuttatás. Ugyanakkor ez nem is lehet cél, a gyomok kártételének minimalizálásához hangsúlyozni szükséges a szabályozás kifejezést. A gazdaságilag elviselhető károsítás még elfogadható (Kovács 1998).

A veszélyességi küszöbérték (economic threshold) jelenti azt a károsító (gyom) egyedsűrűséget, amelynél már védekezni indokolt, mert a kezelés költségei a terméskiesés elkerülése miatt megtérülnek (Benedek 1974, 1977).

A gyomszabályozás szó használata a kalászos gabonáknál, közöttük a legfontosabb kultúra, a búza esetében helyesebb és időszerűbb is, mint a régebbi gyomirtás kifejezés (Nagy 2003b). Ugyanis a búza sűrű állományú, megfelelő agrotechnika mellett jó gyomelnyomó képességű, ezért akár vegyszeres gyomirtás nélkül is termesztendő, ami

természetesen a legritkább esetben jelent teljes gyommentességet. Az alacsony, néhány százalékos gyomosodás elfogadható, ha azt nem veszélyes gyomfajok alkotják. Az USA-ban a gabona területek csak mintegy 10-20 %-án végeznek vegyszeres gyomirtást, Németországban (Zwenger et al. 2004) ez az arány 80-95 %.

Mivel hazánk talajai gyommagvakkal nagymértékben szennyezettek, a tartamhatású alapkezelésekre szükség van, mégpedig általában teljes felületi kezeléssel. A kiegészítő állománykezelések során (hatás korrigálása, évelő és nehezen irtható fajok) nagy jelentősége lehet a precíziós gyomszabályozásnak (Nagy 2003a). Speciális gyomproblémák esetében, drága technológiák költségcsökkentésére ígéretes lehet, pl. a vadzab (*Avena fatua*) és nagy széltippan (*Apera spica-venti*) gabonákban, mezei acat (*Cirsium arvense*) cukorrépában, évelő egyszikűek ellen kétszikű kultúrákban.

A négy országos szántóföldi gyomfelvételezés adatait (Tóth 1998, 1999) elemezve megállapítható, hogy napjainkra a szántóterületeken a gyomfajok száma fokozatosan csökken, jelentőséggel egy táblán általában legfeljebb 10-20 faj bír, amely tény jelentősen megkönnyíti a precíziós gyomszabályozás tervezését.

Precíziós gyomszabályozás kivitelezésére alapvetően két lehetőség van:

Valós idejű (on-line, real time) módszerek: a gyomok felvételezése (az érzékelés) után azonnal, gyakorlatilag egy menetben következik a kezelés. A gyomok felismerése általában mesterséges látással történik, általában szín-és alakparaméterek alapján, majd a gépcsoport csak a

gyomokat permetezi. A módszer előnye, hogy teljesen automatizált és a kezelés azonnal megtörténik. Hátránya a kis munkaszélesség és alacsony haladási sebesség miatti kis területteljesítmény. Ma az eljárás kis táblaméretnek mellett és kertészeti kultúrákban tűnik perspektivikusnak. Nyugat-Európában több éve folynak ilyen kísérletek, Németországban Gerhards és munkatársai (2002) valamint Sökefeld és munkatársai (2002) irányításával.

Nem valós idejű, utófeldolgozós módszerek: a gyomfelvételezés és a kezelés időben elkülönül. A különböző gyomfelvételezési módszerek felhasználásával a kapott adatokat földrajzi pozíciókhoz (DGPS) rendelve utófeldolgozással (post processing) gyomtérkép (egy térinformatikai adatbázis) készül, majd ez alapján a védekezési, kijuttatási terv (térkép) előállítására szükséges, amellyel a permetező automatika a helyspecifikus, precíziós kezelést végzi. Németországban Nordmeyer és Hausler (2000) a fenti módszerrel, GPS-el készített gyomtérképek alapján GPS-vezérelt precíziós herbicid kijuttatást valósított meg..

Az utófeldolgozós módszer előnye, hogy a kapott térképek később is felhasználhatók, gyombiológiai, populációdinamikai összefüggések feltárására alkalmasak. A kijuttatási terv elkészítésekor emberi beavatkozásra, szakmai szempontok érvényesítésére van lehetőség. A térkép alapján a kezelés nagy területteljesítménnyel elvégezhető. Legfőbb hátránya, hogy a felvételezések után rendszerint (állománykezelések esetén) gyorsan, néhány napon belül védekezni szükséges, ezért az adatfeldolgozásra kevés az idő. Viszont precíziós alapkezelések tervezésére elegendő idő áll rendelkezésre, így például a

talaj agyag- és szerveskolloid-tartalmához igazított dózisú preemergens kezelésekre van lehetőség (Kömíves et al. 2003).

A precíziós gyomszabályozás módszereinek részletesebb ismertetését a dolgozat 2.4. és 2.6. tartalmazza.

2.1. Műholdas helymeghatározás és navigáció

A GPS (Global Positioning System), mint a precíziós gyomszabályozás egy feltételének ismertetésével célszerű részletesebben foglalkozni, ugyanis mezőgazdasági célú felhasználása még kevésbé ismert, másrészt korszerű, a permetező komputerek vezérlésére alkalmas gyomtérkép csak GPS helymeghatározással készíthető.

2.2.1. A GPS kialakulása és felépítése

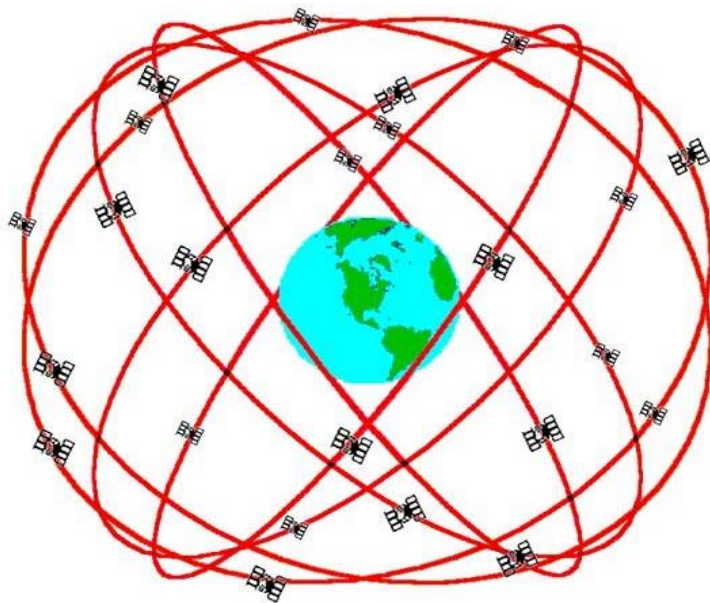
A mai műholdas helymeghatározó rendszerek előzménye az USA Haditengerészete számára 1961-ben kifejlesztett TRANSIT volt. Polgári felhasználása 1967-ben kezdődött, majd 1994-ben a rendszer működésével együtt véget is ért (Sárközy in Nagy 2002).

A jelenleg elterjedten használt NAVSTAR (NAVigation System using Time And Ranging) a kezdetben kizárólag katonai alkalmazásból mára az első univerzális, polgári felhasználású rendszer lett, melyet bárki, bárhol használhat (Borza in Nagy 2002), ma a GPS név alatt ezt értjük (Frei 1991, Tamás 2003).

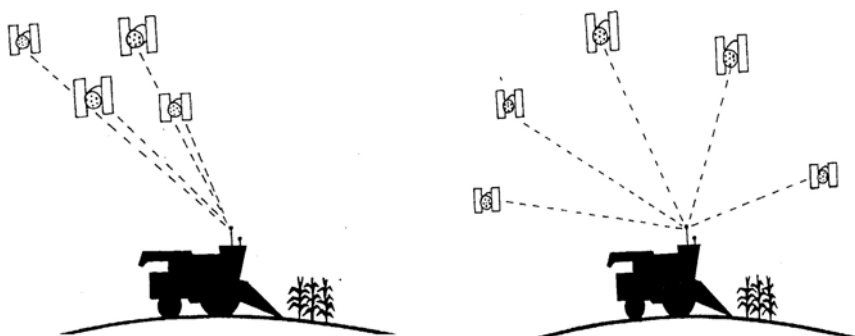
A GPS fejlesztésének megkezdését 1972-ben határozta el az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma (U.S. Department of Defense). Olyan rendszert szándékoztak megvalósítani mely a műholdak ismert pozícióiból távolságokat határoz meg ismeretlen helyzetű földi, légi, tengeri pontokra. Elsődleges cél a katonai felhasználás volt, de polgári hasznosítással is számoltak. (Sárközy in Nagy 2002). A polgári felhasználásban a tervezett 100 m helyett 25 m pontosságot sikerült elérni, ezért az kóddal mesterségesen rontva lett. 2000. május 2-án Clinton elnök által, polgári nyomásra az S/A kód megszüntetésre került, ezért a polgári alkalmazások pontossága nagymértékben megnőtt.

A rendszer űrszégmense 24 aktív és 5 tartalék műholdból áll, melyek hat darab 55° inklinációjú síkban helyezkednek el. Mind a 6 síkban négy műhold kering 20 200 km magasan, közel kör alakú pályán, amelyek sugara 26 370 km, és az egyenlítő síkjával bezárt hajlásszög 55° (4. ábra). A műholdak súlya mintegy 750 kg. Ma, a rendszer teljes kiépülése után a Föld bármely pontjáról 15° -ot meghaladó magassági szög alatt egyszerre 4-8 műhold érzékelhető. (Sárközy in Nagy 2002) Egyszerre legfeljebb 10 hold lehet a horizonton 15° felett, Magyarországon általában 6-8 látható.

A pontos mérés feltétele, hogy a lehető legtöbb műhold legyen a horizonton legalább 15° felett, és azok egyenletes elrendezésben, egymástól a lehető legtávolabb legyenek. Grafikusan szemléltetve: a GPS vevőt a holdakkal összekötő szakaszok által határolt gúla térfogata a lehető legnagyobb legyen (5. ábra).

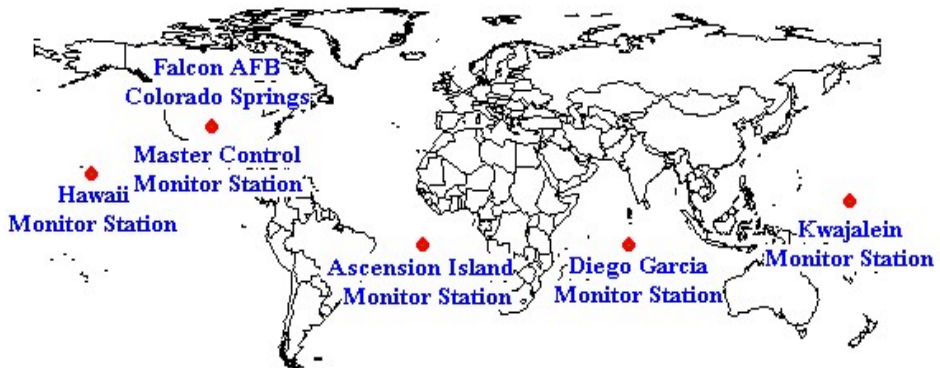


4. ábra: A GPS műholdjainak keringési pályái (Forrás: Internet)



5. ábra: Rossz és jó műhold geometria a GPS helymeghatározás során (Forrás: Morgan et al. in Kalmár 2000)

A vezérlő szegmens katonai irányítású, az egyenlítő mentén 5 támaszponton található 4 monitorállomás, 3 adatátviteli állomás és egy kontrollállomás összességét jelenti. A központ Colorado Springs-ben van. Innen történik a műholdak esetleges pályakorrekciója, az atomórák (holdanként 4 db) szinkronizálása és a rendszer felügyelete (6. ábra).



6. ábra: A vezérlő szegmens támaszpontjai (Forrás: Internet)

A felhasználói szegmens a Föld felületén tartózkodó katonai és polgári felhasználók a GPS vevőkkel, akik navigációs, járműkövetési, geodéziai vagy más alkalmazásokra használják fel a pozíció adatokat.

A GPS rendszer előnyei a hagyományos geodéziai mérésekkel szemben (Tamás 2000, 2001):

- A helymeghatározás közvetlenül és automatikusan háromdimenziós, a mérés során azonnal rendelkezésre állnak a magassági koordináták is.
- A mérésekhez nem kell összelátás.
- A mérések bármilyen időjárási körülmények mellett elvégezhetők.
- A mérés teljesen automatizált.

Főbb hátrányai:

- A szubméteres (m alatti) pontossághoz költséges műszerek és/vagy valamilyen korrekciósjel-előfizetés szükséges.
- A méréshez minimum 4 műhold egyidejű észlelése szükséges, ezért előfordulhatnak olyan esetek, amikor erős elektromágneses tér, pl. nagyfeszültségű villamos vezeték, vagy az égboltra korlátozott kilátás (pl. domboldal, erdő, fasor miatti kitakarás) miatt nem kapunk pozíció adatokat
- A rendszer integritása (megbízhatósága, rendelkezésre állása) nem tökéletes, ezért például a polgári repülésben nem is használják.

2.2.2. A GPS működése

A GPS műholdak két jelet sugároznak. A vevő ezeknek a kódolt üzeneteknek a felhasználásával határozza meg az ún. pseudo távolságokat.

A GPS a Föld középpontú WGS-84 referencia rendszert használja. A műholdak pillanatnyi, időponttal jelölt koordinátái a navigációs üzenetben foglalnak helyet. Természetes, hogy az eredeti feldolgozás a GPS saját referencia rendszerében történik. Ha más referencia rendszerben dolgozunk, és Magyarországon ez az általános eset, úgy a mérési eredményeket transzformálni kell az alkalmazott rendszerbe (EOV).

A vevők mérik az egyes szatelliták távolságát és kiolvassák a kódolt információból a műholdak helyzetére vonatkozó adatokat. Geometriai szempontból az álláspont ismeretlen koordinátái akkor számíthatók, ha

ezek a mérések illetve helyzeti információk egyidejűleg három műholdra rendelkezésre állnak (Sárközy in Nagy 2002).

Két műholdtól mért távolságok esetén a keresett pont egy körön található, amelyet 2 gömb metsz ki. Ha egy harmadik műholdtól is mérjük a távolságot, akkor a három gömb metszete két pont, az egyik a Föld felett, nagy magasságban van (ezt nem vesszük vigyelembe), a másik a keresett pont.

A mért távolságokat pseudo távolságoknak nevezik, mivel értéküket a vevő órájának a műhold órájához viszonyított késése is befolyásolja. A műholdakon nagy pontosságú atomórák vannak, melyek szinkronizálásával a földi irányító központ foglalkozik. A vevőkbe gazdaságtalan lenne ilyen drága órákat beépíteni, ezen kívül központi szinkronizálásukat sem lehet technikailag megoldani. Az ismeretlen óra késést egy negyedik műholdra végzett méréssel lehet meghatározni (Sárközy in Nagy 2002).

2.2.3. A GPS hibái

A mérési hibák három hibaforrás kombinációból jönnek létre (7. ábra).

A zaj (véletlen hiba) a valódi helyzet körüli szóródást idéz elő, végtelen sok mérés esetén a mérések átlaga a valódi helyzetet szolgáltatná. Főként a pseudo véletlen kód kb. 1 méteres zajából, és a vevő szintén kb. 1 méteres belső zajából tevődnek össze.

A szabályos hiba minden mérést egy irányba torzít, a mérési szám növelésével az átlagban a torzítás értéke nem csökken. A műhold órák egy hiba részét a földi irányító központ nem korrigálja. Ez az érték

elérheti az 1 m-t. A műhold sugárzott koordináta hibái szintén 1 m körüliek.

Az atmoszféra alsó 8 - 13 km-es tartományában, a troposzférában a jel terjedési sebessége függ az időjárási tényezőktől (hőmérséklet, légnyomás, párányomás). Ha ezeket nem mérik, és nem veszik figyelembe a számítás során, körülbelül 1 m-es szabályos hibát okozhatnak.

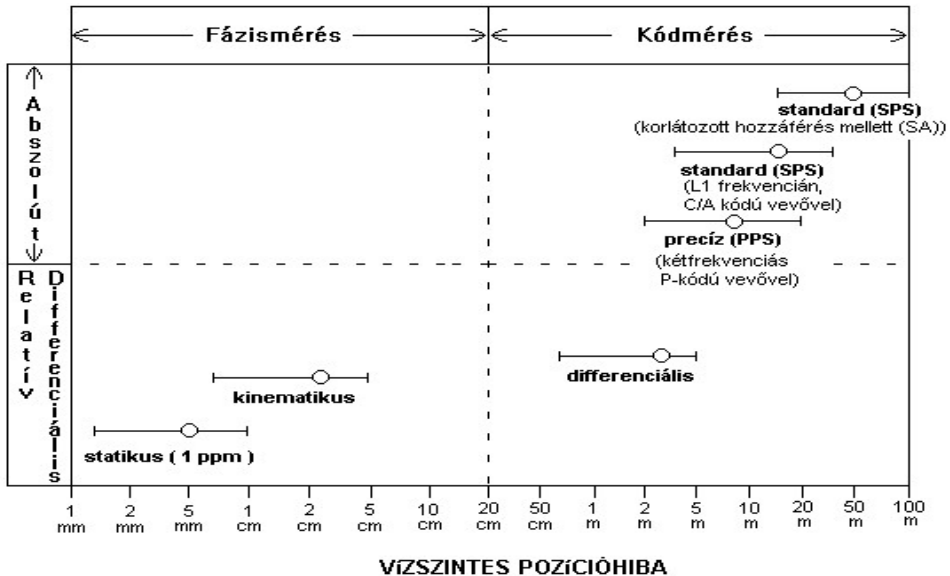
Az ionoszféra, az atmoszféra 50 km-től 500 km-ig terjedő tartományának hatását a jelterjedési sebességére különböző modellekkel próbálják figyelembe venni. Mivel azonban ezek a modellek sem tökéletesek, bizonyos esetekben a mérést 10 m körüli szabályos hibával terhelhetik.

A GPS jel nem csak közvetlenül a műholdról, de különböző tereptárgyakról visszaverődve is (multipath) bejuthat a vevőantennába. Mivel a visszavert jel hosszabb utat tesz meg, mint a közvetlenül terjedő, ez szabályos hibát eredményez, nagyságát 0,5 m-re becsülhetjük.

A durva hiba a mérési pontosságot jelentősen meghaladja (több száz kilométeres eltéréseket is eredményezhet), szerencsére nem lép föl rendszeresen és a mérési szám növelésével az eredményekből kiszűrhető.

A földi ellenőrző rendszer számítógépes vagy emberi hibái egy métertől akár több száz kilométerig terjedő hibákat okozhatnak. A felhasználók, főként a rossz dátum beállítással, 1 m-től több száz méterig terjedő eltéréseket idézhetnek elő. Ha a vevők hardvere vagy szoftvere elromlik, tetszőleges nagyságú hiba bekövetkezhet.

Tipikus eset, amikor a véletlen és szabályos hibák kombinációjaként minden a pontmeghatározásban résztvevő műholdra 15 m körüli távmérési hiba adódik (Sárközy in Nagy 2002).



7. ábra: A GPS mérés hibáiból eredő pontatlanság nagyságai (Forrás: Internet)

2.2.4. Differenciális GPS mérés (DGPS)

A differenciális méréssel korrekciós számításokkal növelhető az abszolút mérés 15-20 m-es pontossága. Egy ismert ponthoz képest határozzuk meg az ismeretlen ponton álló vevő pozícióját.

Módszerei:

-Dinamikus kódmérés. Navigációs célokra és térinformatikai feladatokhoz használatos. A tisztán kódmérés pontossága 1-3 m, a fázisméréssel simított kódmérésé 0,5-1 m (ún. szubméteres pontosság).

-A vivőfázis mérése: a geodéziai munkákhoz szükséges 1-10 cm-es pontosság. A legdrágább műszereket és rendszereket igényli.

A korrekció ideje szerint lehet a mérés:

- Valós idejű (real time): A pontos mérési adat gyakorlatilag azonnal rendelkezésre áll. Ez a drágább eljárás. A precíziós mezőgazdasági alkalmazások a legtöbb esetben a valós idejű helymeghatározást igénylik.
- Utófeldolgozás (post processing): A mérési adatokból később történik a pontos koordináták kiszámítása. Olcsóbb megoldás, de alkalmatlan a pontos navigációhoz és a terepen ismert koordinátájú pontok felkereséséhez.

A korrekciósjel lehetséges forrásai (valós idejű alkalmazásoknál):

- Geodéziai alkalmazásoknál: vevőműszer pár alkalmazása. A bázis vevő hosszabb ideig (több órán át is) egy ponton áll, a mérési adatok egy pont körül szóródnak, a hiba számítható, amit URH rádiókapcsolaton vagy GSM rendszeren át küld folyamatosan a mozgó (rover) vevőnek, amivel a mérés történik.
- Lokális referencia hálózatok: elve hasonló az előzőhöz, a bázisállomás stabilan beépített, általában magas épületek tetején. A Debreceni Egyetem 2000. óta működtet ilyen állomást, amely néhány 10 km távolságig sugározza a korrekciót a terepen mozgó vevők részére. Tanulmányozási fázisban van egy országos lefedettségű rendszer kiépítésének lehetősége.

- Geostacionárius műholdjel-előfizetés: hazánkban a LANDSTAR és az OMNISTAR szolgáltatása vehető igénybe, különböző területi és időbeli csomagok formájában.
- Kereskedelmi rádiók által szórt korrekció: hazánkban az Antenna Hungária a Sláger rádió egy sávján működteti Pest megyében
- GSM mobiltelefonon keresztül történő jelszolgáltatás
- Egyéb műholdas korrekció: 2004-től rendelkezésre áll a megfelelő vevőkkel fogható WAAS/EGNOS rendszer, amely díjmentesen 3-4 m pontosságot biztosít.

2.2.5. A GPS jövője

Mint ahogy más csúcstechnológiai ágazatok (pl. Internet, mobilkommunikáció) elterjedése is nehezen volt megjósolható, a GPS jövőbeni szerepét sem lehet nagy biztonsággal előre jelezni. Azonban sokat sejtet az a tény, hogy a GPS felhasználók köre robbanásszerűen növekszik. A GPS technológiához kapcsolódó piac két évente megduplázódik, ma már 200 feletti gyártó, közel 1000 termék van a piacon. A készülékek egyre olcsóbbak, és egyre több alkalmazási területen terjed el a GPS helymeghatározás.

Az Európai Unió az USA-tól független saját polgári célú műholdas helymeghatározó rendszer létrehozását tervezi, Galileo néven. Kieépülése után Európában a mindkét rendszert használó vevők által a helymeghatározás megbízhatósága nagymértékben meg fog nőni. A Galileo ellentétben az amerikai GPS rendszerrel, a kezdetektől fogva (várhatóan 2008-tól) polgári és kereskedelmi célokat fog szolgálni. A Galileo a GPS-nél nagyobb abszolút pontosságot, mindenkor szabad és

garantált hozzáférést, valamint a lakott területek 95%-os lefedését fogja biztosítani.

A várhatóan 2004-től üzembe állítandó EGNOS rendszer, amely a Galileo előfutáraként is tekinthető, a korrekciókkal az „ingyenes” mérések pontosságát 3-4 m-re növeli.

Az egyre alacsonyabb áron beszerezhető vevők és szolgáltatások miatt lassan eltűnhet a nagyságrendi pontosság a navigációs és geodéziai alkalmazások között.

A műholdas jelszolgáltatások is növekvő pontosságot biztosítanak, pl. az OMNISTAR HP kétfrekvenciás vevővel hazánk egész területén már a 10 cm pontosságot elérhetővé teszi.

Néhány éven belül a meglévők mellett számos ország egész területén elérhetőek lehetnek az aktív GPS hálózatok által nyújtott korrekciósjel szolgáltatások. A 3. generációs rendszerek nagyobb városok környékén, majd teljes lefedettséggel cm pontosságú adatokat biztosítanak. Ilyen a német SAPOS, valamint Dánia és Svájc rendszere (Borza 2003).

Hazánkban az eddig létrehozott Országos GPS Hálózat, passzív rendszerként működött: 10 km sűrűséggel bemért pontokhoz rendelt pontos WGS 84 koordinátákkal biztosította a geodéziai mérésekhez szükséges pontosságot a GPS vetületi rendszeréről EOVR-ra történő áttérés során. Jelenleg tervezés alatt áll egy országos aktív GPS hálózat megvalósításának lehetősége, amely maximálisan 100 km sűrűséggel telepítve 1 db kétfrekvenciás vevővel rendelkező felhasználó valós időben dm-es, utófeldolgozással geodéziai pontosságot érhet el. Az országos lefedettséget min. 12 aktív állomással, rádiós jelsugárással lehet biztosítani.

Azokon a területeken, ahol a GPS kitakarás vagy zavarforrás miatt nem ad pozíciót, a GPS-t inerciális navigációs rendszerrel (INS) kombináltan nagy biztonsággal alkalmazhatjuk. Az inerciális rendszer az irány és szögsebesség mérésével az utolsó GPS pozíciótól haladva a távolsággal fordított arányban álló pontossággal pozíció adatokat szolgáltat, addig, amíg újra GPS pozíciót kapunk. Ezek a rendszerek ma még drágák és katonai okokból nehéz a beszerezhetőségük, de a jövőben a GPS technológia megbízhatóságának fokozását szolgálhatják.

2.3. Földrajzi Információs rendszerek (GIS)

A precíziós gyomszabályozás feltételrendszerének a műholdas helymeghatározás mellett második fontos eleme az adatok gyűjtése és feldolgozása, amit térinformatikai eljárásokkal, földrajzi információs rendszerekben rögzítünk, dolgozunk fel, elemzünk és tárolunk.

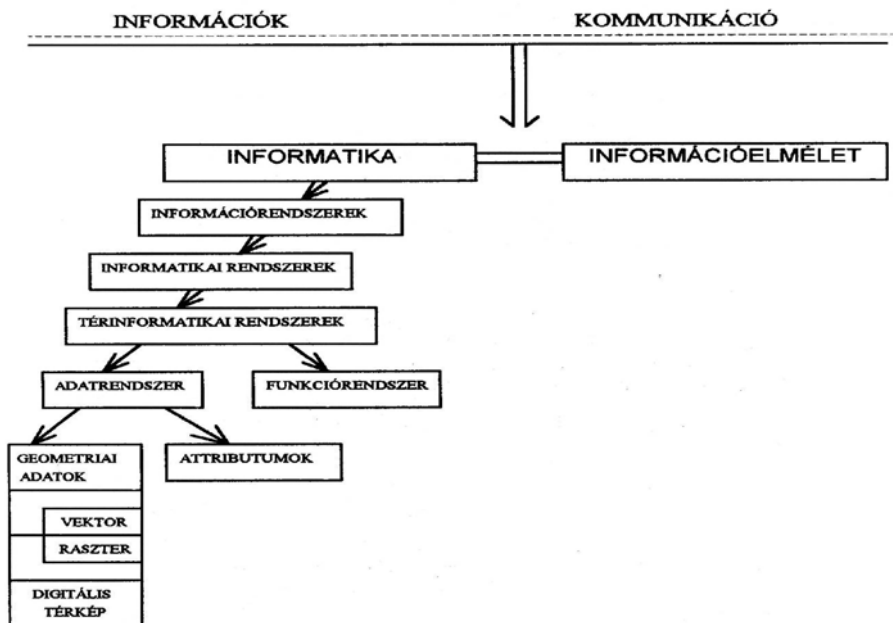
2.3.1. A GIS fogalma

„A térinformatikai rendszer, vagy térinformációs rendszer speciális informatikai rendszer (8. ábra), amelyben az egyes objektumok és a hozzájuk tartozó információk a valós térbeli viszonyoknak megfelelően azonosíthatók, kezelhetők és vizsgálhatók különböző relációk és szelekciós szempontok szerint. Az információk és térbeli kapcsolataik sokoldalúan analizálhatók, szintetizálhatók, generalizálhatók és az összefüggések alapján automatikusan új információk állíthatók elő” (Gross 1995).

A térinformatikai rendszert leggyakrabban röviden GIS-ként (Geographical Information System) említi a nemzetközi szakirodalom.

Helyesebb lenne, ha a magyar nyelvben a pontos angol fordítás után a Földrajzi Információs Rendszer kifejezést használnánk, mivel az utal az informatikai rendszer Földhöz kapcsolására.

A Földrajzi Információs Rendszerekben a pont vagy pontok pozícióját megadó geometriai adatokhoz leíró adatok (attribútumok) sokasága rendelhető, például a precíziós mezőgazdasági alkalmazásoknál egy táblatérkép adott pontjához a hozam, tőszám, a talaj humusztartalma, gyomborítottság.



8. ábra: A térinformatika rendszerelméleti helye (Forrás: Gross, 1995)

A mezőgazdaság számos területén alkalmaznak térinformatikai rendszereket. Ilyen pl. hazánkban az EU támogatásokhoz kiépített Integrált Igazgatási és Ellenőrzési Rendszer (a Mezőgazdasági Parcella

azonosító Rendszerrel), az EU CORINE programja, a magyar Országos Távérzékeléses Szántóföldi Növénymonitoring és Termés-becslés, a földhivatalok TAKAROS rendszere (Gyulai et al. 2002).

A precíziós gazdálkodás alapvető feltétele a GIS tervezése (Németh et al. 2002), felépítése és folyamatos karbantartása.

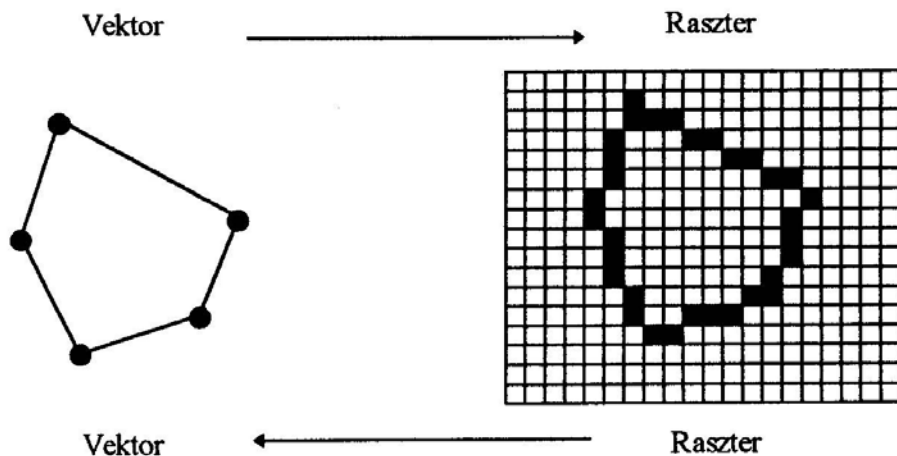
A térinformációs rendszerek alkotóelemei a hardver, a szoftver, az adatok és a felhasználók, illetve az eljárás és a hálózat (Detrekői és Szabó 2002). A térinformatikai rendszer funkciói (Detrekői és Szabó in Tamás 2000): adatnyerés (input), adatkezelés (management), adatelemzés (analysis), adatmegjelenítés (presentation).

2.3.2. A GIS típusai

Az adatok térbeli elhelyezkedésének ábrázolására alapvetően a vektoros, a raszteres, (9. ábra) illetve a hibrid rendszereket alkalmazzák.

A vektor alapú rendszerek az egyes pontok helyét irányított szakasszal (vektorral) adják meg. A vektor pontos megadásához annak kezdő és végpontjainak koordinátáit kell közölni, tehát két koordinátapárt. A rendszer alapegysége a koordinátapár által meghatározott pont. A pontok összekötve íveket, záródásakor felületet adnak. Ha a felületet egyenesek határolják, akkor poligonnak nevezzük.

A raszter alapú rendszerek a leképezendő felületet az azt lefedő idomok felhasználásával ábrázolják. A felületre tulajdonképpen egy rácshálót fektetünk, amely leggyakrabban négyszög (általában négyzet), de lehet háromszög vagy hatszög alapú is. A felületen elhelyezkedő objektumok helyzetét és kiterjedését az azt lefedő idomok megadása határozza meg.



9. ábra: Vektoros és raszteres ábrázolás (Forrás: Detrekői és Szabó 2000)

Ezért a leképezés pontosságát alapvetően meghatározza az idomok, mint felbontási egységek mérete (10. ábra).

Elem	Vektor	Raszter
Pont		
Vonal		
Felület		

10. ábra: Vektor és raszteradatok grafikus jellemzése (Forrás: Detrekői és Szabó 2000)

A fénykép és digitális felvételek készítése raszteres módon történik. A fotók szkenneres digitalizálása során szintén raszteres formában történik a kép digitális jelekké alakítása. A kép alapegységei, a pixelek a raszter alapú rendszer idomainak felelnek meg. Egységnyi területre eső képpontok száma a felbontást adja. A képi felbontás a leképező készülék által meghatározott pixelek számát, a terepi felbontás pedig azt mutatja, hogy ezek a pontok a leképezendő felületen milyen méretűek, vagyis a felület egységnyi részére hány képpont jut.

Kutatásaink során a raszteres alapú ábrázolással dolgoztunk, viszont a DGPS koordinátákra (vektoros rendszer) alapozott gyomtérkép hibrid (Detrekői és Szabó 2000) ábrázolásmódú.

A korszerű térinformatikai adatgyűjtő programmal ellátott GPS eszközök az előre bevitt terv (adatkönyvtár) alapján alkalmasak a területen a vektoros adatgyűjtésre, a mért koordinátákhoz azonnal tetszőleges számban és adott struktúrában leíró adatok rendelhetők. A terepi bejárás során nemcsak pontok, hanem vonalszerű, poligon, és szabálytalan, önmagába záródó alakzatok pozíciója is pontosan rögzíthető.

2.3.3. Adatgyűjtés és feldolgozás

A térinformatikai rendszerekben alapvetően kétféle adatot használunk: pozíció és leíró adatokat. A pozíció adatokat (földrajzi szélesség és hosszúság, tengerszint vagy geoid feletti magasság) a GPS vevők segítségével a felvételezések során automatikusan megkapjuk, ezért általában nem igényel különösebb munkaráfördítást.

A leíró adatok a gyomszabályozás során általában az adott ponthoz tartozó gyomborítottságot vagy egyedszámot jelölik.

A felvételezési munka sikerét alapvetően meghatározza annak eldöntése, hogy milyen változókat mérünk, hogyan, milyen értékekkel jellemezzük azokat, és milyen adatstruktúrában rögzítjük. Ugyanis a terepi munka után az információt ezek feldolgozásával állítjuk elő, a döntéseket ez alapján hozzuk és a hiányzó információk utólagos pótlása már nem lehetséges.

Az adatgyűjtés történhet manuálisan, a gyalog vagy járművel végzett terepi bejárással. Az automatizált adatgyűjtés jelentősen növelheti a munka hatékonyságát pl. talajmintavevő géppel.

A távérzékelés a teljes célfelületet reprezentáló, igen nagy teljesítményű adatgyűjtésre lehet alkalmas. Alkalmazási lehetőségeit a gyomfelvételezésben részletesen a 2.6.2. fejezet ismerteti. A távérzékelés széles körű elterjedését számos tényező nehezíti, így az időjárás-függőség, a megfelelő technikai háttér (szenzorok), és az adatfeldolgozás speciális szoftver- és szaktudás-igénye.

Ezért a közeljövőben, a napi gyakorlatban a gyomfelvételezés során a kézi eljárások jöhetnek szóba. Ennek legkorszerűbb módja GPS vevőhöz kapcsolt terepálló adatrögzítőn vagy tenyérszámítógépen (PDA) futó térinformatikai, vagy speciálisan gyomfelvételezési célra fejlesztett szoftverek felhasználása (pl. ArcPad modulok). A munka során a terepre kivitt üres adatbázist a helyszínen töltjük ki a megfelelő leíró adatokkal, hozzá GPS pozíciókat rendelünk, majd a kész GIS-t visszük be az irodába, ahol térinformatikai szoftverekkel az adatállomány feldolgozható és ábrázolható (térképezés).

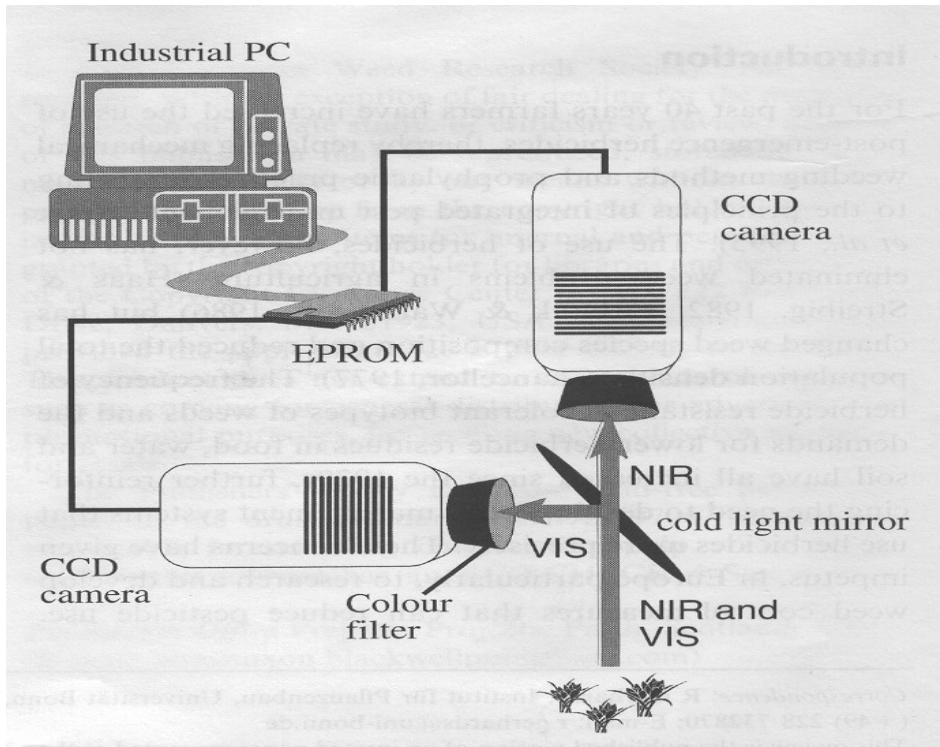
A korszerű GIS szerverekről (Csák et al. 2002, Charvat és Gnip 2002, Németh et al. 2002) kábel nélküli kommunikáció során, általában az Internet felhasználásával különböző adatok kérhetők a kérdéses tábláról, térképek tölthetők le, amelyeket a terepi adatgyűjtőn háttérként lehet alkalmazni.

2.4. Automatizált kijuttatástechnika

A precíziós növénytermesztés és növényvédelem (gyomszabályozás) feltételrendszerének harmadik tényezője a mezőgazdasági műszaki háttér. Az online gyomszabályozás (11. ábra) során egyben ez az automatikus adatgyűjtést is jelenti (Gerhards et al. 2002). A nem valós idejű technológia esetében a felvételezési adatok feldolgozásával előállított terv (kijuttatási térkép) alapján a helyspecifikus (precíziós) kezelés végrehajtását biztosítja.

A műszaki feltételrendszer tulajdonképpen a modern mezőgazdasági erő- és munkagépek kiegészítésével és továbbfejlesztésével jön létre. A számítástechnika rohamos terjedése miatt gyakorlatilag bármely korszerű gép alkalmassá tehető a precíziós kezelések végrehajtására.

Amíg az online gyomszabályozás területén kísérletek során elkészített, saját fejlesztésű eszközök (Feyaerts és Van Gool 2001, Gerhards és Sökefeld 2001, Sökefeld et al. 2002, Tian 2002) alkalmazása elterjedt (ugyanis ilyen gépcsoportok a kereskedelmi forgalomban nem szerezhető be) a nem valós idejű precíziós technológiák végrehajtásához számos gyártó teljes rendszert kínál.



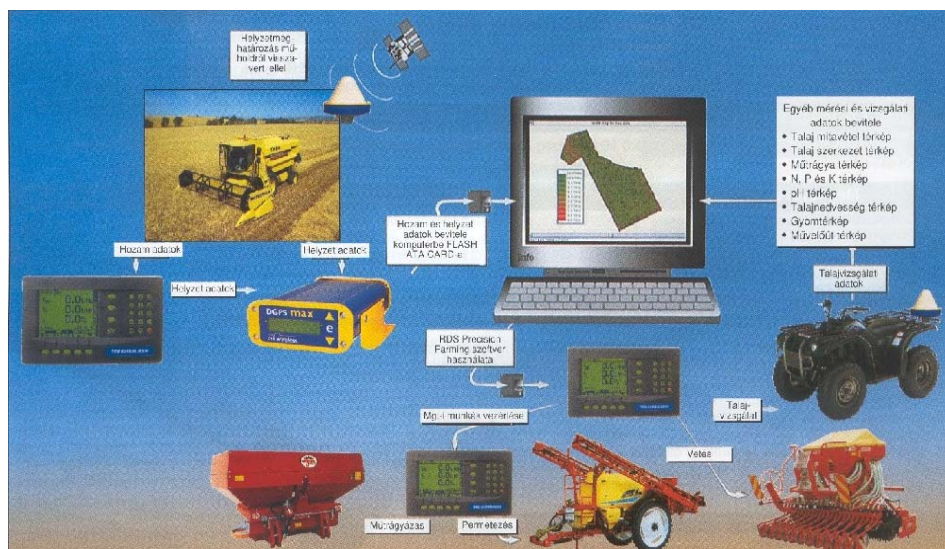
11. ábra: Bispektrális valós idejű gyomfelismerő rendszer elemei (Forrás: Gerhards és Christensen 2003)

A precíziós mezőgazdasági géprendszerek alapvető egységei:

- GPS vevő: általában a technológiák a differenciális GPS-t igénylik, a mai eszközökkel akár 0,5 m alatti pontosság is elérhető. A vevőt az antennával általában az erőgépen helyezik el, a munka során a számítógépnek biztosítja a pozíció adatokat, esetleg adatgyűjtésre is felhasználható.
- Szántóföldi komputer: az erőgép fülkéjében kerül elhelyezésre, a kezelő ezen keresztül állíthatja be a fontosabb paramétereket és ellenőrizheti a

működés közben a rendszert. Hozzá más egységek is kapcsolódhatnak, mint pl. az adatnaplózó-rögzítő. A fedélzeti komputer az input adatok alapján (kijuttatási térkép) dönt, hogy az aktuális pozíciónál van-e kezelés, illetve szakaszolt permetezőkeretnél melyik szakaszon. Ez alapján ad jelet az elektromos működtetésű szelepeknek (ezek nem a rendszer részei általában, a permetezógéphez vásárolhatók), amelyek a permetezőkeretet, vagy annak egyes szakaszait vezérlik. Megfelelő számú szakaszolással a nagy szélességű permetezőkeretek is alkalmasak a precíziós kezelésre.

- Irodai szoftver: segítségével a felvételezés során gyűjtött adatok alapján a kijuttatási terv készíthető el.



12. ábra: Az RDS rendszer elemei (Forrás: Interat Rt. mezőgazdasági gépkatalógus 2003)

Ma már hazánkban is üzemi gyakorlattá vált a hozamtérkép alapján tervezett helyspecifikus tápanyag-utánpótlás, amelyhez felhasznált rendszerek a helyspecifikus gyomirtó permetezésekhez is alkalmasak. A kezelés végrehajtásához korszerű permetezőgépre, esetleg hasonlóan modern erőgépre is szükség van. A technológiát Magyarországon Pecze és munkatársai (2001) dolgozták ki. A hozamtérképek készítéséhez az RDS rendszert (12. ábra) használták.

Gyakori probléma, hogy az egyes rendszerek igen zártak, egymással nem kompatibilisek, a vevőnek egy rendszer megvásárlása után minden feladatra csak az adott rendszer elemeit használhatja fel.

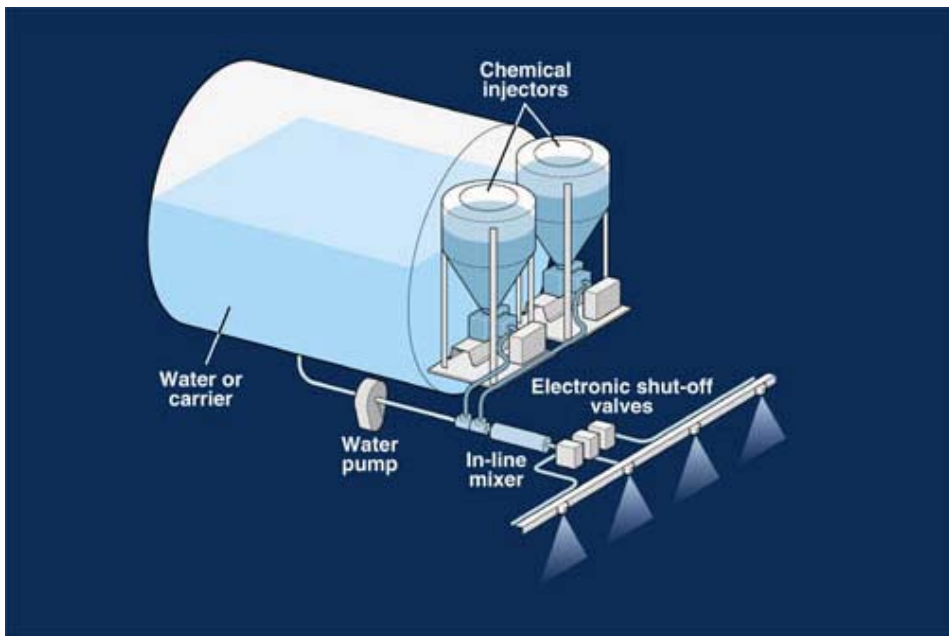
Az egyes rendszerek közötti kommunikáció biztosítása és a speciális fájlformátumok konvertálása igen magas szintű informatikai, programozói ismereteket igényel. Látható, hogy a fent említett feladat esetében is több rendszer együttes használatára volt szükség. Az RDS és az Agrocom rendszerek között adatcseréhez kompatibilis adatformátum kifejlesztésére volt szükség (Maniak 2002).

A helyspecifikus gyomszabályozás során a kijuttatási terv alapján csak ott permetez a gépcsoport, ahol az indokolt. A precíziós alkalmazástechnika ennél többet jelent, ekkor a dózis, esetleg a herbicid kombináció is változtatható a munka során. Ez az eljárás a VRA, (Variable Rate Application), a változtatható kijuttatástechnika.

2001-ben az USA-ban a mezőgazdasági szolgáltatól 46 %-a kínált nagy sűrűségű talajmintavételi szolgáltatást, általában 1 ha mintasűrűséggel (Whipker és Akridge 2001 in Bullock et al. 2002). A szolgáltatók 1/3-a foglalkozott számítógép által vezérelt változtatható műtrágya-kijuttatással. A változtatható kijuttatástechnika Európában

kísérleti szinten felhasznált, azonban kereskedelmi felhasználása viszonylag alacsony (Norton és Swinton 2002 in Bullock et al. 2002).

A fő problémát az jelenti, hogy a dózis legegyszerűbben csak a haladási sebességgel és az üzemi nyomással módosítható. A haladási sebesség csökkentése a területteljesítményt csökkenti.



13. ábra: Közvetlen adagolású permetezőgép elvi felépítése (Forrás: Internet)

A nyomás növekedésével a kijuttatott permetlé mennyiség nem növekszik egyenletes arányban és a csökkentő cseppméret az elsódródás veszélyt növeli. Ma már azonban rendelkezésre állnak speciális szórófejek, amelyek szórás képét kevésbé befolyásolja a nyomás növelése.

A jövőben az igazi áttörést a közvetlen adagolású permetezőgépek (MSR Agroinject, Dosatron, Öko-lok, Biotronic, Mid Tech, Dos-Intro, LBS stb.) fogják jelenteni (13. ábra), melyeknél állandó lémenyiséggel és cseppmérettel történik a kijuttatás, miközben a gép egy vagy több tartályból közvetlenül adagolja az adott pillanatban szükséges mennyiségben a herbicid(ek)et a tiszta vízbe.

2.5. Gyomfelvételezési módszerek

A mezőgazdaságilag művelt területeken jelentős számú gyomfaj fordul elő. Ezért igen fontos ezen fajok ismerete, amely a hatékony gyomirtáshoz nélkülözhetetlen. Hazánkban ezen fajokat ismertetik az ún. Veszélyes 12 (Tóth 1990) és Veszélyes 24 listák (Csibor et al. 1988).

A táblákon található gyomnövények pontos azonosítása után, azok biológiájának ismeretében állítható össze a területen előforduló gyomokfajokhoz, a talajtípushoz, az agrotechnikához és a gazdasági lehetőségekhez igazodó herbicid-kombináció. Ujvárosi (1957, 1973a) és Csibor (1973, 1980) szerint egy területen a gyomirtás eredményét az dönti el, hogy mennyire ismerjük az ott előforduló gyomfajokat.

Kőrösmezei (1986) a gyomfelvételezés szükségességét a *Sorghum halepense* példáján keresztül mutatja be.

Az egyes gyomirtószer-hatóanyagok hatásspektruma általában nem teljes, ugyanis azok a gyomnövények csak bizonyos csoportjait irtják hatékonyan (ez a szelektivitás), amely csoportok a morfológiai, életmódbeli, fiziológiai és fejlettségi állapotban megnyilvánuló különbségeken alapulnak. Ezért a kémiai gyomirtás elterjedése és meghatározóvá válása óta különös jelentőségű lett az egyes területeken

előforduló gyomfajok és azok előfordulási mennyiségeinek felmérése. E célból alakultak ki az egyes gyomfelvételezési eljárások, amelyeknek alapvetően két típusa ismeretes (Reisinger in Hunyadi et al. 2000):

- Egzakt és
- Becslésen alapuló módszerek

Hazánkban elsősorban a cönológiai módszerek terjedtek el, amelyek kialakulása a XIX sz. közepére tehető, amikor főleg svájci és skandináv növényzozológusok próbálkoztak egységes módszer kidolgozásával, amelyek a természetes vegetáció kutatására szolgáló módszerekből alakultak ki (Reisinger in Hunyadi et al. 2000).

Soó német nyelven írt munkája (Zur Nomenklatur und Methodologie der Pflanzensoziologie 1927) az első művek egyike volt a hazai növényzozológiai irodalomban (Bognár 1994).

2.5.1. Egzakt, mérésen alapuló hagyományos módszerek

Az egzakt módszerek közös jellemzői, hogy egy adott területen előforduló gyomnövények előfordulását pontos méréssel vagy számlálással mérik.

Ezek egy típusa a mérlegelési módszer, amely egy területegységen található gyomnövény-tömeg (esetleg haszonnövény is) kaszálás utáni lemérésén alapul. A súlymérés (hajtástömeg és gyökértömeg külön is) történhet frissen kaszált állapotban és bizonyos nedvességtartalomra szárítva. Ez költségigényes, lassú, a területen nem ismételtető, viszont gyepterületeken és évelő, Geophyta (G) életformájú gyomnövényeknél, ahol a gyökérzet jelentős részét teszi ki a biomasszának a módszer

alkalmazása - jellegénél fogva - célravezető lehet. A módszert Schröter és Stebler dolgozta ki (Ujvárosi 1973).

Másik egzakt módszer a gyomnövény-számlálás, amely során a területegységen található gyomok számát mérjük fel, úgy hogy a növényeket kihúzzuk a talajból. Ezért a vizsgálat objektíven nem ismételhető, szintén időigényes, valamint nem veszi figyelembe azt, hogy az egyes gyomfajok gazdasági kártételi jelentősége között nagy különbségek vannak, ugyanígy a gyomnövény fejlettsége, nagysága is alapvetően befolyásolja az általa okozott kártételt (Reisinger in Hunyadi et al. 2000).

A gyommag-számlálás során a talajmintavétel után a mintából mosás és más kezelések segítségével választják el a gyommagvakat. A módszer hátránya, hogy nagyon időigényes, speciális szaktudást és laboratóriumi felszerelést igényel. Viszont alkalmas egy terület gyommag-fertőzöttségének, így potenciális gyomosodásának vizsgálatára. Azonban Ujvárosi szerint (Reisinger in Hunyadi et al. 2000) a cönológiai felvételezés egyazon területen több fajt mutatott ki, mint a magvizsgálat.

2.5.2. Becslésen alapuló hagyományos módszerek

A becslési módszerek alapvetően kétfélék, a matematikailag következetes és a matematikailag nem bizonyítható, tehát szubjektívebb eljárások.

Az első csoportba tartozik a Hult-Sernander-féle módszer, amely 5 értékszámot használ, és a hazai viszonyok között Balázs (1944) alkalmazott először.

A második csoportba sorolható az egyszerű szemmértékes módszer. Ez a területen az összes gyomborítást erősen, közepesen gyengén gyomosnak vagy gyommentesnek értékeli (Sipos 1965).

A Malcev-féle skála hasonló az előző módszerhez, azonban már fajok szerint értékeli (Sipos 1965 in Reisinger in Hunyadi et al. 2000). A Braun-Blanquet-skálában a dominancia értékek eredői nem egyenest alkotnak, emiatt matematikailag nem helyes (Reisinger in Hunyadi et al. 2000).

A módszert hazánkban a Hult-Sernander-skála alapján BALÁZS (1944) fejlesztette tovább, a kétdimenziós eljárás alapján a növénytársulások dominanciaviszonyait a térben deciméterenként, az egyes magassági szintekhez tartozó borítottsági értékek csoportosításával három dimenzióban is vizsgálta (Balázs és Balázs 1998). E módszernek főleg a magasabb állományokban van jelentősége (kukorica, erdő).

A Balázs-módszert fejlesztette Ujvárosi tovább, amely így pontosabb és a gyakorlatban könnyebben alkalmazható lett. A hazai gyakorlatban ez a módszer a legelterjedtebben alkalmazott, a Balázs-Ujvárosi-módszer segítségével készültek az I.-IV. országos gyomfelvételezések is (Anonym 1970, Ujvárosi 1970, 1971, 1973, 1975, Tóth 1988, Tóth et al. 1989, Györfly et al. 1995, Tóth et al. 1999, Reisinger 2001/a, 2001/b). Több hazai szerző is kutatásaiban a Balázs-Ujvárosi módszert használta (Béres 1981, Czimber 1992, Czimber et al. (1977).

A Balázs-Ujvárosi gyomfelvételezési módszer előnyei:

(Reisinger in Hunyadi et al. 2000)

- Matematikailag helyes, az adatokat számítógéppel fel lehet dolgozni
- Nem igényel a felvételezés mérési eszközöket

- Gyorsan és viszonylag pontosan elsajátítható és végrehajtó
- Értékei a gyomfajok szerinti borítottság kis eltéréseit is érzékeltetik
- A felvételezések azonos helyen megismételhetők
- A jelenlegi becslési módszer a jövőben egzakt módszerré fejleszthető

A módszer előnye tehát, hogy nem igényel a méréshez eszközöket (esetleg csak mérőszalagot, illetve mérőkeretet, de ezek használata nem gyakori, ugyanis a mintatereket általában becsléssel jelölik ki, a sortávolság támpontot ad a mintatér oldalainak megfelelő pontosságú kiméréséhez). A felvételezés gyorsan elsajátítható, időigénye kicsi, 6 ha-os mintavételi gyakorisággal - megfelelő gyakorlat megszerzése után – akár napi 250-300 ha terület felvételezhető. Az eljárás pontosságát nagymértékben növeli (mivel szubjektív elemeket is tartalmaz) ha egy nagyobb területen, illetve több egymás utáni évben a felvételezéseket ugyanaz a szakember végzi.

A módszer a jövőben továbbfejleszhető, a becslés objektív méréssel váltható fel (részletesebben a 2.6.1.2. és 2.6.2. fejezetekben), amely során a borítottságot optikailag (fényképezéssel, digitális úton, távérzékeléssel) lehet mérni. A 7. mellékletben a Balázs-Ujvárosi módszerhez alkalmazott adatlap látható, amely a borítási értékek feljegyzésére szolgál és a becsléshez is segítséget nyújt.

2.5.3. A gyomfelvételezések időpontja

Alapvetően kétféle cél érdekében végzünk gyomfelvételezést: egyrészt postemergens védekezés előtt, a táblán az adott időpontban előforduló gyomnövények felmérése a megfelelő herbicid-kombináció összeállítása

érdekében (szignalizáció). A másik cél egy tábla, üzem, vagy nagyobb tájegység gyomnövényzetének, illetve annak változásának felmérése egy vagy többéves felvételezés alapján. Ilyenkor a több évre kiterjedő vizsgálat pontosabb eredményt ad. A vizsgálatot gabonákban és kapás kultúrákban is el kell végezni.

Reisinger (in Hunyadi et al. 2000) szerint a gabona szakaszban a tavasz végi – nyár eleji felvételezés adja a legtöbb információt a terület gyomnövényzetéről. Javasolja a tarló felvételezéseket is, ugyanis a tarlón sok nyárutói egyéves gyomfaj is kicsírázik és emiatt a felvételezések bizonyos mértékig előrejelzik a következő évi kapás növény gyomnövényzetét. A felvételezéseket a kultúra sorainak záródása előtt kell elvégezni (ez kapásoknál nyár elején, június-júliusban van), viszont ügyelni kell arra, hogy a túl korai, közvetlenül a kelés utáni vizsgálat nem ad pontos képet, hiszen a jelen levő gyomfajok egy része akkor még nem csírázik, csak később fog, másrészt pedig alapkezelés után inkább a gyomirtás eredményességét fogja jelezni, mint a terület gyomflórájának összetételét.

2.5.4. A gyomfelvételezési mintateretek nagysága

Nem mellékes kérdés, hiszen a mintázott terület mérete jelentősen befolyásolja a kapott eredmény megbízhatóságát. Németh (2001) szerint az 1x1 m mintaterület megfelelő eredményt ad.

Nyugat-Európában a csíranövény számlálást általában 1 m² területen végzik és a kompetíciós vizsgálatok során is általánosan az 1 m²-en levő gyom darabszámot értékelik (Lehoczky és Borosné 2002, Lehoczky 2002, Lehoczky et al. 2003, Lehoczky és Reisinger 2003, Lehoczky et al.

2004). Rew és Cousens (2001) szerint a precíziós gyomszabályozás során a gyomnövények darabszámlálása általában 1 m^2 -nél kisebb mintatereken történik. A kisebb területet kamerákkal és digitális fényképezőgépekkel kis magasságból, létra vagy állvány nélkül is felvételezni lehet. Általában a túl kis terület nem eléggé reprezentatív, a túl nagy mintatér pedig nehézkessé teszi a munkát. Ezen megfontolások alapján a 2×2 m-es négyzet ajánlható, a hazai gyakorlatban a Balázs-Ujvárosi módszer alkalmazása során is ezzel a mintatér mérettel történtek a felvételezések, bár korábban Ujvárosi gyomfelvételezéseit 4×4 m nagyságú mintatereken végezte.

2.5.5. A mintaterék kijelölése a táblán

Alapvető elv, hogy a felvett adatok megfelelő pontossággal reprezentálják a tábla gyomnövényzetét, amely eredmények összesítésével a tábla egésze értékelhető. A mintaterék kijelölése történhet teljesen véletlenszerűen és bizonyos irányelvek alapján. Fontos, hogy csak a táblaszélekről - mivel ezek agronómiai feltételei mások - ne vegyünk mintát (Reisinger in Hunyadi et al. 2000).

Tervszerű kijelölésnél alkalmazható az átlós és a sakktáblaszerű felosztás. Viszont MILE (1994) szerint a hurokszerű bejárás adja a legmegbízhatóbb eredményt.

Azokat a fajokat, amelyek egy mintatéren nem fordulnak elő, csak a mintaterék közötti területen, lehetőleg a legközelebbi mintatérnél $0,1 \%$ értékkel szerepeltessük (Reisinger in Hunyadi et al. 2000).

A precíziós növényvédelmi eljárások megkövetelik, hogy az eredményeket táblaszintre egyszerűen ne átlagoljuk, hanem a mintaterék

kijelölésénél, a felvételezésnél és az anyag kiértékelésénél a precíziós technológiához igazodjunk, ugyanis a helyi védekezések is majd ez alapján történnek.

2.5.6. A gyomfelvételezési adatok feldolgozása

Ujvárosi az I. országos gyomfelvételezés adatait háromévi munkával és ötfős segédszemélyzettel dolgozta fel (Reisinger in Hunyadi et al. 2000). Ma már számítógépek segítségével nagy teljesítménnyel végezhető el az adatfeldolgozás (Reisinger 1977, 1979, 1982, 1988, 1989, 1990).

A Kőrösmezei (1988) által ismertett számítógépes rendszer a növényvédelmi kísérletek kiértékelését tette hatékonyabbá.

Koroknai (1990) gyomirtási kísérletek értékeléséhez Commodore 64 személyi számítógépet használt. A számítástechnika jelentős segítséget nyújt az előrejelzések adatainak feldolgozásához is (Benedek 1987).

Adatbázis- és táblázatkezelő programokkal számos csoportosításra (egyszikűek, kétszikűek, egyévesek, évelők, életformák stb.) és bizonyos szempontok szerinti leválogatásra van lehetőség. Gyors számítások végezhetőek el (átlagok, összegek, dominancia sorrend). Az eredmények grafikusán, diagramokon is szemléltethetők.

2.5.7. Gyomirtástervezés gyomfelvételezések alapján

A napi gyomszabályozási gyakorlatban a gyomfelvételezés célja tulajdonképpen a gyomszabályozási technológiák tervezéséhez (Katonáné és Reisinger 1981, Reisinger 1985) adatok szolgáltatása.

Hazánkban jelentősebb szántóföldi kultúrák gyomirtásának tervezéséhez (Reisinger 1982, 1989, 1990) szoftverek készültek.

A precíziós mezőgazdaság egyik meghatározása is hangsúlyozza, hogy a technológia egy döntéstámogatási rendszer (Nagy 2002), tehát feladata a döntési folyamat során információkat, lehetséges megoldásokat és értékeléseket nyújtani a szakembernek az aktuális helyzetben optimális gyomszabályozás végrehajtásához.

A precíziós gyomszabályozás során a tervezési folyamatban kiemelt szerepet fog játszani a csúcstechnológia: a számítástechnika, a térinformatika, a műholdas helymeghatározó rendszerek, a különféle érzékelők, a mesterséges látás és a távérzékelés, az automatizálás.

2.6. Gyomfelvételezés a precíziós gyomszabályozásban

Egy táblán a gyomnövények felvételezése és térképezése többféle módon történhet. Az alkalmazott módszert a felhasználási cél, a megkívánt pontosság és a rendelkezésre álló eszközök alapján célszerű megválasztani.

A precíziós gyomszabályozás tervezéséhez a hagyományos technológiáknál alkalmazott módszerek a legtöbb esetben nem alkalmasak, illetve azok továbbfejlesztésére van szükség. Ezt a célt tűzte ki a szerző is. A helypecifikus technológiák a táblák gyomviszonyainak, az egyes gyomfajok térbeli is időbeli elterjedésének pontosabb reprezentálását igénylik, nagyobb mintaszámot, esetleg a teljes terület felvételezését is.

Mások a követelmények a gyomfelvételezési mintaterék kijelölési módját, sűrűségét, későbbi felkereshetőségét illetően, és felmerül a pontos mérési módszerek fejlesztésének és alkalmazásának igénye is.

2.6.1. Terepi gyomfelvételezés

A precíziós gyomszabályozás mai gyakorlatában az üzemi szintű kísérletekben többnyire terepi bejárással gyűjtik az adatokat és manuális úton végzik a kezelendő területeken a gyomfelvételezéseket.

2.6.1.1. Becsléses módszerek

A gyomfelvételezési mintaterületeken hazánkban többnyire hagyományos, becsléses módszerekkel végeztük el az adatgyűjtést. Ezzel szemben Nyugat-Európában általában csíranövény számlálást végeznek (Gerhards és Christensen 2003). Viszont a mintavételi sűrűség a hagyományos eljárásokhoz képest jóval magasabb, általában 1 ha alatti és a térinformatikai feldolgozáshoz, a gyomtérképek elkészítéséhez a mintaterék pozícióinak GPS segítségével történő bemérése szükséges.

Mintatér kijelölés hagyományos geodéziai kitűzés alapján

Hazánkban az országos gyomfelvételezések véletlenszerű mintatér kijelöléssel készültek (Reisinger 2001a, 2001b). A „véletlenszerűség” a felvételezések során annyiban korlátozott volt, hogy bizonyos táblarészekben (a fordulókon, táblaszélen stb.) nem jelöltek ki mintateréket. A módszer előnyei: nem igényel külön kijelölési munkát,

gyors, nem eszközigényes. Hátrányai: szubjektív, a mintaterек eloszlása nem egyenletes.

Az egyik legegyszerűbb tervezett eljárás - főleg szabályos alakú területeken – sávok mentén pontok kimérése, illetve valamilyen rendszer szerint (például négyzethálósan) a mintaterек mértani kijelölése. A sávok szélességét célszerű az alkalmazni kívánt permetezőgép munkaszélességének megfelelő, vagy annak páros egész számú többszörösének választani (Nagy 2003d). Természetesen a mintavételi sűrűség (Reisinger et al. 2003) a kapott térkép pontosságát befolyásolja. Ez a módszer munkaigényes, alkalmas egy monitoring jellegű mintavételre, de szabálytalan alakú foltok megjelölése így nem lehetséges. Ha később egy adott pontra visszatérni szükséges, fontos, hogy az adott alappontról indulva mérhető ki ismét pontosan számítások nélkül a keresett hely.

Előnyei: objektív, egyenletes eloszlású reprezentáció a területről.

Hátrányai: külön munkát igényel, időigényes.

A precíziós gyomszabályozáshoz pontos, valós idejű helymeghatározás szükséges, ezért a módszer nem ajánlható.

Mintatér kijelölés DGPS felhasználásával

Az előzőekben említettnél sokoldalúbban felhasználható térképek készíthetők a gyomfelvételezési mintaterек helyének megfelelő GPS műszer segítségével történő meghatározásával.

A véletlenszerűen kijelölt mintaterек pozíciójának mérése után a kapott eredmények térképen ábrázolhatók.

A mintaterületek kijelölése történhet valamilyen rendszer szerint is: általában rácsszerűen (sávós, négyzethálós, egyéb elrendezés). Kísérleti úton tisztázni szükséges, hogy a gyakorlatban melyik mintavételezési mód ad jó közelítést a tábla gyomviszonyairól (Németh és Sársfalvy, 1998), illetve milyen mintasűrűség kívánatos, amely még nem túlzottan munkaigényes, de megfelelően reprezentatív jellegű (Reisinger et al. 2003). Mile (1994) modellkísérletében a mintaterületek kijelölésére vonatkozóan arra a megállapításra jutott, hogy azokat legcélszerűbb a táblán „hurokszerűen” elhelyezni.

Viszont Goudy és munkatársai (1999) a mintaterületeket rácsszerűen helyezték el a térképezés során. Christensen et al. (1999) a mintavételt 140x140 m rácsháló pontjain végezték el.

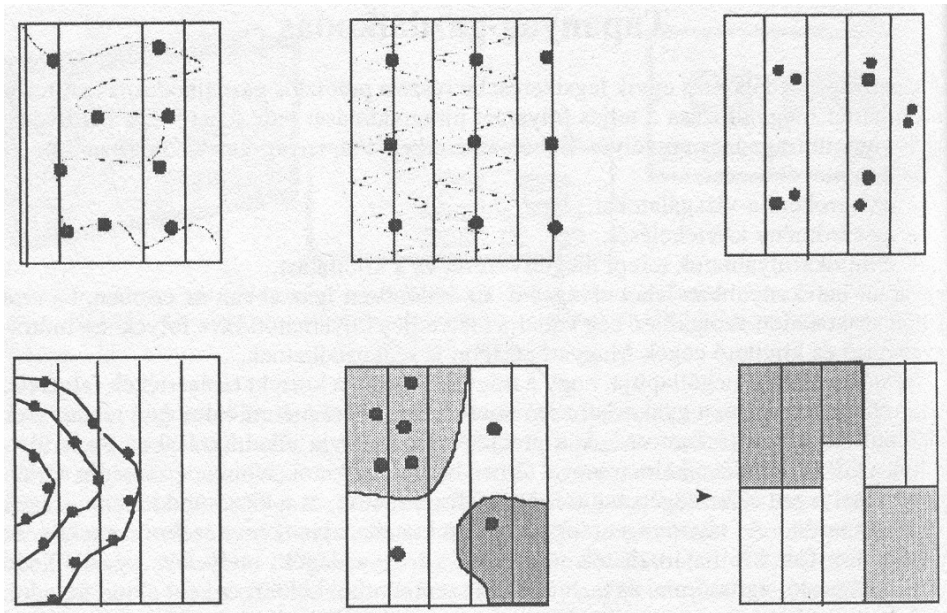
Johnson és munkatársai (1995) mindössze néhány m-es rácshálót alkalmaztak. Wartenberg és Dammer (2000) az 50x50 m mintasűrűség mellett döntött. Általában célszerű a rácsháló méretét a rendelkezésre álló permetezőgép munkaszélességének megfelelően megválasztani (annak egész számú többszöröse legyen). A gyomfoltok rögzíthetők a tábla körüljárásával, ami GPS-el ellátott adatrögzítővel történhet (Stafford et al. 1996). Ez a módszer évelő fajok térképezéséhez a szisztematikus eljárásokhoz képest pontosabb eredményt ad (Nagy et al. 2003, Reisinger et al. 2003, Nagy et al. 2004).

Webster és Cardina (1997) vizsgálataiban megállapította, hogy a gyomfoltok méretének növekedésével a GPS területmérés pontossága növekszik.

Gerhards és munkatársai (1996) 18 cukorrépa táblán a *Chenopodium album* és a *Solanum nigrum* eloszlását térképezték fel 7,5-20 m

mintasűrűséggel. A diszkrét pontok közötti becslésre a lineáris interpolációt használták, a mintaterék közötti varianciát geostatistikai módszerekkel elemezték.

A mintaterék kijelöléséhez alkalmazható egyéb módszereket a 14. ábra mutatja be.



14. ábra: Pontszerű mintavételi technikák: kígyó és cikcakk vonalú véletlenszerű átlagmintagyűjtés, csoportos (cluster) pontmintavétel, szintvonal mentén végzett mintavétel, rétegzett (stratifikált) mintavétel, rétegzett mintavétel alapján homogenizált blokkok (Forrás: Tamás 2001)

A szisztematikus elosztással szemben felmerül az a kritika, hogy nem követi a gyomosodás esetleges heterogenitását. Ugyanis a homogén

táblarészeket feleslegesen nagy számban mintázza, a heterogén foltokon pedig a mintavétel túl ritka lehet.

Ezért a mintavételi pontok kijelölése egy GIS alapú döntéstámogatási rendszer (topográfiai térkép, talajtérkép, hozamtérkép stb.) alapján a precíziós tápanyag-utánpótlásnál ismertetett módszerhez hasonlóan javasolható. A GIS egyes rétegei (layer-ek) a feldolgozás során egymásra illeszthetők, az egyes tényezőknek súlyozó faktort adhatunk, majd ezután választhatjuk ki a heterogén táblarészekben sűrítve a megfelelőnek tűnő mintavételi pontokat. Így a lehető legkisebb mintaszámmal (gazdaságosan) a nagyobb heterogenitású területeken nagyobb sűrűséggel, optimális eloszlásban mintázható a tábla, vagyis az adott mintaszám a táblát a lehető legjobban reprezentálja.

A szisztematikus kijelölési módszereknek legnagyobb előnye, hogy objektívek, a reprezentáció egyenletes, a kijelölő személy nem keresi önkéntelenül is az egyes területeket és gyomfoltokat.

A pontszerű kijelölések hátránya, hogy csak azok a fajok és foltok kerülnek felvételre, amelyek éppen valamelyik mintatérre esnek. A pontos differenciál-mérésre alkalmas GPS eszközök igen drágák. Jelentős, veszélyes fajok maradhatnak le így a térképről, és a mintavételi sűrűségtől függően nagyobb foltok is kimaradhatnak.

Ezért a térképezés során elterjedten alkalmazzák a geostatisztika eljárásait, a krigelést.

Interpolációs technikák

A gyomtérképezés során, amennyiben pontszerű mintavételt végzünk, az elkészítendő térkép pontosságát és megbízhatóságát a mintavételi sűrűség

mellett az egyes mintateretek gyomborításai közötti értékek becslése, az interpoláció is alapvetően meghatározza (Nagy 2003).

Amennyiben a becslési eljárásról hibatérképet készítünk (a becslési hiba eloszlását ábrázoljuk egy térképen), a mintavételi pontokon mutatkozik a legalacsonyabb hiba, majd az a mintaterektől távolodva a távolsággal arányosan növekszik. Az interpoláció (Detrekői és Szabó 2002) függvények értékeinek meghatározása bizonyos ismert pontok között, célja az attribútum adatok sűrítése. Tamás (2000) szerint az interpoláció a GIS modellek alkalmazhatóságának döntő lépése.

Ahhoz, hogy megfelelően használható modellt (gyomtérképet) kapjunk, valamilyen eljárással becsülnünk kell a mintavételi helyek diszkrét értékei közötti intervallum egyes pontjaira is a gyomborítást.

Az interpolációs eljárásokat a térinformatikában elterjedten alkalmazzák digitális terepmodellek (DTM-ek) mérési pontok közötti magassági értékeinek becslésére. Legegyszerűbb esetben a szomszédos pontok értékeiből, vagy több pont alapján, függvény illesztésével becsüljük meg a köztes értékeket. A szerző által készített háromdimenziós gyomtérképek (Reisinger et al. 2001, 2002, 2003) is interpolációval készültek.

Interpolációs módszerek (Detrekői és Szabó 2002):

- Egyváltozós (vonal menti):
 - legközelebbi szomszéd elve
 - lineáris (2 pont közötti egyenessel)
 - spline-interpoláció (3. fokú parabolával)
- Kétváltozós (síkbeli):
 - legközelebbi szomszéd elve
 - bilineáris (4 szomszédos pont alapján)

-Három változós (térbeli): legközelebbi szomszéd elve
súlyozott számtani középpel

Kétdimenziós gyomtérképeknél a síkbeli interpolátoroknak van jelentősége. A pontok közötti súlyozás a távolság alapján súlyozott számtani középpel vagy a legkisebb négyzetek módszerével történhet.

A krigelés, mint a térinformatikában elterjedten használt módszer Detrekői és Szabó (2002) szerint a geostatisztika különböző számítási eljárásainak összességét jelenti. Első lépésként egy trendfüggvény meghatározása, majd a tapasztalati szemivariancia-függvényt számítása következik. Majd súlyozással számítják az ismeretlen pontokhoz tartozó értékeket.

A krigelést optimális interpolációként is említi a szakirodalom (Tamás 2000). A pont krigelés pontok értékei alapján, a blokk krigelés a vizsgált cellák mérete és alakja alapján történik, simító jellegű, sok esetben a 3x3 Gauss-szűrőt alkalmazza. A számítási algoritmus lehet exakt, amikor a mintavételi pontok értékeit maximálisan figyelembe vesszük, (túlbecslés lehetséges) vagy közelítő, amely kisebb-nagyobb simítással jár. A szerző által készített 3D gyomtérképek általában 31x31 simító interpolátorral készültek.

Gerhards et al. (1997) és Rew et al. (2001) (in Gerhards és Christensen 2003) közlése szerint a lineáris interpoláció szabályos gyomfoltoknál pontosabb volt a közönséges krigelésnél. Rew et al. (2001) szerint a krigelés helyenként alacsony gyomsűrűséget mutatott a nagyon magas és nagyon alacsony egyedsűrűségeknél egyaránt.

Táblabejárás

Adatgyűjtéshez, a gyomtérképek előállításához másik lehetőség a táblák bejárása (Stafford et al., 1996) és szubjektív alapon az egyes foltok behatárolása polinomként, amely legegyszerűbb esetben egy háromszög lehet, így három koordináta-pár bemérésére van szükség.

Kérdés, hogy mekkora legyen az a legkisebb folt, amit még felvételezni és a térképen szemléltetni érdemes. Ez függ a felvételezés céljától. Ha kis egyedszámban, néhány helyen előforduló, a táblába éppen betelepülő fajról van szó, célszerű a kisebb foltokat is felvenni. Mindig kompromisszumot kell keresni a mintavétel módjának és sűrűségének tervezésekor a célnak megfelelő pontosságú, de a lehető legkevesebb munkaigényes mintavételi gyakoriság megválasztásához.

A táblabejárásos felvételezés előnye, hogy bármely, bármekkora folt tetszőlegesen felvehető, hátrányai a költséges eszköz, a nagy munkaigényesség és a szubjektivitás.

2.6.1.2. Mérések módszerek

Mint ahogy a hagyományos módszereknél már említésre került, a mérési módszerek során a mintaterületeken a gyomflóra mennyiségi viszonyait egzakt, objektív módon állapítjuk meg. A gyomszabályozási gyakorlatban külföldön leginkább a csíranövény számlálás (Gerhards és Christensen 2003), hazánkban pedig a gyomcönológiai módszerek használatosak, melyek során a gyomborítást mérjük.

Kérdés, hogy milyen összefüggés van a gyom darabszám és az általuk okozott termés kiesés között a gyom-kultúrnövény kompetíció során. A kompetíciós vizsgálatoknál általában a gyom darabszámot alkalmazzák

(Lehoczky és Borosné 2002, Lehoczky 2002, Lehoczky et al. 2003, Lehoczky és Reisinger 2003, Lehoczky et al. 2004). A kompetíciós vizsgálatok során általában a kultúrnövény és a gyomok által felvett tápanyag mennyiségeket hasonlítják össze. Viszont a gyomok által elfoglalt tér, az élőhelyért való versengés során nagyobb a jelentősége a gyomborításnak, mint a darabszámnak.

A fajonkénti és összes gyomborítás pontos megállapítása méréssel nem egyszerű feladat. Ugyanis a levélállás és a levélalak jelentősen befolyásolja az összes zöldnövény borítást (a canopy értéket). Az egyes levelek között a talaj is látható lehet, amit becslésnél gyakran a gyomtömeghez sorolunk, azonban mérés során az elkülönül, így a mért borítás gyakran alacsonyabb, mint a becsült (Nagy et al. 2004).

A pontos becslés nagy gyakorlatot igényel, a különböző személyek által végzett felvételezés nehezen hasonlítható össze és a felvételezést végző személy fáradásával a becslés pontossága is romlik.

Ezért a precíziós gyomszabályozás során a számítógéppel értékelhető, pontos, összehasonlításra alkalmasabb mérési módszereket kell előnyben részesíteni.

2.6.1.3. Számítógépes képfeldolgozás

Az elemzésekhez és mérésekhez a digitális képfeldolgozás (általában nagy teljesítményű számítógépekkel támogatva) használatos. A számítógépes képfeldolgozás az alkalmazott matematika, elektronika és számítástechnika viszonylag új, rohamosan fejlődő területe (Berke et al. 1998, 2002), amely során legtöbbször 2 dimenziós képeket elemzünk.

A számítógépes képfeldolgozáshoz digitalizált, ma már egyre inkább már digitálisan készült felvételekre van szükség. A digitális képek létrehozása során keletkező zavaró hatások kiküszöbölésére vagy csökkentésére a képjavítás szolgál (Berke et al. 2002). Ez kép helyreállítás és képfokozás lehet. A kontrasztnövelés, zajszűrés, élkimielés, geometriai korrekció a pontosság és az információk kinyerésének növelését biztosítják.

A javított, előfeldolgozott digitális képeken a gyomnövények elkülönítését a szegmentációs és osztályozási eljárásokkal (Berke et al. 2002) végezhetjük.

A számítógépes képfeldolgozás már évek óta hazánkban is felhasználásra került a mezőgazdaságban. Kárpátiné és Berke (1990) növényvédelmi kísérletek értékeléséhez, a fiatal növények levél- és gyökérfelületének méréséhez alkalmazott képfeldolgozó rendszert. Font és munkatársai (2002) növényi növekedés (uborkapalánták) méréséhez alkalmaztak számítógépes képfeldolgozást.

A gyomborítottság mérésére legelterjedtebben az optikai eljárásokat alkalmazzák.

2.6.1.4. Alakparaméterek alapján történő képelemzés

A digitális vagy digitalizált felvételeken az egyes pixelek elemzésével, alakparaméterek (görbület, hossz/szélesség arányok, konvexitás, konkáv jelleg stb.) vizsgálatával lehetséges a gyomokat elkülöníteni a talajtól, növénymaradványoktól, a kultúrnövényektől és esetleg egymástól is. Az alakparaméterek segítségével végzett gyomazonosításhoz nagy (cm körüli vagy az alatti) felbontású felvételek szükségesek, ezért azok csak

kis magasságból készíthetők a mintaterек fotózásával vagy CCD kamerákkal (pl. az online gyomszabályozás során).

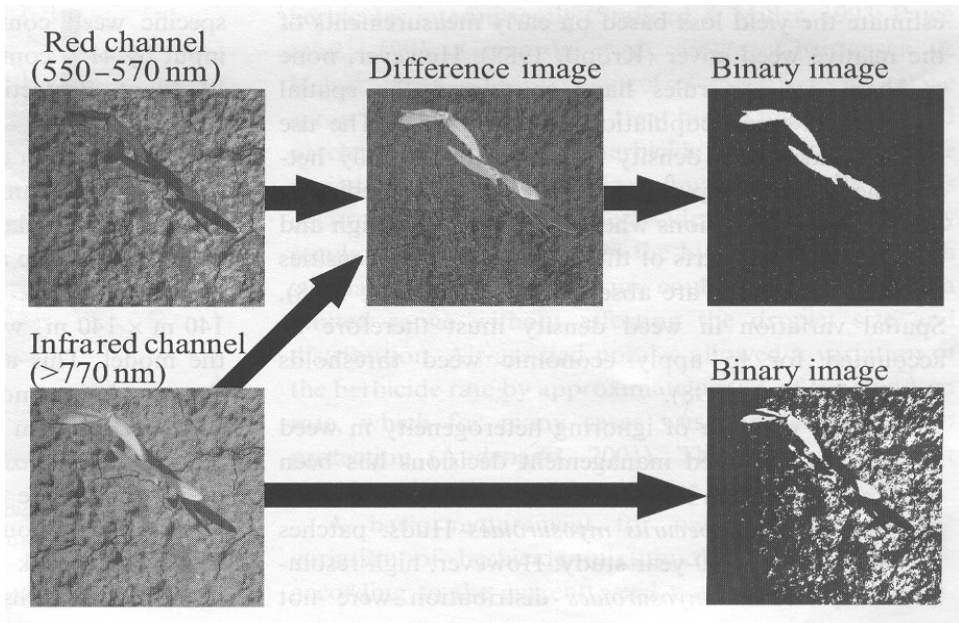
A kapás kultúrákban a kultúrnövények viszonylag szabályos térbeli elhelyezkedése segítséget nyújt a gyomnövényektől történő megkülönböztetéshez (Tillett et al. 2001).

A valós idejű gyomszabályozási kísérletekben a munkafolyamat első lépéseként a gyomok azonosítása történik meg, amelyet a megfelelő pontokra irányított permetezés néhány másodpercen belül követ. A gyomok azonosítása alapvetően az alakparaméterek vizsgálatán alapul, de legtöbbször a képfeldolgozás során először szín jellemzők felhasználása is megtörténik. Mivel a gépcsoport folyamatosan halad, a rendszer nem állóképekkel dolgozik, hanem digitális (CCD) kamera felvételeit értékeli a számítógép. A felvételek készítése a látható spektrumban, 1 sávban, vagy bispektrálisan (Gerhards és Christensen 2003) is, a közeli infra tartományban egyaránt történhet.

Az online gyomszabályozás során a képfeldolgozás menetét a német Gerhards és a dán Christensen által épített rendszer működésén keresztül érthetjük meg (15. ábra). A bispektrális rendszerrel egy hideg fényű tükörről jut a gyomnövények képe a VIS (látható spektrum) és a NIR (közeli infravörös) spektrumra érzékeny CCD kamerákba. A Gerhards és Christensen által használt rendszerben az egyik kamera a vörös spektrumról (550-570 nm), a másik a közeli infra (770-1150 nm) spektrumról készíti a felvételeket. A képeket normalizálják, majd kivonják egymásból (NIR-VIS). Így a készült felvételeken a zöld növényzet jól elkülöníthető az egyéb háttértől (talaj,

növénymaradványok, kövek stb.). A kamerák expozíciós ideje 1/4000 s, minden 2 m-en 3 kép kerül letárolásra.

A felvételeket a komputer szürkeskálába transzformálja, majd bináris kép készül, amelyen a növényzet fehér, a háttér fekete színű lesz. A növények kontúrja képpontonként vektorizálásra kerül, melyek 0-7 számértéket kapnak a vektor irányától (az előző pixelhez képest) függően. A szerzők az egyes növényfajokra jellemző tulajdonságok alapján egy adatbázist állítottak össze, melyben 25 gyomfaj, valamint a kukorica, őszi búza, őszi árpa, és a cukorrépa adatai kerültek. A számítógép ezekhez hasonlítja az érzékelt gyomokat. A rendszer az adatbázisban szereplő gyomfajok azonosítását 80 %-os biztonsággal végezte el.



15. ábra: Az on-line képfeldolgozás folyamata (Forrás: Gerhards et al. 2002)

A Tian (2002) által ismertetett online permetező rendszer két színes CCD kamerával dolgozik és akár 15 km/h vontatási sebesség mellett is működőképes.

Berke és munkatársai (1993) levélfelület méréshez, herbicidek fitotoxikus hatásának értékelésére, növénybetegségek kimutatására és fitopatogén gombafajok felismerésére használták a számítógépes alakfelismerést és képfeldolgozást.

2.6.1.5. Spektrális tulajdonságokon alapuló képelemzés

A spektrális (szín) jellemzők alapján végzett gyomazonosítás és borítottság méréshez általában a hagyományos színes (pankromatikus) felvételeknél több információval szolgálnak a közeli infra (NIR), multispektrális és hiperspektrális felvételek.

Figyelembe kell venni, hogy a növények reflexiók (fény visszaverési) karakterisztikája nemcsak a növényfajtól, hanem a fejlettségi (Gupta et al. 2001) és egészségi állapottól is függ. A pontosabb azonosításhoz célszerű több időpontban készült felvételeket elemezni. Az értékelési módszerek gyakorlatilag azonosak a távérzékeléssel nyert felvételekéhez.

A képek elkészíthetők kis magasságból (néhány m) kisméretű mintaterekről, vagy a klasszikus távérzékelés (2.6.2. fejezet) alkalmazásával, amikor a teljes területre vonatkozóan gyűjtünk információt általában nagyobb magasságból (néhány 100 vagy 1000 m). Az űrfelvételek nagy magasságból (több száz vagy ezer km) készülnek, igen nagy területekről. A távérzékeléssel kapott felvételek értékelésével, az információ kinyerésével a fotogrammetria foglalkozik.

Infravörös felvételek készítése

A közeli infra (NIR) felvételek készítése a különböző víztartalmú növényi részek eltérő hőelnyelő és -visszaverő képességén alapszik. A nagyobb nedvességtartalmú szövetek, felületi struktúrák a szárazabb területeknél általában alacsonyabb hőmérsékletűek, amelyet fekete-fehér vagy színes infra filmen vagy megfelelő digitális fényképezőgéppel, kamerával rögzíteni lehet. A színes infra fotókon a magasabb hőmérsékletű növényi részek vöröses, míg a hidegebb talaj, vízfelület kékes színű.

Az infra képeken általában jól elkülöníthetők a zöld növényi részek a tarlómaradványoktól és a nedvesebb talajtól. A felvételek készítésekor fontos a megfelelő napszak megválasztása a besugárzás szöge és a háttér, illetve a vizsgált növényzet közötti hőmérséklet-különbség megléte miatt (Rudowski 1982). Hideg reggeleken a talaj és a növényzet hőmérséklete kevésbé tér el, forró nyári napokon, borús időben pedig a talajfelszín fokozott kisugárzása értékelhetetlenné teheti a felvételeket.

Ma a precíziós gyomszabályozásban elterjedten a kis magasságból (néhány m-ről) készített felvételek elemzését alkalmazzák. Ezeken a nagy felbontású fotókon az alakparaméterek alapján történik a gyomok elkülönítése egymástól és a kultúrnövénytől, de gyakran a spektrális jellemzők alapján is feldolgozzák a képeket (a növényzet talajtól való elkülönítésére) és a két eljárást együttesen alkalmazzák (Pérez et al 2000).

Kis magasságból végzett infra vagy multispektrális felvételeken a spektrális jellemzők alapján mintaterületek összes gyomborítás értékelését lehet elvégezni (Nagy et al. 2004). Nagy magasságból történő

leképezéskor az alak jellemzők vizsgálata a kisebb felbontás miatt természetesen szóba sem jöhet, csak a gyomnövények spektrális (reflexió) tulajdonságának elemzésére van szükség. A részletesebb információk kinyerésének érdekében a kutatási munkák során egyre inkább a multi- és újabban a hiperspektrális felvételek alkalmazása kerül előtérbe. Feyaerts és van Gool egy valós idejű multispektrális rendszerrel nagy biztonsággal tudta kísérletében a gyomokat azonosítani. Az alkalmazott CCD kamera érzékenysége 435-1000 nm közötti volt. Egy szűrő segítségével 91 sávban mérték a növényzet fény visszaverését amelyek közül az elkülönítéshez a 441, 446, 459, 883, 924 és 988 nm hullámhosszakot alkalmazták, ugyanis a vizsgált gyomfajok elkülönítéséhez ezek bizonyultak a legalkalmasabbaknak.

Wang és munkatársai (2001) egy 5 csatornás multispektrométerrel laboratóriumi körülmények között búzát, talajt és gyomnövényeket 100-100 és 71,6 %-os biztonsággal tudták elkülöníteni egymástól. Alacsony gyomsűrűségnél és egyedül álló gyomnövényeknél a klasszifikáció pontossága csökkent, a gyomokat az elemzés talajként azonosította.

El-Faki et al. (2000) szerint bizonyos gyomfajok esetében, melyek szára antociános színeződést mutat, a zöld szárú búzában és szójában az alakfelismerésnél ésszerűbb a spektrális elkülönítést alkalmazni, mivel az alakfelismerés biztonságát erősen befolyásolja a levelek átfedése, a levélállás, a kamera beállítása és a légmozgás.

Ameddig a megfelelően nagy felbontás megengedi, a megbízhatóbb elkülönítés érdekében a felvételeken célszerű az alak és a reflexió tulajdonságokat együttesen vizsgálni. A már említett alkalmazási példák egy részében is a két eljárást együttesen alkalmazták.

2.6.2. A távérzékelés és felhasználása a gyomtérképezéshez

A távérzékelés során nem monitoringszerű, pont mintavétel történik, hanem a teljes vizsgált terület (tábla, régió esetleg országrész) reprezentálásra kerül. A távérzékeléssel kapott felvételek elemzése során a korlátozott felbontóképesség miatt általában a képpontok spektrális elemzésére van csak lehetőség, sőt, egy pixel is gyakran átlagértéket jelent.

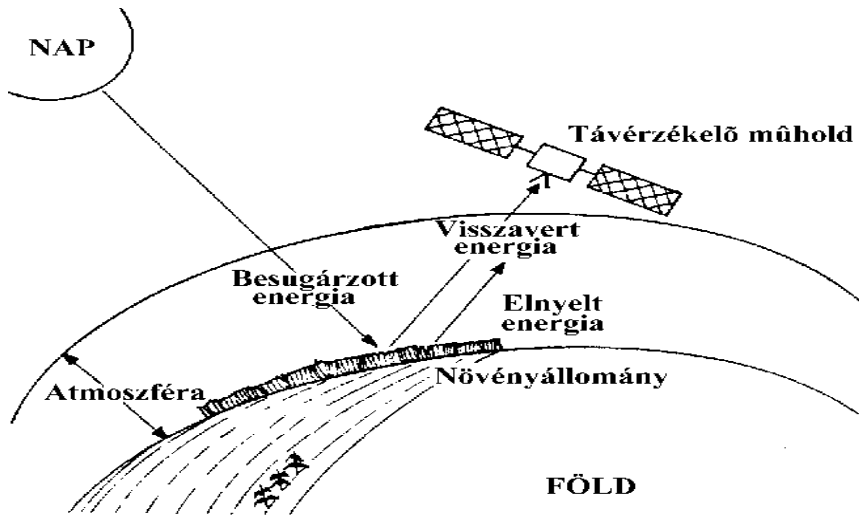
Fontos megemlíteni, hogy ma nem az osztályozás kérdése jelenti a megoldandó fő problémát, hanem a távérzékeléssel megfelelő információtartalmú, pontos és gazdaságosan előállítható felvételek előállítása, amelyek szignifikáns különbséget mutatnak a vizsgált gyomfajok között.

A távérzékelés egyik legfontosabb előnye, hogy az összegyűjtött gyom adatok azonnal megjeleníthetők (a szenzor látókörén belüli területen), és az adatgyűjtést követően akár órákon belül gyomtérkép készíthető (Lamb és Brown 2000).

Távérzékelésen (angolul: remote-sensing) azt az adatszerzési módot értjük, amikor különböző földfelszíni képződményekről, geológiai objektumokról, mezőgazdasági területekről (pl.: talajadottságok; növény faja, gyomborítottság-, tápanyag-ellátottság- és a károsítás mértéke stb.) úgy nyerünk információt, hogy csupán távolról érzékeljük a belőlük vagy róluk visszavert elektromágneses sugárzást (16. ábra).

Berke és munkatársai (2002) szerint: „A távérzékelés alkalmával két- vagy háromdimenziós objektumok vizsgálhatók úgy, hogy az érzékelő eszközök nincsenek közvetlen kapcsolatban a vizsgálat tárgyával.

Általában ha távérzékelésről beszélünk, akkor az űr- és légi felvételekre gondolunk”. Természetesen a kis magasságból (digitális fényképezőgéppel néhány m-ről) készült felvételek is ide sorolhatók.



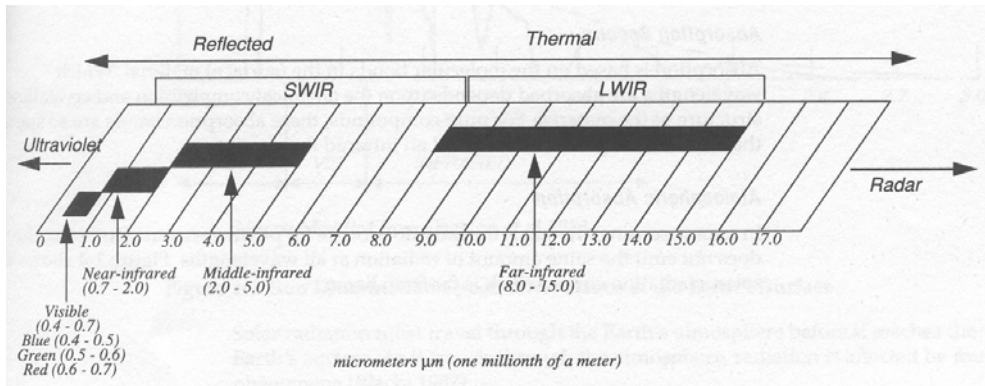
16. ábra: A távérzékelés elvi modellje (Forrás: Morgan és Ess in Nagy és Kalmár 2001)

A növények sugárzás visszaverési tulajdonságai

Mivel a távérzékelés során a cél objektumról visszaverődő sugárzást detektáljuk és rögzítjük kémiai vagy fotoelektromos úton, fontos a növények reflexiós sajátosságainak ismerete.

A növények fényvisszaverési tulajdonságait alapvetően meghatározza a színanyagok (elsősorban a klorofill) jelenléte. Ezért annak mennyisége (a növény életciklusától, egészségi állapotától függően) befolyásolja a növény által visszavert sugárzást. Ugyanígy bizonyos különbségek

vannak az egyes taxonok, fajok között, amelyek az eltérő levélszerkezetből, levélfelszínből is adódnak.



17. ábra: Az elektromágneses spektrum egy része (Forrás: ERDAS 1999)

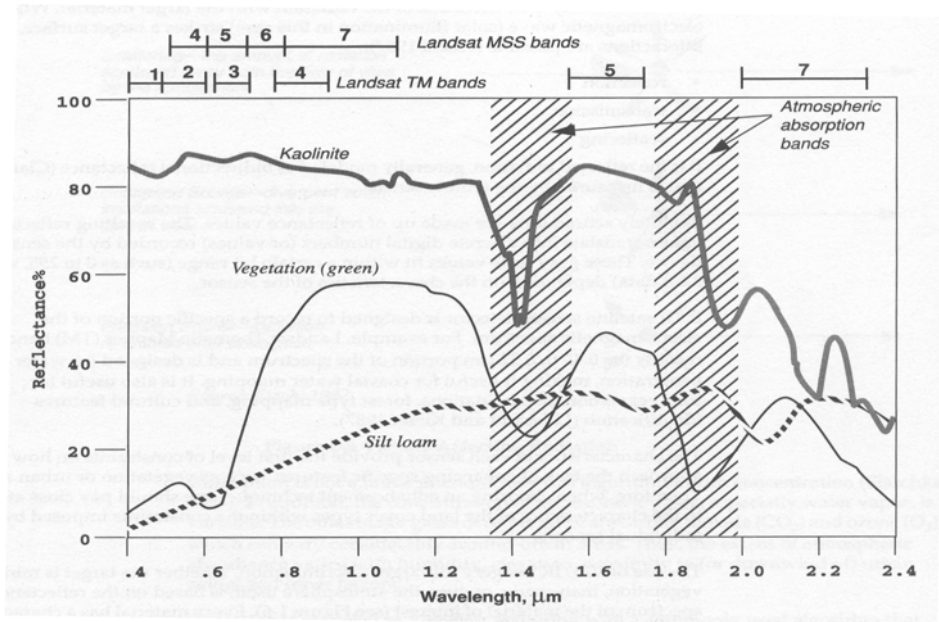
A fajcsoportok, fajok közötti sugárzási különbségek a látható és a közeli infravörös (NIR) spektrumban (17. ábra) a legjelentősebbek.

A visszaverődés mellett meg kell említeni a kisugárzott energiát is, ami a magasabb hullámhosszokon (infra) figyelhető meg és szoros kapcsolatban van a növényi részek víztartásával, egyúttal fejlettségi, szerkezeti és egészségi állapotával.

„Spektrális visszaverődési görbének (18. ábra) nevezzük egy objektumnak a hullámhossz függvényében kifejezett visszaverődési értékeit” (Berke et al. 2002). A távérzékelés során kapott felvételeken az egyes növényeket akkor tudjuk elkülöníteni egymástól, ha olyan spektrum szakaszban készül felvétel, amelyben vizsgált területen a növények között szignifikáns különbség van.

A klorofill a 450 és 670 nm közötti (kék és vörös) hullámhossz tartományban elnyelési csúccsal rendelkezik, ezért ott a visszaverődés

minimális. A kék és vörös fény nagymértékben elnyelődik, viszont a zöldet a növények erősen visszaverik, ezért látjuk zöldnek azokat.



18. ábra: A kaolinit, a zöld növényzet és az agyagos üledék visszaverési görbéi (Forrás: ERDAS 1999)

Az infra tartomány felé haladva, 700 és 1300 nm között az egészséges növényzet visszaverődése ugrásszerűen megnő, a beérkezett energia 40-50 %-a visszaverődik. Ez a levelek eltérő szerkezetéből adódik. A multi- és hiperspektrális felvételeken a növények elkülönítéséhez az ide eső csatornák kiemelt jelentőségűek. 1400 és 2700 nm-nél jellegzetes elnyelődési sávok találhatóak, amelyeket a levelek víztartalmának magas fényelnyelése okoz. Az elnyelődési csúcsok között, 1600 és 2200 nm körül reflexiós maximumok találhatóak. 1300 nm felett a visszaverődés fordítottan arányos a levél teljes víztartalmával, vagyis a nedvesebb

levelek visszaverődése alacsonyabb. A teljes víztartalom a növény nedvességtartalmától és a levél vastagságától függ (Berke et al. 2002).

A távérzékelés különböző eszközökkel néhány m, több száz és ezer m és több száz, ezer km magasságból is végrehajtható. Fontosabb eszközei a következők:

Műholdak

Legnagyobb előnyük, hogy igen nagy kiterjedésű területekről készíthetnek felvételeket. A meteorológiai műholdak felbontása kicsi (néhány km). Ilyen mértékű felbontás a gyomtérképezéshez gyakorlatilag használhatatlan. Az űrállomások kameráival fekete-fehér, színes, infra és színes infra formában jóval nagyobb felbontású űrfényképek készíthetők. A növényzet állapota ezek segítségével jól vizsgálható (Winkler 1991). Azonban a precíziós technikákhoz a felbontóképességük szintén kevés.

Az erőforrás-kutató mesterséges holdak (SPOT-HRV) pankromatikus és multispektrális módban a látható és közeli infravörös tartományban 10x10, ill. 20x20 m terepi felbontásra képesek, adatszolgáltatásuk 60x60 km²-es területekről (Winkler 1991). E műholdak fő feladata a növényzet állapotvizsgálata. A fenti felbontás bizonyos korlátok között, már alkalmas a gyomtérképek készítéséhez. Borult időben a növényállományok felvételezése nem lehetséges.

A Landsat TM műhold felvételeinek térbeli felbontása 28,5x28,5 m, az újabb Ikonos műholdé multispektrális módban 4x4m (pankromatikusán 1x1m), ami már korlátozottan alkalmas lehet a precíziós gyomirtás céljaira. Gondot jelent a több napos visszatérési idő,

tehát a felvételek a műhold keringése miatt egy területről csak bizonyos napokban készülnek. A felhős időben készült fotók nem értékelhetők. A Landsat TM 7 hullámhossz tartományban készít felvételeket, amelyek korlátozottan alkalmasak az egyes növénycsoportok elkülönítésére. Viszont fajlagos költsége nagyon alacsony: a Landsat TM 185x185 km nagyságú felvétele kb. 250 000 Ft-ba kerül, ez hektáronként csupán 7,3 fillért jelent, ami 1000 ha-os területre mindössze 73 Ft.

A jóval nagyobb terepi felbontású (multispektrális: 2,8 m, pankromatikus: 0,6 m) Quickbird felvétel ára mintegy 20-25 USD/ km², ami kb. 50-60 Ft/ha-nak felel meg. Természetesen ehhez kapcsolódva külön költséget jelentenek a felvétel interpretációjával kapcsolatos kiadások.

Hargitai (1971) Magyarországon már a '70 es évek elején ismertette Cole et al. (1970) munkáját az űrfelvételek mezőgazdasági felhasználásának lehetőségeiről.

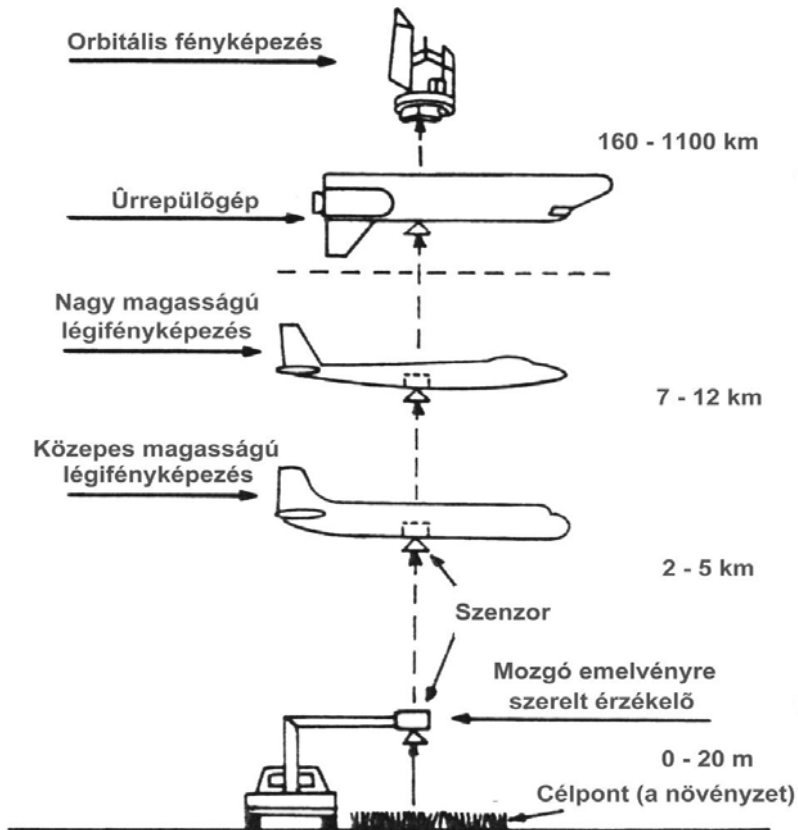
Az 6. melléklet számos műholdas szenzor fontosabb adatait tartalmazza.

A jövőben a gyomok térképezéséhez a nagy (esetleg méter alatti) felbontású, napi elérhetőségű, hiperspektrális űrfelvételek felhasználása ígéretes lehet.

Légi felvételezés

A felvételek készíthetők nagy, közepes és kis magasságból (19. ábra). Minél magasabbról történik a felvételkedészítés, a terepi felbontás úgy csökken, viszont az adatszolgáltatási terület nő, ezzel javítva az eljárás gazdaságosságát. A mindennapi gyakorlat számára a közeljövőben

mindenképpen a kis magasságú felvételkedzítés tűnik perspektivikusak (100 m alatti, vagy néhány száz méter magasságból készített táblaszintű, vagy néhány táblát magába foglaló felvételek.



19. ábra: A távérzékelés lehetőségei a különböző magasságokból
(Forrás: Morgan és Ess in Nagy és Kalmár 2001)

A felvételek készíthetők centrális vetítésű eszközökkel (hagyományos és digitális fényképezőgépek). A hagyományos fényképezőgépek megfelelő, jó minőségű filmet alkalmazva általában nagy felbontásra

képesek. Viszont azonos magasság mellett kisebb területről nyerhetők adatok a segítségükkel.

A digitális fényképezőgépek felbontása általában kisebb (a jelenleg kapható kamerák esetében általában 2-5 megapixel körüli, de a professzionális használatú típusok felbontása elérheti a 6 megapixelt is). Viszont előnyük az, hogy a digitalizálásra nincsen szükség, és a filmek beszerzésének költségei sem merülnek fel.

A digitális videokamerák segítségével pásztázó felvételek készíthetők, amelyek kis repülési magasság és ezért jobb felbontás mellett nagy területekről szolgáltatnak adatokat. Hátrányuk a kisebb felbontás, (általában 0,8-1,0 megapixel), valamint az, hogy a mozgókép kockáinak feldolgozásához, pontos egymás mellé illesztéséhez külön speciális szoftver és a kamerához külön digitalizáló kártya lehet szükséges, amely az adatokat a számítógépbe továbbítja.

Az első légi fényképet 1858-ban *Tournachon*, a híres francia fényképész és grafikus egy léggömb kosarából kihajolva készítette Párizsról és környékéről. Amerikában, 1861-ben *Black* készített légifotót Boston városáról 400 m magasságból, szintén léggömből. 1898-ban pedig egy *Heim* nevű svájci geológus a Jura-hegységet fényképezte a levegőből.

A légi fényképezés a repülőgép megjelenésével lendült fel. Az első motoros repülőgépet megalkotó *Wright* testvérek egyike, *Wilbur*, már 1909-ben filmfelvételt készített a levegőből. Olasz szakemberek 1913-ban légifénykép-sorozatot, ún. fotómozaikot állítottak össze földtani kutatás céljából a líbiai Bengázi térségről. Az első világháborúban a felderítő repülőgépek tartozéka lett a fényképezőgép, 1915-től pedig a

filmfelvevő kamera és a beépített, kettős fényképezőgép. Ez utóbbi igen lényeges újítás volt: a két gép optikai tengelye egymáshoz képest eltérő szögben irányult a földfelszínre, és ugyanarról a területről egy időben kapott két kép lehetővé tette, hogy a légifénykép-értékelő szakember térhatású ún. *sztereoszkópikus* képet lásson. Az 1930-as évektől kezdve már széles körben alkalmazták a légi fényképezést az áttekintő geológiai térképezésben.

A légi színes és színes-infravörös fényképezést növényállományok vizsgálatára az 1960-as és '70-es évek elején kezdték alkalmazni. Egy, a NASA és az USDA által kezdeményezett, a Purdue Egyetem Mezőgazdasági Távérzékelés Laboratóriumában 1966-ban bevezetett közös projekt célja az volt, hogy a távérzékelést a növénytermesztési és növényteni tudományok területébe tartozó kutatásokban használják fel. A korai vizsgálatok többsége a növényállomány színvisszatükrözésének meghatározását foglalta magában, földi radiométerek felhasználásával (LARS 1968).

A normál légi fényképeket és a multispektrális adatokat nagy méretekben használták fel növények elkülönítésére és meghatározására. A LARS központ tovább folytatta a növények távérzékelésének szoftver és hardver fejlesztését, aminek eredményeképpen elkészült a LARSYS leképező rendszer (LARS 1970). A technológia hatékonyságát 1971-ben a Déli Kukorica Levélfoltosság Vizsgálat során bizonyította. A betegség terjedését pontosan nyomon követték, és a távérzékeléses kárfelmérés-bebecslések jól korreláltak a földi felmérésekkel (Campbell 1996). Morgan és munkatársai (1979) szerint 1: 60 000 méretarányú színes-infravörös

légi fényképekről a növényi maradványok és a talajművelési eljárás alapján jól el tudták különíteni a táblákat egymástól.

Curran (1985) felelevenítette a légi fényképezés alkalmazhatóságát mezőgazdasági növények vizsgálatának céljából és arra a következtetésre jutott, hogy ez az eljárás hatékonyan alkalmazható betegség-, kártevő-, gyom-, szárazság vagy árvíz információk gyűjtésére.

A tarlón vagy csírázó állapotú növényállományban előforduló gyomok feltérképezésének kérdése gyakran leegyszerűsíthető az élő vegetációnak a nem élő vegetációtól vagy a növény törmeléktől (Lamb és Weedon 1998), illetve a bevetetlen vagy fedetlen talajtól történő (Thompson et al. 1991, Christensen et al. 1994) színek elkülönítésére. Gyomtérkép készítésére ez a megközelítés akkor alkalmazható, ha a táblán belül valamely gyomfaj dominanciája meghatározható, vagy nem merül fel a gyomok elkülönítésének az igénye egy bevetetlen, vagy még a kultúrnövény kikelése előtti stádiumban levő táblán belül (Kondratyev és Fedchenko 1979).

A földi színek elemzések azonban a tarlótól vagy a talajtól történő elkülönítésen kívül lehetővé teszik bizonyos gyomfajok felismerését is (Brown et al. 1990).

Steckler és Brown (1993) szántatlan, csírázó kukoricában térképezett fel tarackbúzát (*Agropyron repens*), muhar (*Setaria*) fajokat, pongyola pitypangot (*Taraxacum officinale*) és fehér libatopot (*Chenopodium album*), a háttért műveletlen talaj és némi tarlómaradvány alkotta. A gyommeghatározás során a kihagyás és elhagyás hibaszázaléka 25 % alatt volt. Lamb és Weedon (1998) 1 m felbontású légi képet használt egy kölesfaj (*Panicum effusum*) feltérképezésére. A meghatározási

folyamattól függően a meghatározás hibaszázaléka 19-37 % között mozgott.

Lass és munkatársai (2000) CCD kamerával, multispektrális légi felvételek segítségével térképezték a *Centaurea solstitialis* előfordulását különböző fertőzöttségű területeken, 0,5-1-2 és 4 m felbontással. A virágzás előtt-virágzáskor készített 4m felbontású felvételek azonos vagy jobb eredményt adtak, mint a nagyobb felbontású képek magas borítottsági értékeknél, ugyanis a nagyobb felbontásnál több a klasszifikációs hiba. A legpontosabb elkülönítési eredményt a virágzáskor végzett 4m felbontású felvételezés adta.

Medlin és munkatársai (2000) szójában 10x10 m rácsháló pontjain térképezték fel egyes gyomfajokat, majd 2 nap múlva a területről multispektrális légi felvételeket készítettek. Az kiértékelés során a kártételi egyedsűrűség feletti fertőzöttségű mintaterületeken a gyomokat 85 %-os pontossággal tudták azonosítani. A gyommentes területeken az osztályozás pontossága alacsonyabb volt.

Hazánkban Bán (1970, 1971a) már a '70-es évek elején ismertette a fotogrammetria növényvédelmi célú felhasználhatóságát. Munkatársaival kidolgozta a helikopteres légifényképezés egy módszerét (Bán 1971b). A helikopteren hordozott Wild RC-8 kamerával burgonya, alma, kajszibarack, szőlő és cseresznye betegségeit derítette fel (Bán 1971c, 1979). Helikopterrel végzett infra légifelvételek készítéséről is beszámolt (Bán 1972). A KA-26 típusú helikopteren elhelyezett AGA Thermovision műszerrel burgonya és szőlő, valamint erdők felvételezését végezték el. Az infra fotókkal párhuzamosan Wild RC-8 és Linhof kamerákkal is felvételeket készítettek.

Ugyancsak Bán (1973) ismerteti egy repülőgépmoddell 20-100 m magasságból végrehajtott légi fotózási kísérlet eredményeit.

Terpó (1985) beszámolt a Szekszárdi Mezőgazdasági Kombinát tábláin a gyomirtási technológiák hatásának légi fotózással segítségével történő ellenőrzéséről.

Töröcsik et al. (1989) növényállományok fertőzési gócait segédmotoros sárkányrepülőgépről készített légi felvételekkel azonosította, majd azokat zászlóval jelölte a foltkezelésekhez.

Potyondi (1997) ismerteti, hogy a tenyészidőszak alatt három időpontban, cukorrépa rizómánia és cercospora fertőzöttségének kimutatására segédmotoros sárkányrepülőgépről színes légi felvételeket készítettek.

2.6.2.1. A távérzékelés lehetőségei a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez

A nem valós idejű precíziós gyomszabályozás lényege, hogy első lépésben a gyomfelismerés és azonosítás történik, amelyből egy térinformatikai adatbázis kerül felépítésre (a gyomtérkép).

A gyomtérkép alapján a megfelelő program segítségével utasítás írható a permetező automatika számára, az egyes pontok azonosítását a védekezéshez a GPS biztosítja, amely mindenkor megadja a permetező gépcsoport pillanatnyi földrajzi helyzetét. A célzott védekezés ekkor az egyes gyomfoltokhoz rendelt GPS-koordináták segítségével valósul meg.

A gyomtérkép készítése során célszerű a felvett gyomfoltok méretét valamivel megnövelni (puffer zóna), azért, hogy a permetező gépcsoport

haladási sebessége és permetezőkeret szakaszai által adott lehetőségek függvényében a folt teljes területe biztosan kezelve legyen.

A módszer hátránya, hogy a gyomok felvételezése és a védekezés között kevés idő áll rendelkezésre, amely alatt a gyomtérképet is el kell készíteni, valamint a távérzékelés során készített felvételeket igényel, amelyeken ma még a fajsztű elkülönítés biztonságosan nem oldható meg. Kritikus a légifelvételek megfelelő időben történő elkészítése, amely a költséges repülés gyors megszervezését igényli. Amennyiben idővel megfelelő felbontású felvételek szolgáltatóktól (akár az Interneten is) gazdaságosan elérhetők lesznek, nem szükséges a repülés egyéni szervezése, és az adatszerzés is igen gyorsá válik.

A felvételek készítése során felmerülő problémák

Optikai szempontból két igen jelentős tényező említése fontos. Az egyik a felbontás kérdése. A felbontóképesség általában azt jelenti, hogy mekkora az a legkisebb képpont (pixel), amit az eszköz más képpontoktól elkülöníteni képes. A felbontás megadható abszolút értékben, például méterben is, de úgy is, hogy a leképezés során a kép hossz- illetve területegységére hány képpont esik (1. táblázat). Az optikában elterjedt mértékegység erre a dpi (dots/inch), amely az egy inch hosszra eső képpontok számát jelenti, de megadható képpont/cm-ben is, így 254 dpi 100 képpont/cm-nek felel meg.

A felbontóképességet alapvetően befolyásolja a leképező eszköz típusa. A kapott képen a felbontás nagysága fordítottan arányos az eszköznek a leképezendő felülettől mért távolságával.

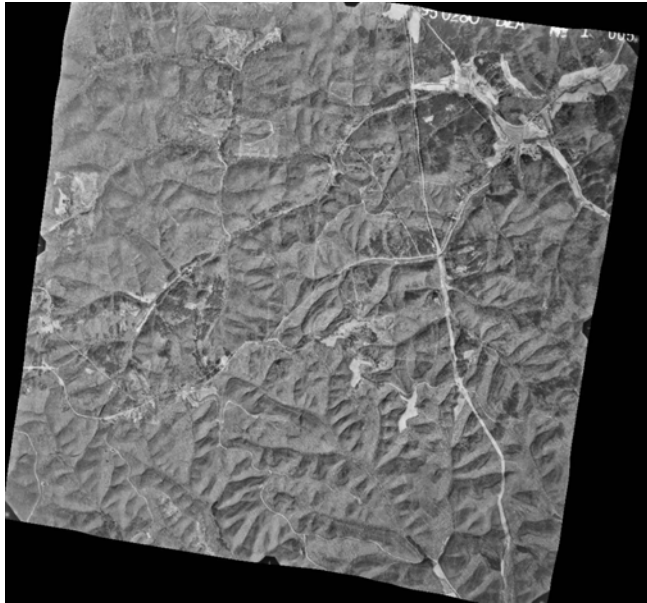
1. táblázat: A távérzékeléssel készített képek térbeli felbontásának átalakítása adatpontokká (Forrás: Johannsen és Carter in Nagy és Kalmár 2001)

Felbontás (m)	Adat pont/ha (db)	Pont/terület (m ²)
1000	0,01	1000 000 m ²
80	1,56	6400 m ²
30	11,10	900 m ²
20	25,00	400 m ²
15	44,40	225 m ²
10	100,00	100 m ²
5	400,00	25 m ²
4	625,00	16 m ²
3	1111,00	9 m ²
2	2500,00	4 m ²
1	10000,00	1 m ²

Természetesen - a gazdaságosság és a célszerűség adta kereteken belül - a lehető legnagyobb felbontás kívánatos (ekkor azonban nagyobb adattömeggel kell dolgozni). A képi felbontás növelésére alapvetően két lehetőség adott: a leképező eszköz felbontóképességének növelése és a kisebb távolságról készített felvételezés. A légi felvételezés során akár 1-0,1 m terepi felbontás is elérhető.

Nagy pontosságú felvételek mérőkamerákkal készíthetők (20. ábra), amelyeknél az expozíció időpontjához tartozó koordinátákat DGPS műszer rögzíti. A felvételeket általában fekete-fehér, színes vagy infra filmre készítik, majd nagy felbontású dobszkenneren digitalizálják. A repüléskor egy sávon, átfedéssel, sztereo felvételsorozat készül, amelyet a feldolgozás során megfelelő raszteres térinformatikai szoftverrel

összeillesztenek és ortofotót készítenek. Hazánkban ilyen felvételek (20. ábra) több szolgáltatótól is rendelhetők.



20. ábra: Mérőkamerával készült légi fotó (Forrás: ERDAS 1999)

A torzító hibák egy része nem korrigálható, ilyen a műszer saját hibája, a felhasznált film hibája stb. Másik részük viszonylag könnyen pontosítható. Ilyen az a jelenség, hogy a centrális leképezés során merőleges vetület esetén a kép közepétől kifelé haladva a terepi felbontás csökken. Ez nagy pontosság igénye esetben számítással javítható. Nehezebben korrigálható tényezők azok, amelyek az egyenetlen domborzatból erednek.

A táblán belüli gyomtérképek optimális léptékére vonatkozóan kevés információ áll rendelkezésre (Lamb és Brown 2000). Alapelveként megállapítható azonban, hogy a pontos táblaszintű gyomtérképek

készítéséhez legjobban alkalmazható kis magasságú felvételek készítése során a fent említett torzító tényezők nem jelentenek gondot, mivel a térkép felbontásának a precíziósan kezelhető legkisebb területegység méretéhez kell illeszkednie, ami az alkalmazott permetezőgéptől függ. A legkisebb, kezelési egységnek tekinthető terület hosszirányú (a haladással párhuzamos) méretét a haladási sebesség és a szórófejek nyitási-zárási ideje alapvetően meghatározza, a keresztirányú méret a permetezőkeret szakaszolási méretétől függ. Ezért a keret minél kevesebb szórófejet magába foglaló szakaszokra osztásával pontosabb kezelés érhető el.

Tehát a gyomtérkép felbontása a legkisebb kezelhető területhez illeszkedjen, illetve azt kissé haladja meg, úgy, hogy a fent említett torzító tényezők hatását a nagyobb felbontás csökkentse. Általában az 1m-nél kisebb felbontás a megkívánt pontosság eléréséhez mindenképpen kívánatos lenne. Azonban a DGPS által elérhető pontosság is behatárolja az egyes pontok azonosítását.

Pankromatikus képalkotás

A felvételek alapvetően többféle módon készíthetők. Az egyik a pankromatikus mód, amely során a felvétel egy széles hullámsávban történik, például a látható (380-760 nm), vagy a közeli infravörös (840-900 nm) tartományban.

Multispektrális képalkotás

A multispektrális fényképezés során a felvétel készítése néhány (általában 3-5) szűkebb hullámsávban történik. Ezek a csatornák különböző szűrőkkel és érzékelőkkel külön-külön rögzíthetők. Gyakran

több műszert alkalmaznak párhuzamos optikai tengellyel, mindegyiket más tartományt áteresztő szűrővel ellátva. A képek elemezhetők külön és egymásra másolva is.

Növények fényképezéséhez célszerű a fotoszintézis által meghatározott és a közeli infravörös tartományokban alkalmazni. A multispektrális felvételeken általában biztonsággal elkülöníthetők az egyes felszínek és vegetáció típusok: erdő, rét, vízfelület, tarló stb. (Mesterházi et al. 2001).

Már évtizedek óta használatosak a távérzékelésben a LANDSAT műholdak felvételei. A 7 sáv közül a 3. csatorna különösen alkalmas egyes növényfajok elkülönítésére (ERDAS 1999).

Az USA-ban és Nyugat Európában vegetációkutatók céljára már évtizedek óta használnak repülőgépen hordozott multispektrális szenzorokat. Az ilyen felvételek előnye a nagy spektrális felbontóképesség mellett az igen nagy geometriai felbontóképesség, amely a repülési magasságtól függően akár m körüli is lehet.

A korszerű szenzorok digitális képet készítenek, ezért a szkennelésre nincsen szükség, valamint a felvételek minden képpontja DGPS által tájékozott, így a leképezés során azonnal digitális ortofotót kapunk. Ezek az érzékelők már nem centrális vetítésűek, hanem a több sávban elhelyezett érzékelők (a rögzített csatornaszámnak megfelelően) a repült sávot szkennerszerűen pásztázzák. Ezért ezeket az eszközöket helyesen nem kameráknak, hanem multispektrális szkennereknek nevezik.

A Leica Geosystems DLR által kifejlesztett ADS-40 multispektrális szkennere 4 sávot rögzít, a repülés során 4 óra alatt az 540 GB kapacitású tárolóegységre egy 100-200 km hosszú sáv rögzíthető digitálisan,

amelynek szélessége (és felbontása) repülési magasságtól függ. A tárolóegység a fordulók során cserélhető. Spektrális érzékenysége: 420-900 nm. Az egyes pixelek helyzetének meghatározása DGPS és inerciális navigációs rendszerrel történik.



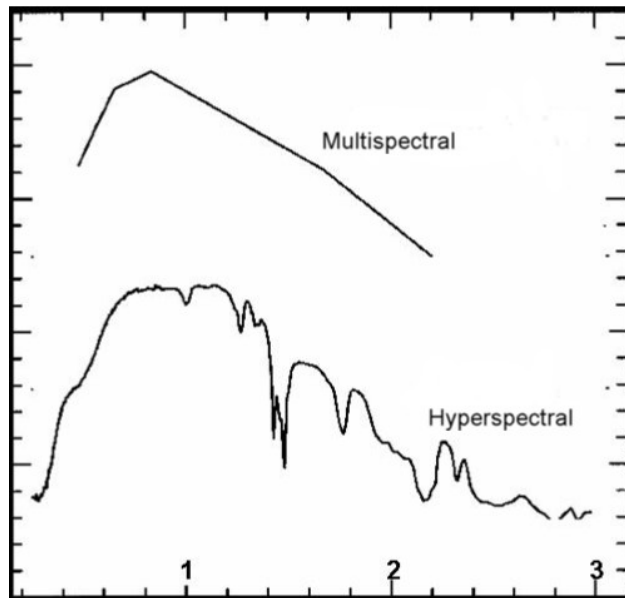
21. ábra: A Tetracam ADC multispektrális digitális fényképezőgép

Kis magasságból multispektrális felvételek készítésére alkalmasak a multispektrális digitális fényképezőgépek. Az általunk alkalmazott Tetracam ADC kamera (21. ábra) 1,3 Megapixel felbontással három sávos felvételeket készít (G, R, NIR).

Hiperspektrális képalkotás

A hiperspektrális leképezés nagyszámú (70-120, de akár 512!) mindössze néhány nm szélességű sávban történik. Ebből adódóan óriási információ mennyiség keletkezik. Természetesen általában egy kutatási célhoz nem mindig indokolt ennyi csatorna egyidejű használata), Ilyen mennyiségű adat megfelelő kezelése és feldolgozása komoly feladatot jelent.

A multispektrális felvételekénél jóval finomabb és precízebb spektrális felbontás több lehetőséget nyújt az egyes növénycsoportok és fajok egymástól történő megkülönböztetésére (7. melléklet),



22. ábra: Egy multi- és egy hiperspektrális reflexiós görbe közötti spektrális felbontásbeli különbség

illetve egyes növényi elváltozásokat okozó károsítók, esetleg tápanyaghiány felismerésére (Goel et al. 2003). A 22. ábrán látható, hogy amíg a multispektrális görbe egy szélesebb hullámhossz-tartományban gyakorlatilag egy egyenest ad, addig a hiperspektrális függvény azonos szakaszán jelentős csúcsok és mélypontok lehetnek. Amennyiben az egyes növényfajok reflexiós görbéi (Thenkabail et al. 2000) között egy adott spektrum szakaszban szignifikáns különbséget találunk, azok a

hiperspektrális felvétel szükséges sávjai felhasználásával nagy pontossággal elkülöníthetők egymástól.

Pechmann és munkatársai (2003) hazánkban a HYSENS projekt során egy 1500 ha-os terület hiperspektrális felvételezését hajtották végre.

Dél-Kaliforniában olajszivárgások és olajfoltok felderítésére használták a hiperspektrális technológiát. A terepi adatokat ASD kézi spektrométerrel vették fel, a légi felvételeket az Earth Search Sciences Probe-1 típusú 128 sávú szenzorával (23. ábra) készítették.

Európában 1995 óta a német DLR által fejlesztett DAIS 7915 szkennelőrrel történtek repülések, jelenleg az ARES szenzor építése folyik, amelyet a közeljövőben már munkába állítanak.



23. ábra: Az Earth Search Sciences Probe-1 típusú, 128 csatornás hiperspektrális szenzora (Forrás: Internet)

Általában a növényfajok elkülönítéséhez nincsen szükség az összes hiperspektrális sávra, hanem csak azokra, amelyeken a vizsgált fajok esetén jellegzetes különbségek adódnak.

A megfelelő csatornák kiválasztásához a felvételek készítéséhez közeli időpontban végzett terepi spektrum elemzésekre van szükség. Egy kísérletünk során az ASDI FieldSpec Pro FR 70 csatornás kézi spektrométerét használtuk

2.6.2.2. A gyomnövények elkülönítésének lehetőségei

A távérzékelésnek talán soha sem lesz olyan gyomazonosítási érzékenysége, hogy a zéró tolerancián alapuló gyomszabályozási stratégiákhoz egyedüli alapként szolgáljon (Lamb és Brown 2000). Ha a közeljövő lehetőségeként a fenntartható mezőgazdaság elvéhez illeszkedő integrált növényvédelmet tekintjük, akkor a kérdést másként kell megítélnünk. Ugyanis az integrált gyomszabályozás nem törekszik a gyomok teljes megsemmisítésére, a kártételi egységsűrűség alatti előfordulást megengedhetőnek tartja.

A gyomnövények azonosításának és megkülönböztetésének igénye a különböző növénytermesztési rendszerekben máshogy merül fel. A legnagyobb feladatot a hagyományos fajtákra és növényvédelmi eljárásokra alapozott, hagyományosnak is nevezhető növénytermesztést és növényvédelmet kiszolgáló gyomtérképek elkészítése jelenti, ugyanis ekkor igény az összes, de legalább a domináns vagy az egyes herbicidek hatásspektrumába illeszkedő gyomfajok megkülönböztetése és előfordulásuk feltérképezése a táblán, valamint azok elkülönítése a növényállománytól és a talajtól.

Egyszerűbb a helyzet a herbicid toleráns növények (pl. imidazolinon ellenálló fajták) esetében. Itt ugyanis az egyes gyomfajok megkülönböztetésének jelentősége kisebb, ugyanis széles hatásspektrumú gyomirtó szert használunk fel. A legegyszerűbb megoldást az ún. prepost kezelések (csak a teljes gyomállományt kell a talajtól megkülönböztetni) és a totális herbicidekkel, például a glifozáttal vagy a glufozinát ammóniummal szemben ellenálló növényfajták termesztése nyújtják. Az utóbbi esetben csak a kultúrnövény-gyomnövény és a gyomnövény-talaj elkülönítésre van szükség.

A gyomok térképezését segíti, hogy a gyomok (az élő fajok még inkább) gyakran foltszerűen fordulnak elő a táblákon. A pontos kimutatás feltétele, hogy a távérzékelő berendezés megfelelő tér- és színbeli felbontóképességgel rendelkezzen, valamint megfelelően különböző legyen a gyomok és a talaj, illetve a növényállomány szerkezete és szín-visszatükröződése (Lamb és Brown 2000).

A tarlón vagy csírázó állapotú növényállományban előforduló gyomok feltérképezésének kérdése gyakran leegyszerűsíthető az élő vegetációnak a nem-élő vegetáció vagy növényi törmeléktől történő (Lamb és Weedon 1998), illetve a bevetetlen vagy fedetlen talajtól történő (Thompson et al. 1991, Christensen et al. 1994) színek elkülönítésére. Mindkét esetben valamennyi pixelcsoport színek jellemzői szignifikánsan eltérnek egymástól, és alkalmasak az elkülönítéshez (pl. Woebbecke et al. 1995). Ez a leegyszerűsített megközelítés akkor alkalmazható gyomtérkép készítésére, ha a táblán belül valamely gyomfaj dominanciája meghatározható, vagy nem merül fel a gyomok elkülönítésének az igénye egy bevetetlen, vagy még a

kultúrnövény kikelése előtti állapotban levő táblán belül (Kondratyev és Fedchenko 1979). Lehetséges bizonyos gyomfajok elkülönítése is a tarlótól vagy a talajtól történő elkülönítésen kívül (Brown et al. 1990, Steckler és Brown 1993).

A növények fény visszaverési tulajdonságai a növekedési fázisok előrehaladásával általában nem szignifikánsak (Price 1994), ezért előfordulhat, hogy ugyanazon faj különböző fenológiai fázisú egyedeit visszatükrözési jellemzőik alapján a képelemzés más fajnak tünteti fel. Pontosabb lehet az elkülönítés, ha az egyes csoportok, fajok identifikálásához nemcsak a szín-visszatükrözési tulajdonságokat használjuk fel, hanem a morfológiai jellemzőket is.

A kultúrnövénytől történő elkülönítést segíti, hogy a gyomok gyorsabb fejlődésük miatt a kultúrnövény kelésekor általában már annál fejlettebb állapotban vannak.

Különösen infra felvételek segítségével a talaj megbízhatóan elkülöníthető az élő növényállománytól. A színes infra fotókon a talaj (és a beteg növényi részek) általában szürkés-kék, az egészséges növényzet élénkpiros színű. Ezért egy prepost kezelésben részesítendő kukoricatáblán a gyomok összes borítása infra fénykép elemzésével könnyen feltérképezhető. Ha ezen a táblán a továbbiakban totális herbicidekkel védekezünk (glifozát, glufozinát-ammónium), akkor a helyspecifikus kezelés már megoldható.

Klasszifikáció (osztályozás)

A gyomtérkép elkészítése során a megfelelő digitális vagy digitalizált felvételen az egyes gyomfoltok a megfelelő képkiértékelő program

segítségével elkülöníthetők lehetnek. Ilyen program Magyarországon is rendelkezésre áll, a DigiTerra Kft Image nevű programja. A világon igen elterjedt és általunk is használt raszteres szoftver az ERDAS Imagine.

A képpontok spektrális osztályozásával akár tetszőleges számú osztályra bontható a kép, amelyek az egyes foltokat adják meg. Az egyes pixelosztályok előfordulási gyakoriságai a százalékban kifejezett borítási értékeket adják, amelyek nem egyenlők az egyedsűrűségi értékekkel. Az egyes képpont osztályok aránya (pl. zöld-barna) mutatja a borítási értékeket.

Az osztályozás képpontokon és régiókon alapuló, valamint statisztikus és szintaktikus műveleteket egyaránt magába foglal (Berke et al. 2002). Célja: létrehozni a kép magasabb szintű leírását, a képpontok, azok kisszámú együttesének, szegmentált alakzatoknak a tulajdonságaik alapján történő felismerését és valamilyen kategóriákba sorolását. Alapesetei az alakfelismerés, textúraelemzés és a képpontértékelemzés: a spektrális tulajdonságok (szín) vizsgálata.

Modelljei a statisztikus elemzés (valószínűség számítási és matematikai statisztikai módszerek) és a szintaktikus (strukturális) elemzés, amely során a textúraelemek síkbeli, térbeli helyzetének elemzése történik (Berke et al. 2002).

A távérzékeléssel kapott felvételek értékelése során elterjedten alkalmazzák a klaszterezést (clustering). A munka kezdetén úgy kell a képpontokat csoportosítanunk, hogy azokról semmilyen előzetes információval nem rendelkezünk. Azokat a sajátosságokat keressük, amelyeknél az adatok hisztogramja jellemző sűrűsödési pontokat

tartalmaz, ezeket a halmazokat alkotó pontokat nevezzük ki egy osztálynak egy jellemező osztály középponttal. Fontosabb eljárásai:

- Hierarchikus módszerek:

Minden egyes lépésben összevonjuk a két egymáshoz legközelebbi klasztert addig, amíg az előírt számú klaszterhez jutunk.

- Klaszterezés célfüggvény alapján:

Az osztályozás jóságát egy célfüggvénnyel mérjük. Ha az egyes klaszterekben az elemek sajátosságai a klaszterközeppon körül minimálisan szóródnak, akkor az osztály viszonylag egyöntetű, tehát az osztályokba sorolás megfelelő.

- Iteratív módszerek:

A célfüggvény kiválasztása utáni optimalizálást jelentenek, meg kell határozni egy olyan felosztást (klaszterezést), amelynél a képelemek halmazainak a célfüggvény szerinti szélső értékét (maximumát vagy minimumát kapjuk (Berke et al. 2002). A végső eredmény több lépésben (iterációval) a célfüggvénnyel kapcsolatos szélső érték egyre pontosabb teljesítésével alakul ki. Általában cél a klaszter középpontokhoz képest legkisebb szórás biztosítása, ezért az egyes lépések során (az iterációs számot általában korlátozzuk) a klaszter középpontok helye változik, egyre stabilabbak lesznek és a besorolás eredménye is egyre kevésbé változik (Berke et al. 2002).

Az egyik legismertebb eljárás az ISODATA (Interactive Self-Organizing Data Analysis Techniques) algoritmus, amelyet az általunk használt ERDAS Imagine program is alkalmaz.

A felügyelt (supervised) klasszifikáció során az osztályokat a felhasználó adja meg, a felügyelet nélküli (unsupervised) osztályozás automatikusan történik, ilyen az ISODATA is.

A manuálisan készített, vagy távérzékeléssel nyert felvételek elemzése, feldolgozása (interpretációja) során semmiképpen sem célszerű irreális igényeket támasztani. A technológia mai szintjén jelentős számú gyomfaj nagy megbízhatóságú elkülönítése nem lehetséges. Sok esetben az összes gyomborítás, illetve fontosabb fajcsoportok megbízható kimutatása is már elegendő lehet a probléma megoldásához.

Fontos hangsúlyozni, hogy a gyomszabályozás és annak tervezése a precíziós mezőgazdaságban sem tisztán műszaki, elektronikai feladat, ugyanis számos ökológiai, biológiai, szakmai döntési és gazdaságossági elvet is figyelembe kell vennünk.

3. Anyag és módszer

3.1. A gyomfelvételezési mintateretek kijelölési módja

Baracska:

Kísérletünket 2001. szeptember 10-13. között végeztük el a Fejér megyei Baracska község határában lévő Anna-majori Gazdaság M 4-5 tábláján, kérésünkre műveletlenül hagyott gabonatarlón. A sík felületű, csaknem szabályos téglalap alakú tábla területe 53 hektár volt.

A tábla egyéb adatai: Genetikai talajtípus: mészlepedékes csernozjom. Arany-féle kötöttség: 46, pH (KCl): 7,52, humusztartalom: 3,19%.

Az elővetemény 2001. évben őszi búza volt, a megelőző évben napraforgó. Az alkalmazott gyomirtási technológia a búzában: Solar (cinidon-etil) 0,2 l/ha, Duplosan DP (diklórprop-P) 1,5 l/ha.

A táblát előzetesen megszemlélve, a művelési irányt megismerve, megterveztük a 2 x 2 méteres gyomfelvételezési mintateretek elhelyezését. Abból indultunk ki, hogy a gazdaság a gyomirtáshoz 18 m munkaszélességű permetezőgéppel rendelkezik, ezért a táblát 18 m széles fogásokra osztottuk, majd ezeken a sávokon megterveztük a felvételi négyzetek helyeit. Összesen 122 mintateret jelöltünk ki.

Egy cella 18 m széles (a permetezőgép keretszélességének megfelelően), hosszúságuk néhány szélső terület kivételével 280 m (ugyanis a szomszédos mintateretek egymásoz képest fél osztással eltoltan helyezkedtek el), így területük 0,5 ha. A tábla mérete 625x850 m.

A gyomfelvételezési munka első fázisában a tábla négy sarkát megjelöltük a GPS koordinátákkal. Ezt követően sorra felkerestük ez

előzetesen megtervezett gyomfelvételezési négyzeteket és elvégeztük rajtuk a Balázs-Újvárosi-féle módszerrel a gyomfelvételezést. Az adatok pontossága miatt a kvadrátok megjelölésére 2x2 m nagyságú léckeretet használtunk.

Majd minden egyes négyzet közepére állva a műszerről leolvastuk a földrajzi szélességi és hosszúsági koordinátákat (fok, szögperc és ívmásodperc, 5 tizedesjegy pontossággal) és a gyomfelvételezési adatokkal együtt rögzítettük. A műszer valós idejű (real time) pontossága 0,5 méter volt. A gyomfelvételezésekkel együtt későbbi feldolgozás céljára talajmintákat is vettünk.

Siklós:

Gyomfelvételezéseinket 2003. június 30-án végeztük el a Siklós melletti Sári major területén lévő 30 hektáros búzatáblán, melyen a megelőző tíz évben monokultúrás kukoricatermesztés folyt (Reisinger et al. 2003). Az előző évi kukoricát 2002. szeptember 19-én takarították be, majd a vetőágy-előkészítés (2x kombinátor + 2x forgóborona) után 2002. október 28-án 294 kg/ha vetőmagmennyiséggel, Mv Magvas fajtájú őszi búzát vetettek a területre. A búza keléskori csíraszama 5,5 millió db/hektár volt. Az őszi búzát sem 2002 őszén sem 2003 tavaszán nem részesítették vegyszeres gyomirtásban, mert az a gyomnövényzet alacsony előfordulási szintje miatt nem volt indokolt. A tábla az őszi és a tavaszi állománybecslés során „jó” minősítést kapott. A táblára ősszel 132 kg/ha nitrogén, 50 kg/ha foszfor és 50 kg/ha kálium hatóanyagot juttattak ki. 2003 tavaszán a terület két alkalommal 34-34 kg/ha nitrogén

fejtrágyát kapott. Majd a táblán 2003. május 31-én Folicur Top 1 l/ha gombaölő szeres és Fury 0,1 l/ha inszekticides kezeléseket végeztek.

A területre 2002 október 1-től - 2003 július 1-ig 215 mm csapadék hullott. Általános benyomás szerint az aratás idején a búzatábla gyakorlatilag gyommentes, jól ápolt benyomást keltett.

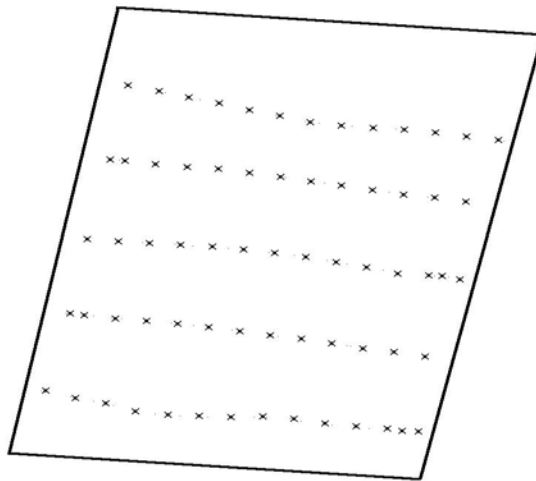


24. ábra: Gyomfelvételezés és DGPS-el történő helymeghatározás a siklósi kísérleti táblán

A gyomfelvételezéseket az aratást megelőző napon végeztük el a Balázs-Újvárosi féle cönológiai módszerrel. Az időpont megválasztásában közrejátszott az a tény, mely szerint a búzatáblán az aratást megelőzően leggazdagabb a gyomflóra faji összetétele, ugyanis megtalálhatók még az ősszel kelő gyomnövények magot érlelt egyedei, ugyanakkor a búza

leveleinek leszáradása után már tömegesen csíráznak a nyárutói egyéves gyomok is. A 2x2 méteres felvételezési négyzetek helyeit sávokon irodai körülmények között előre megterveztük, majd a terepmunka során a kvadrátoknak rögzítettük a földrajzi koordinátáit (24. ábra). A mérést szubméteres pontossággal Trimble Pathfinder Power DGPS műszerrel hajtottuk végre.

A gyomfelvételezési helyek tervezése és kijelölése olyan elv szerint történt, amely együttesen biztosítja a mintaterék mátrix-szerű egyenletes eloszlását, ugyanakkor az eredményeket – a precíziós eszközök megléte esetén – a gyakorlati védekezésnél közvetlenül is fel lehet használni.



25. ábra: A gyomfelvételezési mintaterületek elhelyezkedése a siklósi táblán

A gyomfelvételezési adatokhoz hozzárendeltük a nagy pontosságú földrajzi koordinátákat, a későbbi adatfeldolgozás, gyomtérkép-készítés és más egyéb vizsgálat érdekében.

A vizsgált területen 63 gyomfelvételezési kvadráton (25. ábra) végeztünk felvételezést a gyomfajok dominancia értékeinek rögzítésével.

A táblarész területe mintegy 30 ha volt, ezért az átlagos mintavételi sűrűség 0,5 ha. Az adatokat számítógép segítségével dolgoztuk fel és meghatároztuk az előforduló gyomfajok dominancia sorrendjét, a gyakorisági %-ot, az életforma csoportok megoszlását és az egyszikű/kétszikű arányt.

3.2 A mintaterék kijelölési sűrűsége

Kísérletünkben sávokban kijelölt és GPS-el bemért mintateréken felvételezett gyomfajok dominancia sorrendjét vizsgáltuk a mintasűrűség és a mintatér kijelölés metodikájának függvényében 2002. augusztus 30. és szeptember 9. között Mosonmagyaróváron, az egyetemi tangazdaság 23,8 ha területű, közel szabályos téglalap alakú tábláján, búza tarlón. A tábla a Lajta folyó partján, azzal párhuzamosan helyezkedik el, a terület genetikai talajtípusa öntéstalaj, a talajvíz mélysége: 3-4 m. Az őszi búza előveteménye tavaszi bükköny volt. A búza betakarítása 2002. 07. 12-én történt, a termés 2,8 t/ha volt. A tábla kb. 1/3-án nem végezték el a tarlólántást (1-25. mintatér) a többi része hántva lett. A mintateréken a fajonkénti és az összes gyomborítottságot a Balázs-Ujvárosi-módszerrel állapítottuk meg. Mivel a gazdaság 18 m keretszélességű permetezőgéppel rendelkezik, valamint az adatokból tankolásonként változtatható herbicid kijuttatás megvalósítását is terveztük, 18 m széles sávokban, 0,2 ha sűrűséggel jelöltük ki a mintatereket (27. ábra). A 4 m² területű négyzetek középpontjainak helyét GPS-el azonosítottuk. A felvételezési helyek gyomfelvételezési adataiból és a hozzájuk

2. A táblaszélek és a tábla középső részének külön értékelése:

Összehasonlítottuk a tábla szélső részein körben elhelyezkedő mintaterék adatait a megmaradt belső felvételezési pontokéval.

3. A tábla átlói mentén található mintaterék értékelése:

A két átló mentén elhelyezkedő mintaterék adatait hasonlítottuk össze az egész tábla adataival.

4. A tábla felosztása tankolásonként változtatható kezelés tervezéséhez:

3.3 A gyomtérképek elkészítésének módja

Az előzőekben ismertetett eljárás alapján kijelölt mintaterék adatait (EOV koordináták és gyomborítottsági adatok) Microsoft Excel táblázatba vittük be, majd ezt a térinformatikai adatbázist (GIS) többszöri konvertálás után az ERDAS Imagine 8.5 Professional program segítségével dolgoztuk fel. Több kísérleti táblán (Baracska, Mosonmagyaróvár, Siklós) 0,2-0,5 ha gyakorisággal felvételezett gyomborítási adatokból készítettünk térképeket.

Mivel a munka kezdetén nem rendelkeztünk saját GPS vevővel, és a mérési adatok sem álltak fájlban rendelkezésre, a pozíció és gyomborítási értékeket a táblázatkezelő szoftverbe (Excel) vittük be. Az Excelben végeztük el az adatok feldolgozását. Megállapítottuk a dominancia sorrendet, az egyéves és évelő fajok arányát, az egyes életformák megoszlását, az ún. bio-ökológiai spektrumok (egyéves egyszikű, egyéves kétszikű, évelő egyszikű, évelő kétszikű) szerinti eloszlást, az

egy- és kétszikűek arányát. Kimutattuk az egyes gyomfajok előfordulási gyakoriságát a mintatereken (K-érték).

Az .xls fájlokat átalakítva (csak az EOVS x és y koordinátákat és a borítási értékeket meghagyva) .txt fájlformátumba mentettük el. A .txt fájlt az ERDAS Imagine szoftverben megnyitva .dat fájlba konvertáltuk, amelyből a térképek elkészítéséhez a kiindulási adatállományt kaptuk. A szoftverrel a mintaterék GPS koordinátái alapján a hozzájuk tartozó, fajonkénti gyomborítási értékek felhasználásával modelleket (térképeket) készítettünk.

Az elkészült térképek összehasonlíthatósága miatt azok előállítását egy egységes módszer alapján végeztük.

A digitális domborzatmodelleket (DTM, digital elevation model, DEM) a hazai vetületi rendszerbe, az EOVS-be (Egységes Országos Vetületi rendszer) transzformáltuk, mértékegységként a métert választottuk. A szoftverrel az input pontok között lineáris interpolációt alkalmaz. Ezen felül az értékek szórásának csökkentése érdekében (31x31 mátrix alapján) simító interpolátort (27. ábra) is alkalmaztunk.

A modell színezését a Painted relief menü segítségével végeztük el, majd a szintvonalakat 5%-os intervallummal készítettük el. A kész térképek a három layer (domborzatmodell, painted relief és szintvonalak) egymásra illesztésével és tájékoztásával a Virtual GIS alkalmazásban jöttek létre, amelyeket .jpg képformátumba mentettük el.

A térképeken a jobb szemléltetés miatt használt szintvonalak egyenként 5% borítottságot jelentenek. A legalsó szintvonalak alatti területeken, a gyomborítás 5% alatti. Egy adott ponton a szintvonalak számából tehát a gyomborítás megállapítható. Ahol a borítási érték 0,

vagyis az adott faj nem fordul elő a kék szín látható. A felületek magassági értékeit (az adott ponthoz tartozó borítási érték) a szemléletesebb ábrázolás érdekében (2-5x) torzítottuk. A növekvő borítási értéket a zöldből barnába hajló szín jelöli. Ahol tehát sötétebb a szín, ott magasabb a gyomborítás.

$$V = \left[\frac{\sum_{i=1}^q \left(\sum_{j=1}^q f_{ij} d_{ij} \right)}{F} \right]$$

f_{ij} = egy simítási mag együtthatója az ij pozíciónál a mátrixban

d_{ij} = a pixel értéke, amely megegyezik f_{ij}-vel

q = a (négyzetes) mátrix mérete

F = vagy a mátrix együtthatóinak összege, vagy 1, ha az összeg 0

V = a kimeneti pixel érték

27. ábra: A gyomtérképek készítése során alkalmazott simítási függvény (Forrás: ERDAS 1999)

A vizsgált táblákon az egyes gyomfajok elterjedését és az összes borítás eloszlását külön-külön térképeket ábrázoltuk.

Gyomtérképezés teljes felület reprezentációval

Egy táblán a gyomok elterjedési és borítási viszonyait legpontosabban a távérzékeléssel lehet térképezni és mérni (Nagy 2003e). A részletek ismertetésével a 3.8. fejezet foglalkozik.

3.4 Évelő gyomfajok feltjainak térképezése

A gyomfelvételezések során sok esetben tapasztalható, hogy egy táblán kifejezetten foltszerűen előforduló gyomok elterjedése (az évelő fajok igen gyakran) mintavételes eljárással pontosan nem ábrázolható. Természetesen ez függ a mintavétel módjától és sűrűségétől. Ilyen esetekben ajánlható az egyes gyomfoltok körüjárása GPS vevővel.

A térinformatikai GPS eszközök szoftverei kiszámítják a foltok területét és kerületét. A munka során alapvető kérdés az, hogy mekkora legyen a legkisebb folt, amit még rögzítünk. Ugyanis sok kis területű folt esetén a felvételezés nagyon munkaigényes, és az így elérhető gyomirtószer-megtakarítás nem biztos, hogy indokolja a precíziós kezelést. Leghatékonyabban az olyan tábla felvételezhető és kezelhető, amelyen néhány, nagyobb méretű gyomfolt található és azok összes területe a tábla területének kis részét jelenti.

E módszer néhány, főleg évelő gyomfaj előfordulása esetén alkalmazható. A gyomfoltok 2 dimenziós formában egyszerűbb térinformatikai szoftvekkkel is ábrázolhatók.

Kutatásaink során az évelő gyomfajok térképezését két kísérleti területen, Mosonmagyaróváron és Baracskán végeztük el.

Mosonmagyaróvár

Vizsgálatainkat 2003. június 4-én végeztük egy tábla 7,4 ha területű részén, kukorica állományban. A kukorica 30-40 cm magasságú, az állomány a sorok záródása előtti fázisban volt. A táblán a preemergens kezelés (acetoklór 1600 g/ha + AD-67 160 g/ha + atrazin 900 g/ha) jó eredményt adott, nagy tömegben csak az évelő *Cirsium arvense* (L.)

Scop. és a *Lepidium draba* L. néhány kisebb, többnyire táblaszéli foltokban fordult elő.

A gyomfoltok helyzetét Trimble Pathfinder Power térinformatikai GPS vevővel, átlagosan 5-7 műhold egyidejű észlelése mellett, Omnistar jelkorrekció felhasználásával szubméteres pontossággal állapítottuk meg. A tábla bejárása 20-30 m széles sávok mentén történt, az útba eső foltok körüljárásával. A gyomfoltok területszerű objektumként (poligonként) kerültek rögzítésre, 10 másodpercenkénti pozíció rögzítéssel. A felvételezés során az 1 m²-nél kisebb foltokat nem vettük figyelembe. A *Cirsium* foltok megtalálását segítette, hogy valószínűleg az egyenetlen N-ellátás miatt helyenként zöldebb és magasabb kukorica állomány mellett a *Cirsium* is jól jelezte ezen területeket, a fertőzöttség többnyire a N-nel jobban ellátott területekre koncentrált.

A terepi munka során kapott „nyers” adatfájlt ESRI shapefile-ba konvertáltuk, majd a feldolgozást és a térképek elkészítését az ArcView GIS 3.2 szoftverrel végeztük el. Mivel a terület bejárása során összesen 14 esetben ugyanazon gyomfolt többször is, vagy másik folttal átfedve felvételezésre került, a térképen ezen foltokat egyesítettük. A tábla kontúrvonalánál megfigyelt átfedéseket megszüntettük, ezzel a területet egyetlen vonallal írtuk körbe. A gyomfoltok kontúrvonalait a szükséges esetekben (átfedések, multipoligonok, nem mindenütt zárt alakzatok) korrigáltuk.

Baracska

A kísérletet 2003. június 12-én egy 100 ha feletti területű kukorica tábla egy részén, 18 ha-on végeztük. Az állomány a sorok záródása kezdetén, 20-30 cm magasságú volt. A területen a preemergens kezelés Merlin Plus

és Atrazin 500 FW herbicid kombinációval történt (acetoklór 2100 g/ha és furilazol 70 g/ha + atrazin 1400 g/ha + izoxaflutol 60 g/ha). A kezelés jó hatást adott, magról kelő gyomok a táblán gyakorlatilag nem fordultak elő, azonban az évelő fajok közül a *Cirsium arvense*, *Polygonum amphibium*, *Convolvulus arvensis* és az *Asclepias syriaca* foltjai voltak megtalálhatók.

A posztemergens kezelés a terület felén, 9 ha-on Motivell és Banvel 480 S tankkeverékkel (nikoszulfuron 40 g/ha + dikamba 336 g/ha), a másik felén Monsoon és Banvel 480 S kombinációval (foramszulfuron 56,25 g/ha és izoxadifenil-etil 56,25 g/ha + dikamba 336 g/ha) történt. A herbicid hatás tünetei a kísérlet időpontjában teljesen még nem fejlődtek ki.

Az állománykezelés után 18 nappal jártuk körül a gyomfoltokat és azok helyzetét Trimble Pathfinder Power térinformatikai GPS vevővel, átlagosan 5-8 műhold egyidejű észlelése mellett, Omnistar korrekció felhasználásával, szubméteres pontossággal állapítottuk meg. A tábla bejárása az útba eső foltok körüljárásával 20-30 m széles sávokon történt.

A gyomfoltok területszerű objektumként (poligonként) kerültek rögzítésre, 10 másodpercenkénti pozíció-rögzítéssel. A felvételezés során az 1 m²-nél kisebb foltokat nem vettük figyelembe. A mérési fájlok feldolgozása a mosonmagyaróvári kísérletnél ismertetett módon történt. A baracskai területen a táblabejárás jóval nagyobb teljesítménnyel (5 ha/óra) történt, ugyanis ezen a táblán jóval kevesebb számú és nagyobb területű gyomfolt fordult elő.

3. 5 Talajtulajdonságok és egyes gyomfajok elterjedésének összefüggései

Kísérletünket 2001. szeptember 10-13. közötti időpontban végeztük el Baracska község határában, a már említett táblán, hántatlan búza tarlón. Célunk a kísérleti tábla fontosabb talajtulajdonságainak változása függvényében egyes gyomfajok elterjedésének vizuális összehasonlítása volt (Kömíves et al. 2003).

A vizsgált területen a domináns fajok a *Panicum miliaceum*, a *Datura stramonium*, a *Chenopodium hybridum*, az *Amaranthus spp.*, a *Cannabis sativa* és a *Chenopodium album* voltak.

A tábla négy sarokpontját GPS-el bemértük, majd a művelési iránynak megfelelően 18 méter széles osztásokat mértünk ki. A gazdaság, amely a területet műveli, 18 méter munkaszélességű szántóföldi permetezőgéppel rendelkezik, ennek megfelelően osztottuk fel a táblát ilyen méretű fogásokra.

A gyomfelvételezési mintaterületeket 0,5 hektáronként jelöltük ki szabályos, rácshálós rendszerben, úgy hogy azok a legtöbb információt szolgáltatassák számunkra a tábla gyomnövényzetéről. A gyomfelvételezési mintateretek száma 122 volt. A 2 x 2 méteres gyomfelvételezési mintaterületeket sorszámmal jelöltük meg, majd a négyzetek középpontjain bemértük a GPS koordinátákat. A mérés valós idejű pontossága 0,5-1 méter volt.

Ezzel egyidejűleg a mintatér középpontjából, talajfúró segítségével talajmintákat vettünk, melyeket laboratóriumban analizáltunk.

A gyomfelvételezéseket a magyarországi mezőgazdasági gyakorlatban régóta, rendszeresen alkalmazott Balázs-Újvárosi cönológiai módszerrel hajtottuk végre (Reisinger 2001).

A már ismertetett módon elkészítettük az egyes fajok és az összes gyomborítottsági térképeit. A mintaterokról vett talajminták laboratóriumi vizsgálata alapján, a táblán az Arany-féle kötöttségi szám (K_A) és a humusztartalom (H %) eloszlását is az ismertetett módon elkészített térképeken ábrázoltuk.

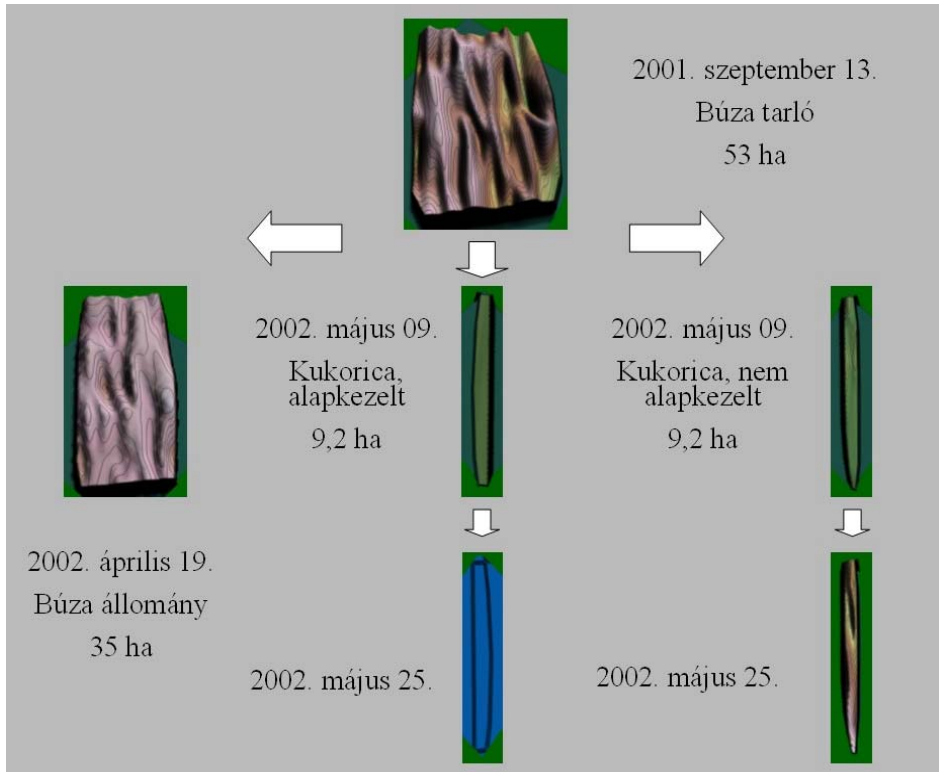
A térképeken vizuálisan összehasonlítottuk egyes gyomfajok elterjedését a kötöttség és humusztartalom térbeli eloszlásával, és megpróbáltunk következtetéseket levonni, hogy mennyire befolyásolta egy táblán a két vizsgát talajtulajdonság az egyes fajok elterjedését, van-e közöttük kapcsolat, és az milyen előjelű.

3.6. Populációdinamikai vizsgálatok

A baracskai kísérleti területen több éves gyomfelvételezési adatsorok elemzésére volt lehetőség, ezért célul tűztük ki a táblán egyes veszélyes gyomfajok populációdinamikájának rövid távú tanulmányozását és vizuális megjelenítését (Nagy és Reisinger 2002). A feladat megoldható adatsorok összevetésével is, azonban a térképi ábrázolás a populációdinamikai folyamatokat jobban szemléltethetővé teszi.

Az első gyomfelvételezéseket a Balázs- Újvárosi módszerrel a már ismertetett módon 2001. szeptember 13-án végeztük el a tábla 53 ha területű részén, őszi búza tarlón. Ezen területre 35 ha-on őszi búza vetésére került sor, amelyben 2002. április 19-én ismét gyomfelvételezéseket végeztünk. A tábla többi részére kukorica került,

ebből egy 9 ha területű parcellán alapkezelés is történt, másik 9 ha-on kérésünkre csak állománykezelést végeztek (28. ábra). Az alapkezelést atrazin + antidotált acetoklór + izoxaflutol (Atrazin 500 FW + Merlin Plus) herbicid hajtották végre.



28. ábra: Gyomfelvételezések a baracscai kísérleti táblán (2001-2002)

A posztemergens kezelés a tábla teljes területén kukoricában rimriduron + dikamba (Titus Plus) gyári kombinációval történt. A két táblarészen május 9-én végeztünk gyomfelvételezéseket. Ekkor a preemergens kezelés hatása még nem fejlődött ki. A következő értékeléskor, május 25-

én az alapkezelt terület teljes gyommentességet mutatott, amíg a másik sávon tömeges gyomosodás volt tapasztalható, mivel kérésünkre a kezelés végrehajtását késleltették.

A különböző időpontokban a tábla egyes részein gyűjtött gyomfelvételezési adatokat a már ismertetett módszerrel térképeken ábráztuk és a táblázatos értékelés mellett vizuálisan is bemutattuk.

3.7. Tankolásonként változtatható gyomirtási technológia tervezése

A tankolásonként változtatható kezelések elve abból a felismerésből ered, hogy gyakran az egyes táblarészek gyom dominancia viszonyai között nagy különbségek figyelhetők meg. Sok esetben egyes gyomfajok egy tábla bizonyos részein nagy tömegben fordulnak elő, amíg a tábla más területein egyáltalán nem, vagy kis mennyiségben. Ha a táblarészek között jelentősek a gyomosodásbeli eltérések, érdemes foglalkozni a tankolásonként eltérő kezelés gondolatával (Nagy 2003d).

Első lépésként a területen megfelelő mintasűrűséggel gyomfelvételezéseket kell végeznünk, hogy pontosan ismerjük a tábla gyomviszonyait. A gyomfelvételezési adatokat célszerű táblázatkezelő szoftverrel feldolgozni. A gyomfelvételezési mintatereket ajánlott a művelési irányban rácshálószerűen kijelölni, a rendelkezésre álló permetezőgép munkaszélességének megfelelő távolságban, a precíziós gyomszabályozás céljának megfelelően nagy mintasűrűséggel. Természetesen a nagyobb mintaszám pontosítja az eredményt, de munkaigénye is nagyobb, ezért olyan kijelölési sűrűséget kell választani,

ami a még megfelelő pontosság mellett hatékonyan és gazdaságosan hajtható végre. Táblarész specifikus kezelésnél nem olyan nagy az igény a pontossággal szemben, mint egy GPS által vezérelt automatikus kijuttatás során.

A gyomfelvételezési adatok feldolgozását (dominancia sorrend, veszélyes fajok, élelő gyomok stb.) a művelési iránynak megfelelő sávokban kell elvégezni, amelyek szélessége az alkalmazandó permetezőgép munkaszélességének egész számú (páros) többszöröse legyen. A tábla hosszának megfelelően a sávok szélességét akkorára kell megválasztani, hogy a tervezett permetlé-mennyiség kismértékű módosításával a sáv területe egy tankolással kezelhető legyen. Például, ha a tábla 600 m hosszú, a permetezőgépünk 18 m munkaszélességű, egy oda-vissza forduló (azért, hogy mindig a tábla ugyanazon oldalán tankoljunk) 36 m szélességű, területe $36\text{m} \times 600\text{m} = 21\,600\text{m}^2 = 2,16\text{ha}$. 4 forduló területe tehát $4 \times 2,16 = 8,64\text{ha}$. Ha a permetezőgép tartálya 2000 l térfogatú, a 8,64 ha-t kb. 230 l/ha permetlé-mennyiséggel tudjuk kezelni, így a 4 oda-vissza forduló egy tankolást jelent.

Tehát a tábla hosszának, a permetezőgép munkaszélességének és tartálytérfogatának ismeretében a permetlé-mennyiség megfelelő, kis mértékű módosításával megfelelő szélességű sávokat tudunk kijelölni a kezelendő táblákon. A maradék területet arányos mennyiségű permetlével kezeljük.

Az egyes sávokon a táblarész gyomviszonyainak függvényében akár teljesen eltérő technológiákat is tervezhetünk (a permetlé-mennyiség mindig állandó). Lehetőség van ugyanazon kombinációt eltérő dózisokkal, vagy különböző arányban kijuttatni, esetleg sávonként

teljesen eltérő gyomirtó szereket alkalmazni. Tankolásonként a permetezést végző személynek utasítás írható, hogy hányadik sávban milyen gyomirtó szereket milyen mennyiségben keverjen be. Természetesen a pontosság feltétele a keverési utasítás lelkiismeretes végrehajtása.

Tankolásonként változtatható alapkezelések tervezhetők a megelőző évben vagy években végzett gyomfelvételezési eredmények értékelése segítségével. A baracskai táblán a 2001. évben végzett gyomfelvételezések adatainak feldolgozása során láthatóvá vált, hogy a tábla egyik szélétől a másik felé haladva a *Panicum miliaceum* borítása fokozatosan csökkent, amíg az egyik táblaszálon 30-40 %-os, a másikon csak 5-10 % borítási értékeket figyeltünk meg. Ez alapján a tankolásonkénti kezelés során a kölessel fertőzöttebb sávokon más gyomirtó szereket, esetleg magasabb dózisban alkalmazhatunk.

A preemergens herbicidek dózisának megállapításához az egyes sávokon nagy segítséget nyújt, ha a gyomfelvételezési mintatereken talajmintákat is veszünk, majd a talajvizsgálati eredmények alapján a sávok átlagos kötöttségét és humusztartalmát külön is értékelni tudjuk. A tankolások során az egyes sávok talajtulajdonságaihoz igazodó dózisokkal jelentős gyomirtószer-megtakarítás érhető el (amennyiben a tábla talaja jelentős heterogenitást mutat), hatékonyabban védekezhetünk a gyomok ellen, és elkerülhetjük a kultúrnövény gyomirtó szerek általi károsodását.

A tankolásonként változtatott technológia állománykezelések végrehajtására is kiválóan alkalmas lehet. Kalászosokban és kapás kultúrákban egyaránt használható, mint a gyomirtószer-megtakarítás és a

hatékonyabb gyomszabályozás egy eszköze. Alapkezelések után a megmaradt gyomfajok ellen, vagy évelő gyomok foltjainak kezelésére jó eredménnyel használható, ha a gyomosodás táblarészenként eltérést mutat. Alapkezelések nélkül, kizárólag állománykezelések formájában is alkalmazható különösebb eszközigény és beruházás nélkül, minimális többletköltség mellett mindössze külön tervezési munkát és gondos végrehajtást igényel.

□ 3	□ 8	□ 1 3	□ 1 8	□ 2 3	□ 2 8	□ 3 3	□ 3 8	□ 4 3	□ 4 8	□ 5 3	□ 5 8	□ 6 3	□ 6 8	□ 7 3	□ 7 8	□ 8 3
□ 2	□ 7	□ 1 2	□ 1 7	□ 2 2	□ 2 7	□ 3 2	□ 3 7	□ 4 2	□ 4 7	□ 5 2	□ 5 7	□ 6 2	□ 6 7	□ 7 2	□ 7 7	□ 8 2
□ 4	□ 9	□ 1 4	□ 1 9	□ 2 4	□ 2 9	□ 3 4	□ 3 9	□ 4 4	□ 4 9	□ 5 4	□ 5 9	□ 6 4	□ 6 9	□ 7 4	□ 7 9	□ 8 4
□ 1	□ 6	□ 1 1	□ 1 6	□ 2 1	□ 2 6	□ 3 1	□ 3 6	□ 4 1	□ 4 6	□ 5 1	□ 5 6	□ 6 1	□ 6 6	□ 7 1	□ 7 6	□ 8 1
□ 5	□ 1 0	□ 1 5	□ 2 0	□ 2 5	□ 3 0	□ 3 5	□ 4 0	□ 4 5	□ 5 0	□ 5 5	□ 6 0	□ 6 5	□ 7 0	□ 7 5	□ 8 0	□ 8 5
8,3 ha						8,3 ha						3,5 ha				

29. ábra: A mosonmagyaróvári kísérleti tábla felosztása tankolásonként változtatható gyomirtási technológia tervezéséhez

A technológia alkalmazásának feltétele mindössze az, hogy nagyobb mintasűrűséggel végezzük a gyomfelvételezést, mint a hagyományos technológiáknál, az eredményeket sávokban értékeljük és a

tankolásonkénti gyomirtó szer bekeverést és adagolást a terveknek megfelelően, gondosan hajtjuk végre.

A már ismertetett mosonmagyaróvári kísérleti táblán a helyi gyomviszonyok ismeretében tankolásonként változtatható gyomirtási technológiát terveztünk. A mintegy 20 ha területet 3 részre osztottuk (29. ábra). Az egyes táblarészek a 18 m munkaszélességű permetezőgéppel, 2000 l folyadékmennyiséggel (240 l/ha) 7-7 illetve a táblarész specifikus kijuttatás során 3 oda-vissza fordulót jelentenek. A gyomfelvételezési adatok feldolgozását (dominancia sorrend megállapítása) a három táblarészre külön-külön végeztük el.

3. 8. A távérzékelés lehetőségei a gyomtérképezéshez

3.8.1. Modellkísérletek

- Tenyészedényes kísérletek:

5 veszélyes gyomfaj (*Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Datura stramonium* és *Panicum miliaceum*) magvait 4 ismétlésben, 2 l térfogatú cserepekbe töltött virágföldre vetettük, majd rendszeres öntözés mellett fóliasátorban neveltük.

A kelés után a cserepeket ismétlésenkénti blokkokba rendezve (5x4), a csíranövényekről hetente 1 m alatti magasságból hagyományos és digitális felvételeket készítettünk (30. és 31. ábra).



30. ábra: A *Datura stramonium* a mosonmagyaróvári tenyészedényes kísérletben 2002. május 5-én



31. ábra: Az *Ambrosia artemisiifolia* a mosonmagyaróvári tenyész-edényes kísérletben 2002. május 5-én

A digitális felvételeket az ERDAS Imagine 8.5 Professional szoftverrel ellenőrizetlen klasszifikáció segítségével elemeztük

Célunk annak megállapítása volt, hogy a hagyományos színes felvételeken a fent megnevezett, vizuálisan jól megkülönböztethető gyomfaj elkülöníthető-e és milyen biztonsággal. Első lépésben az *Ambrosia artemisiifolia* felvételek elemzését végeztük el.

- Kisparcellás kísérletek:

az előbbieken megnevezett 5 gyomfaj magvait 1 x 1,5 m területű parcellákba (32. ábra) vetettük, amelyekről kb. 1,5 m magasságból a teljes parcellát ábrázoló felvételek készíthetők



32. ábra: Egy *Panicum miliaceum* parcella a sopronhorpácsi kísérletben

A kísérleteket Tata és Sopronhorpács határában, kukorica és cukorrépa táblákban, 4 ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. A kísérleti terület körül 2 m szélesen művelt szegélyt hagytunk.



33. ábra: A tatai kísérleti terület 75 m magasságból. A 3 kifejezetten borított parcella a *Panicum miliaceum* 3 ismétlése

A kelés után a csíranövényeket hetente hagyományos és digitális kamerával fényképeztük. A tatai területről a közelben található GSM adótoronyról 75 m magasságból felvételek készültek (33. ábra). A sopronhorpácsi kísérletről, homlokrakodóról 5 m magasságból is készültek felvételek.

- Légifelvétel készítés színes filmre:

A már említett baracskai kísérleti területen 2001. szeptember 13-án helikopterről 40 és 600 m magasságból (34. ábra), Hasselblad kamerával

színes diára felvételeket készítettünk. Az őszi búza tarlón a képfeldolgozáshoz tanulóterületek kialakítása céljából *Amaranthus retroflexus* foltokon a többi gyomfajt eltávolítottuk, majd a foltot színes műanyag szalaggal jelöltük.



34. ábra: *Amaranthus retroflexus* tanulóterület a baracskai táblán 40 m magasságból

- Mérőkamerás infra légifotózás előkészítése:

A baracskai táblán 2002. májusában, a kelő kukorica állomány infra mérőkamerás légifotózását készítettük elő. Az ortofotó elkészítéséhez 3 sztereo felvétel elkészítését terveztük, amelyek szélén 1-1 kétszeres, közepén pedig egy háromszoros átfedésre volt szükség. A légifotók pontos illesztéséhez legalább 3-3 terepi illesztőpontra volt szükség.

Ezeket cm pontosságú geodéziai DGPS vevővel mértük be a tábla két szélén, 1-1 sorban, helyüket 2-3 m szárhosszúságú T jellel (40 cm széles fehér műanyag fóliából) a metszéspontban karóval jelöltük. A fólia jel rögzítését a talajhoz U alakú drótszalakkal végeztük (35. ábra).

A táblán a képelemzéshez tanuló területek céljából több ponton fehér jelzőszalaggal *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album* és *Amaranthus retroflexus* foltokat jelöltünk ki, amelyeken minden más gyomfajt eltávolítottunk.



35. ábra: Az ortofotó készítéséhez szükséges illesztőpont kijelölése a baracscai táblán

A légifotózást repülőgépről mérőkamerával, infra filmre, 10 cm körüli terepi felbontással terveztük. A felvétel szkennelése után a terepi illesztőpontok felhasználásával, digitális domborzatmodellre illesztve kívántuk a tábláról az ortofotót elkészíteni

A már szintén említett mosonmagyaróvári táblát 2002. szeptember végén készítettük elő mérőkamerás infra légifotózáshoz. Az illesztőpontok kijelölése az ismertetett módszerrel történt, szubméteres pontosságú GPS vevővel. Tanulóterületként a táblán domináns *Mercurialis annua* egyes foltjait választottuk, amelyeket a többi fajtól megtisztítottuk és jelző szalaggal vettük körül.

Sajnos az előbbieken ismertetett kísérletek biológiai és időjárási tényezők miatt részben meghiúsultak, a kiértékelés során egy részük megszüntetéséről döntöttünk, kevés értékelhető eredményt adtak, ezért ismertetésükkel nem célszerű részletesebben foglalkozni.

3.8.2 Multispektrális felvételek készítése

Szántóföldi kísérletünket 2003. augusztus 4-én egy Mosonmagyaróvár határában található őszi búza tarlón hajtottuk végre. Célunk a Balázs-Ujvárosi módszerrel becsült és a multispektrális felvételek elemzésével kapott mért gyomborítási értékek összehasonlítása volt (Nagy et al. 2004).

A tábla közepén két vonalban egy léckeret segítségével összesen 43 2x2 m nagyságú mintateret jelöltünk ki. A mintaterék közepét Trimble Pathfinder Power térinformatikai GPS vevővel szubméteres pontossággal mértük be. Az egyes fajok és az összes gyomborítás értékeinek becslését a Balázs-Ujvárosi módszerrel végeztük.

A mintaterékről egyidejűleg kb. 2 m magasságból a már említett Tetracam ADC kamerával multispektrális felvételeket is készítettünk (36. ábra). A digitális fényképezőgép 1,3 Megapixel felbontás mellett a zöld,

vörös és a közeli infra tartományokban készít 3 sávós felvételeket. A képfeldolgozás során a csatornák külön elemezhetők. Megfelelő szoftverrel az összes gyomborítás pontos megállapításához különböző vegetációs indexek (5. melléklet) számíthatók.



36. ábra: Mintaterék fényképezése multispektrális kamerával egy mosonmagyaróvári kísérleti területen

A mérések során (mintegy fél óránként) rendszeres kalibrációra van szükség, amely egy fehér műanyag lapra történik. Ezzel a folyamatosan változó mérési feltételek (fényviszonyok) mellett a hiba minimalizálható.

Emiatt a felvételeket magas napállásnál, 11 és 15 óra között, derült időben, mindig azonos szögből és magasságból végeztük. A spektrális és geometriai felbontás minden felvételnél azonos, a mérési hiba 5 % alatt

tartható. A felvételek ADC formátumban, DCA fájllokként lettek elmentve. Az elkészült fotókból a következő vegetációs indexeket számítottuk: NDVI, SAVI, TSAVI, IPVI.

A fotók feldolgozása során felvételenként kiszámítottuk az összes növényborítási (canopy) értékeket. Első lépésben a teljes képek, majd utána a léckeret által körülhatárolt mintateret elemzését végeztük el.

Mivel a felvételek azonos szögből készültek, ezáltal összehasonlíthatók, ortokorrekción nem végeztünk.

Az értékelés során a következő három módszerrel kapott canopy-értékeket hasonlítottuk össze:

1. A teljes felvételek mért canopy-értékeit
2. A léckerettel határolt mintateret canopy-értékeit
3. A Balázs-Ujvárosi módszerrel becsült canopy értékeket

4. Eredmények

4.1. A gyomfelvételezési mintaterék kijelölési módja

A gyomfelvételezési adatokat Microsoft Excel táblázatkezelő programban dolgoztuk fel. A kísérleti táblák mindegyikén elvégeztük azok gyomflórájának részletes vizsgálatát.

Baracska:

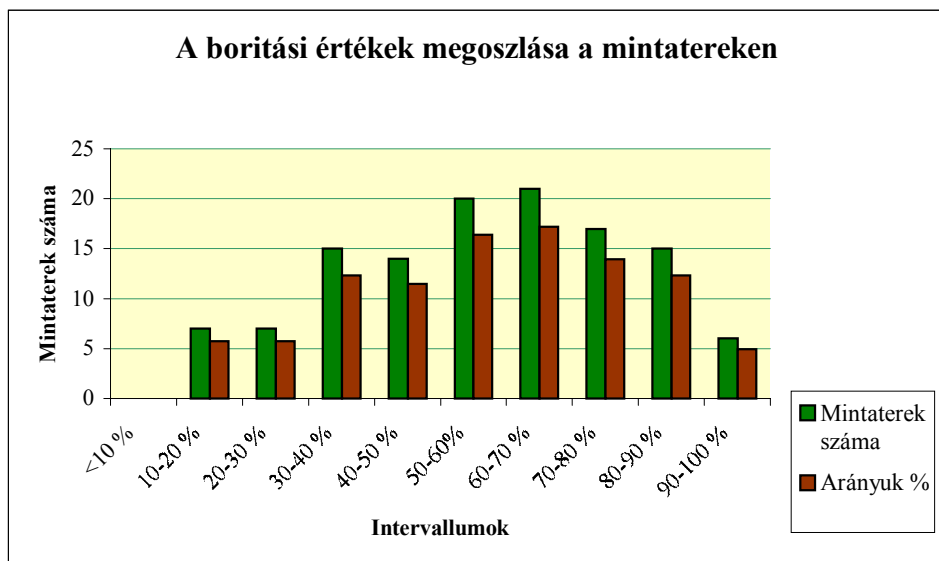
Célszerű a baracscai tábla jellemző gyomflórájának bemutatása, ugyanis számos, a továbbiakban értékelésre kerülő kísérlet is ezen a területen történt. A 37. ábra mutatja, hogy a területen egyes borítottsági kategóriákba hány mintatér sorolható be. Látható, hogy 10% alatti gyomborítottságot egy mintatéren sem találtunk. A mintatereken általában 30 és 90 % közötti értékek fordultak elő, a legtöbb területen az összes borítás 50-70 % volt.

A 3. és 4. táblázat az átlagos borítások tekintetében a 30 gyomfaj egyes csoportok szerinti borítottságát és ezek arányát mutatja. A kétszikű és egyszikű fajok szinte azonos arányban találhatók a táblán, viszont az évelők borítása az egyévesekéhez képest elenyésző. Mindössze négy életforma-csoport fordult elő, ezek közül a T₄ a legnagyobb a borítottság tekintetében. A *Panicum miliaceum* és a *Datura stramonium* a táblán gyakorlatilag mindenütt megtalálható volt.

Az *Ambrosia artemisiifolia* csak a tábla szélén fordult elő az első „fogás-szélességben”. A célirányos védekezést a táblaszéli kezelés jelentheti. Ezzel a módszerrel megakadályozható a gyomfaj betelepülése a táblába.

2. táblázat: A gyomok dominancia sorrendje és átlagos borítása a baracskai táblán

Sorrend	Gyomfaj	Átl. borítás %	Sorrend	Gyomfaj	Átl. borítás %
1.	PANMI	26,2208	16.	POLAV	0,0623
2.	DATST	9,1842	17.	MERAN	0,0512
3.	AMARE	4,4913	18.	XANIT	0,0511
4.	CANSA	4,0808	19.	CONMA	0,0409
5.	CHECHY	3,6861	20.	AMBEL	0,0256
6.	CHEAL	2,5112	21.	ERICA	0,0256
7.	AMACH	2,2148	22.	POLPE	0,0256
8.	HELAN	1,7694	23.	SETGL	0,0256
9.	ECHCR	1,1680	24.	SETVI	0,0161
10.	CONAR	0,5994	25.	LACSE	0,0051
11.	HIBTR	0,2802	26.	TAROF	0,0046
12.	HELEU	0,2514	27.	ANAAR	0,0030
13.	SOLNI	0,2090	28.	VIOAR	0,0025
14.	CIRAR	0,1830	29.	EUPHE	0,0017
15.	BILCO	0,0971	30.	AMABL	0,0016



37. ábra: A mintaterék borítási intervallum szerinti megoszlása a baracskai táblán

3. táblázat: Az egyes gyomcsoportok összes borításai és azok %-os borítási aránya a baracskai táblán

	Egyszikű	Kétszikű	Évelő	Egyéves
Összes borítás	27,4305%	29,8587%	0,7824%	56,5068%
Borítási arány	47,88%	52,12%	1,37%	98,63%

4. táblázat: Az egyes életformák összes borításai és azok %-os borítási aránya a baracskai táblán

	T4	G3	HT	H3
Összes borítás	56,4613%	0,7824%	0,0409%	0,0046%
Borítási arány	98,55%	1,37%	0,07%	0,01%

Siklós:

A vizsgált 30 hektáros területen a gyomfajok száma rendkívül alacsony volt, mindössze 11 gyomfajt regisztráltunk. Ezek dominancia sorrendjét szemlélteti az 5. táblázat.

A 63 felvételezési hely közül 11 mintatéren egyáltalán nem találtunk gyomnövényeket. Ennek megfelelően a tábla átlagos gyomborítottsága (0,421%) nagyon kis mértékű volt.

A gyomfajok előfordulásának gyakorisági % -át is megállapítottuk. A társulások analízise és szintézise fogalomkörébe tartozó *sűrűség* vizsgálata ad támpontot arra vonatkozóan, hogy egy állományon belül egy meghatározott faj gyakori előfordulású-e.

5. táblázat: A gyomok dominancia sorrendje és átlagos borítási értékei a siklósi táblán

Gyomnövény neve	Borítási %	Átlagtól való eltérés +/-
<i>Cirsium arvense</i>	0,167	+ 2,95; - 0,167
<i>Convolvulus arvensis</i>	0,134	+ 2,98; - 0,134
<i>Polygonum aviculare</i>	0,056	+ 0,46; - 0,056
<i>Chenopodium album</i>	0,051	+ 0,569; - 0,051
<i>Matricaria inodora</i>	0,003	+ 0,091; - 0,009
<i>Bilderdykia convolvulus</i>	0,003	+ 0,097; - 0,003
<i>Sorghum halepense</i>	0,003	+ 0,097; - 0,003
<i>Chenopodium polyspermum</i>	0,001	+ 0,099; - 0,001
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,001	+ 0,099; - 0,001
<i>Rubus caesius</i>	0,001	+ 0,099; - 0,001
<i>Viola arvensis</i>	0,001	+ 0,099; - 0,001
Összes átlagborítás	0,421	

6. táblázat: A gyomok gyakorisági sorrendje (a mintaterék %-ában) a siklósi táblán

Gyomnövény neve	Előfordulási gyak.
<i>Chenopodium album</i>	43
<i>Polygonum aviculare</i>	30
<i>Cirsium arvense</i>	14
<i>Convolvulus arvensis</i>	14
<i>Matricaria inodora</i>	10
<i>Bilderdykia convolvulus</i>	3
<i>Sorghum halepense</i>	3
<i>Chenopodium polyspermum</i>	1
<i>Echinochloa crus-galli</i>	1
<i>Rubus caesius</i>	1
<i>Viola arvensis</i>	1

Gyakorinak tekintjük azt a gyomfajt, amely a mintavételi kvadrátok 80-100 %-ában előfordul. Ilyen gyomfaj a területen nem volt. A gyakorisági sorrendet a 6. táblázat tartalmazza.

A területen leggyakrabban a *Chenopodium album* és a *Polygonum aviculare* fordul elő, mindkettő T₄-es életformacsoportba tartozó, elsősorban kapás kultúrákra jellemző gyomnövény. E fajokat követik a gabonában és a kapásokban egyaránt megtalálható *Cirsium arvense* és *Convolvulus arvensis* gyomfajok, melyek a G₃ életformacsoportba tartoznak. Ezután következnek a kalászos gabonákban is gyakori *Matricaria inodora* és *Bilderdykia convolvulus* gyomfajok.

Az életforma csoportok arányát vizsgálva (7. táblázat) egyértelműen kitűnik, hogy az őszi kalászos gabonákra jellemző T₁-T₂-és T₃ életforma csoportok tagjait egyáltalán nem találtunk a területen. A területen az egyszikű gyomfajok előfordulása minimális volt (8. táblázat).

7. táblázat: Az életforma csoportok átlagos borításának aránya a siklósi táblán

Életforma csoport	Borítási %
G ₁	1,5
G ₃	71,0
T ₄	27,5

8. táblázat: Az egy- és kétszikű gyomok és átlagos borításának aránya a siklósi táblán

Csoport	Részarány %
Egyszikű gyomfajok	1,5 %
Kétszikű gyomfajok	98,5 %

A mintaterek kijelölésének fejezetben bemutatott, rácsháló pontjain történő kijelölése a vizsgált táblák gyomnövényzetét jól mutatta, alkalmas a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez, a növényvédelmi gyakorlatban is használható gyomtérképek készítéséhez.

4.2 A mintaterek kijelölési sűrűsége

A mintatér-sűrűség csökkentése és a különböző módon elvégzett értékelési szempontok alapján az így kapott mintaterek összességén a gyomfajok dominancia sorrendjét a teljes táblához, illetve egymáshoz hasonlítottuk (9. táblázat).

A táblázatból látható, hogy a vizsgált területen összesen 24 gyomfaj fordult elő. Bizonyos eltéréseket okozhatott, hogy a tábla 1/3-a nem lett hántva. A hántatlan és a hántott tarló gyomnövényzetének összehasonlítását egy tanulmányunkban elemeztük (Reisinger et al. 2003b).

Az alkalmazott mintasűrűségtől és mintatér kijelölési módtól függetlenül a dominancia sorrend első 10 helyén minimális különbségekkel ugyanazok a gyomfajok találhatóak. Tehát a 0,6 ha-os mintasűrűség a dominancia viszonyokat a vizsgált táblán megfelelően képes reprezentálni, nagyobb mintasűrűség nem feltétlenül szükséges. Az egyes mintatér kijelölési módszerek között a dominancia lista utolsó helyeit tekintve sincsenek jelentős különbségek.

9. táblázat: A gyomfajok dominancia sorrendje egy mosonmagyaróvári táblán a különböző módon kijelölt mintatereken

Dom. sorrend	A mintaterек kijelölési módja					
	0,2 ha	0,4 ha	0,6 ha	Táblaszél	Táblaközép	Átlók mentén
1.	CHEHY	CHEHY	MERAN	CHEHY	CHEHY	CHEHY
2.	MERAN	MERAN	CHEHY	MERAN	MERAN	MERAN
3.	Vicia sp.	Vicia sp.	Vicia sp.	Vicia sp.	Vicia sp.	Vicia sp.
4.	CHEAL	CHEAL	CHEAL	ECHCG	CHEAL	ECHCG
5.	ECHCG	ECHCG	AMACH	AMACH	SONOL	CHEAL
6.	AMACH	AMACH	ECHCG	CHEAL	AMACH	AMACH
7.	SONOL	SONOL	CIRAR	CIRAR	SINAR	SONOL
8.	CIRAR	SINAR	SONOL	SONOL	CIRAR	SINAR
9.	SOLNI	SOLNI	VERPE	SOLNI	CAPBU	CAPBU
10.	VERPE	MATIN	SINAR	VERPE	GLEHE	CIRAR
11.	SINAR	CIRAR	CAPBU	MATIN	SOLNI	VERPE
12.	CAPBU	CAPBU	MATIN	TAROF	VERPE	POLLA
13.	TAROF	VERPE	SOLNI	CAPBU	EUPCY	EUPCY
14.	MATIN	GLEHE	EUPCY	CONAR	POLLA	STEME
15.	GLEHE	POLLA	LACSE	SINAR	ECHCG	GLEHE
16.	POLLA	CONAR	POLLA	STEME	CONAR	SOLNI
17.	CONAR	DATST	TAROF	DATST	DATST	AMARE
18.	EUPCY	STEME	CONAR	GLEHE	SENVU	CONAR
19.	DATST	TAROF	DATST	LACSE	TAROF	LACSE
20.	STEME	EUPCY	GLEHE	POLLA	STEME	MATIN
21.	LACSE	SENVU	AMARE	AMARE	AMARE	TAROF
22.	SENVU	AMARE	GALPA	EUPCY	GALPA	DATST
23.	AMARE	GALPA	SENVU	GALPA	LACSE	GALPA
24.	GALPA	LACSE	STEME	SENVU	MATIN	SENVU

10. táblázat: A gyomfajok dominancia sorrendje a mosonmagyaróvári táblán az egyes táblarészekben a teljes táblához viszonyítva

Dominancia sorrend				
	teljes tábla	1. (8,3 ha)	2. (8,3 ha)	3. (3,5 ha)
1.	CHEHY	CHEHY	MERAN	MERAN
2.	MERAN	Vicia sp.	Vicia sp.	CHEHY
3.	Vicia sp.	MERAN	CHEHY	Vicia sp.
4.	CHEAL	ECHCG	CHEAL	CHEAL
5.	ECHCG	AMACH	SONOL	AMACH
6.	AMACH	CHEAL	SINAR	ECHCG
7.	SONOL	CIRAR	CAPBU	GLEHE
8.	CIRAR	SONOL	CIRAR	CIRAR
9.	SOLNI	SOLNI	AMACH	SONOL
10.	VERPE	VERPE	VERPE	POLLA
11.	SINAR	MATIN	GLEHE	SINAR
12.	CAPBU	TAROF	POLLA	STEME
13.	TAROF	CAPBU	CONAR	CAPBU
14.	MATIN	EUPCY	EUPCY	DATST
15.	GLEHE	CONAR	TAROF	SOLNI
16.	POLLA	DATST	ECHCG	TAROF
17.	CONAR	SENVU	LACSE	AMARE
18.	EUPCY	GALPA	STEME	CONAR
19.	DATST	LACSE	AMARE	MATIN
20.	STEME	AMARE	DATST	EUPCY
21.	LACSE	GLEHE	GALPA	GALPA
22.	SENVU	POLLA	MATIN	LACSE
23.	AMARE	SINAR	SENVU	SENVU
24.	GALPA	STEME	SOLNI	VERPE

A tankolásonként változtatható kezeléshez felosztott táblarészek dominancia sorrendjét a 10. táblázat mutatja. A dominancia listát vezető fajok köre itt is hasonló, csupán néhány helyezésembeli különbség figyelhető meg. Viszont a további sorrendet tekintve, beleértve a lista utolsó helyeit is, jóval nagyobb szóródás tapasztalható.

11. táblázat: A legjelentősebb gyomfajok dominancia sorrendje, átlagos borítása és előfordulási gyakorisága az összes mintatér százalékában (Konstancia érték) a mosonmagyaróvári táblán

Dominancia sorrend	Gyomfaj	Átlagos borítás (%)	Konstancia érték (%)
1.	CHEHY	3,58	92,94
2.	MERAN	3,23	94,12
3.	Vicia sp.	2,09	90,59
4.	CHEAL	0,53	54,12
5.	ECHCG	0,45	12,94
6.	AMACH	0,30	21,18
7.	SONOL	0,06	36,47
8.	CIRAR	0,05	12,94
9.	SOLNI	0,03	10,59
10.	VERPE	0,02	14,12

A *Cirsium arvense* előfordulását elemezve megállapítható, hogy csupán az összes mintatér 13 %-án volt megtalálható (11 helyen), ami a precíziós foltkezelés indokoltságát nyilvánvalóvá teszi (11. táblázat).

Azonban alacsony borítási értékek mellett (5% alatt) a *Cirsium* foltok valós kiterjedése kisebb a 11 mintatér összege által mutatott területnél. Az alkalmazott általában 0,5 ha körüli kijelölési sűrűség a napi gyakorlatban elfogadható többletmunkával végrehajtható és pontos adatokat szolgáltat a vizsgált területek gyomflórájáról.

4.3 Gyomtérképek készítése

A dolgozat terjedelmi keretei miatt csak néhány térkép bemutatására van lehetőség (További térképek a 3. mellékletben található), jóllehet az általunk az ország több pontján felvételezett, (Baracska, Mosonmagyaróvár, Siklós) a kísérleti táblákon talált összes gyomfaj előfordulását térképeken (számuk megközelíti a százat) ábrázoltuk. A gyomtérképek tarlón, kukorica és búza állományokban készültek

Az egységes értelmezhetőség miatt a már említett módszerrel készült térképeken a kék szín a gyommentes területeket jelöli. A domborzatmodell magasabb pontjai az adott helyhez tartozó magasabb gyomborítást jelölik. Egy szintvonal a modelleken 5 % borítást jelöl, így egy ponton az ott felvételezett gyomborításra azok számából következtetni tudunk.

A 38. ábrán látható, hogy a baracscai őszi búza tarlón a *Datura stramonium* gyakorlatilag mindenütt megtalálható, helyenként a 25 % borítást is meghaladja.

A 39. ábra mutatja, hogy a *Cirsium arvense* az 53 ha-os tarlón mindössze 6 helyen található meg, és csak egy folton haladja meg az 5 % borítást.

A baracscai táblán a *Cannabis sativa* 2003. tavaszán erős fertőzést mutatott, a tábla nagy részén elérte a 20 % borítást (40. ábra).

A *Papaver rhoeas* csak a tábla elülső részén fordult elő, és csak egy folton mutatott 5 %-nál nagyobb borítást.

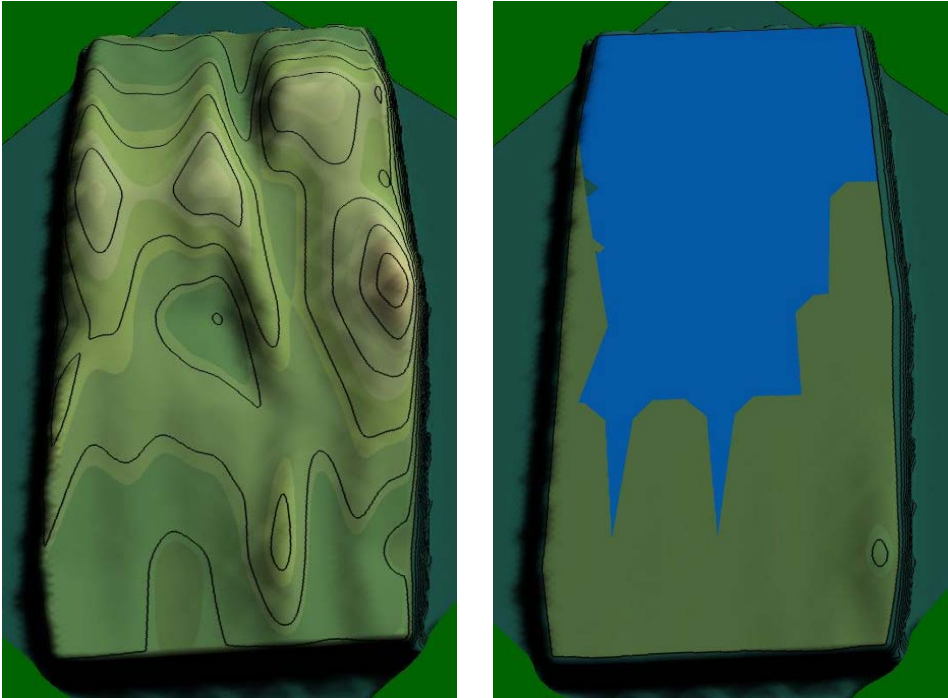
A 41. ábrán látható az összes gyomborítás eloszlása a mosonmagyaróvári kísérleti táblán. Megfigyelhető, hogy a nem hántott tarlórészen a borítás magasabb, két gócpontban megközelíti a 30 %-ot.



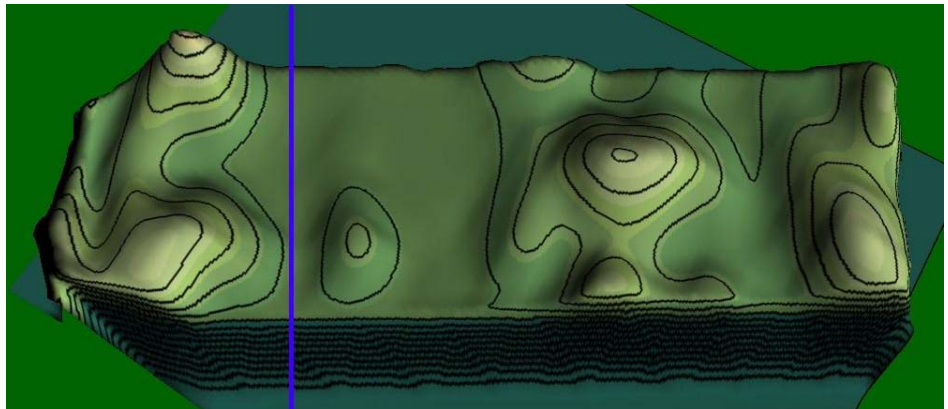
38. ábra: A *Datura stramonium* előfordulása a baracscai őszi búza tarlón



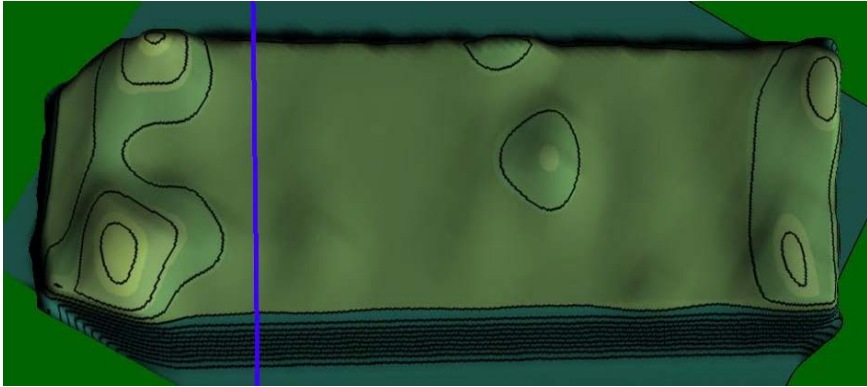
39. ábra: a *Cirsium arvense* foltszerű elterjedése a baracscai tarlón



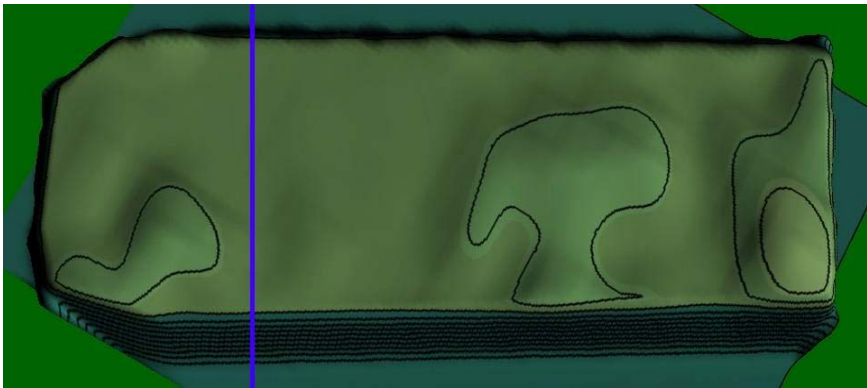
40. ábra: A *Cannabis sativa* és a *Papaver rhoeas* elterjedése a baracscai táblán (2003. április, őszi búza)



41. ábra: Az összes gyomborítottság eloszlása a mosonmagyaróvári tarlón (2002. szeptember) A kék vonaltól balra: a hántatlan tarló rész



42. ábra: A *Chenopodium hybridum* eloszlása a mosonmagyaróvári tarlón

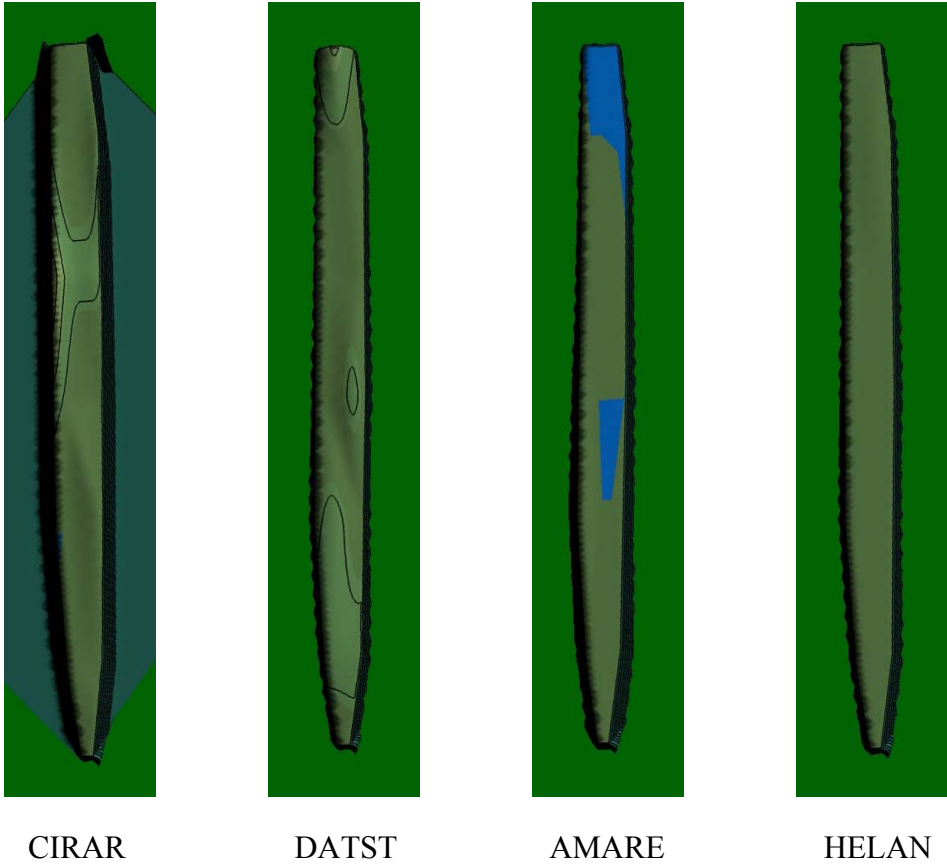


43. ábra: A *Mercurialis annua* előfordulása a mosonmagyaróvári tarlón

A *Chenopodium hybridum* elterjedése az összes gyomosodáshoz hasonló, hiszen a domináns faj volt a területen (42. ábra). A *Mercurialis annua* 3 folt kivételével egyenletes előfordulást mutat a táblán (43. ábra).

A baracscai területen 2003. tavaszán, a nem alapkezelt 9 ha táblarészen a *Cirsium arvense*, a *Datura stramonium*, az *Amaranthus retroflexus* és a *Helianthus annuus* elterjedése a 44. ábrán látható. A fenti

fajokból csak az *A. retroflexus* nem mutat általános elterjedést. A *H. annuus* bár 5 % alatti értékekkel, de a teljesterületen megtalálható.



44. ábra: A *Cirsium arvense*, a *Datura stramonium*, az *Amaranthus retroflexus* és a *Helianthus annuus* elterjedése a baracskai táblán 2003. májusában, az alapkezelésben nem részesített 9 ha kukorica állományban

A siklósi vegyszeres gyomirtásban nem részesített, 10 év kukorica monokultúra utáni őszi búzában a betakarítás előtt csak a tábla igen kis részén volt teljesen gyommentes (kék terület a térképen). Négy

határozottan elkülönülő folton viszont 10 %-ot meghaladó összes gyomborítás figyelhető meg (barna szín), a terület nagy részén az összes gyomosodás ennek ellenére 5 % alatti, ezt a térképen a sötétzöld szín jelzi (45. ábra).



45. ábra: Az összes gyomborítottság a siklósi táblán

A készített gyomtérképek alkalmasak a vizsgált táblákon a gyomnövények elterjedésének szemléletes bemutatására, azonban a bemutatott formában helyspecifikus kezelések végrehajtásához csak megfelelő átdolgozással alkalmasak.

4.4 Élő gyomfajok foltjainak térképezése

A 7,4 ha területű mosonmagyaróvári kísérleti táblán kapott mérési adatfájlt (Trimble .ssf fájl) shape fájlba konvertálva és ArcView szoftverrel feldolgozva térképeken ábrázoltuk a *Cirsium arvense* és a *Lepidium draba* foltjait, valamint a 2 faj együttes elterjedését (46. ábra).

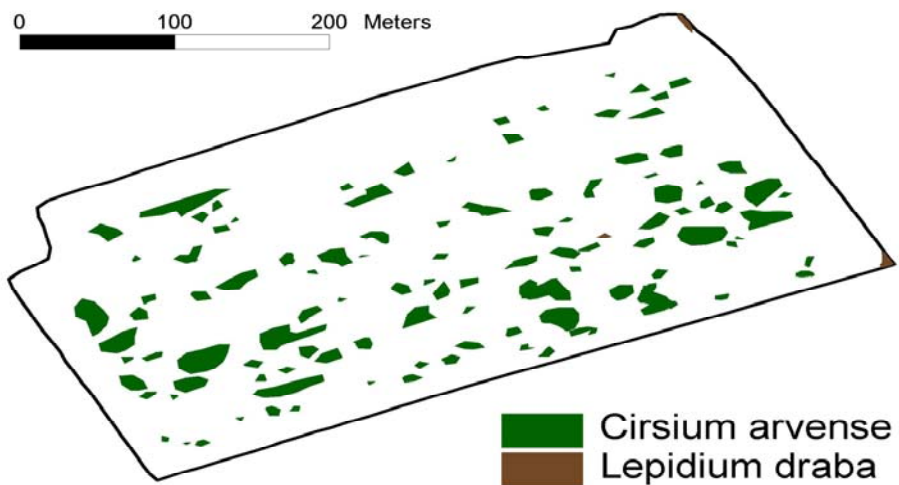
A kétszer felvett foltok és az átfedések manuális korrigálása után 106 db *C. arvense* és 3 db *L. draba* foltot mutattunk ki a vizsgált területen (45. ábra). A *Cirsium* által borított összes terület 7 068 m² volt, A *Lepidium* összesen 90 m²-t foglalt el (12. táblázat). Ez a táblarész összes területéhez (73 774 m²) viszonyítva 9,6 illetve 0,12 %-nak felelt meg. A *Lepidium* foltok mérete 50 m² alatti, átlagosan 29,93 m² volt.

12. táblázat: A gyomfoltok méret szerinti megoszlása, összes és átlagos területe és borítási aránya a mosonmagyaróvári táblán

Terület (m ²)	<i>Cirsium arvense</i> folt db	<i>Lepidium draba</i> folt db
< 20	27	1
20-50	37	2
50-100	22	-
100-200	9	-
200-300	10	-
300 <	1	-
Összesen:	106	3
Összes terület:	7067,59	89,79
Átlag:	66,68	29,93
Tábla területe:	73774	73774
Területarány (%):	9,58	0,12

A *Cirsium* hasonlóan nagyrészt 50 m²-nél kisebb foltokban aggregálódott, az átlagos foltméret 66,69 m².

Megállapítható tehát, hogy a viszonylag kis területen a gyomfoltok nagy száma ellenére azok összes területfoglalása 10 % alatt volt. A foltok a táblán nem sávosan a művelési irányban, hanem véletlenszerűen fordulnak elő, átlagos méretük kicsi, többnyire az átmérőjük nem haladta meg a 10 métert. Ebből következik, hogy a vizsgált táblán a pontos, lehetőleg maximális herbicid-megtakarítást biztosító precíziós kezeléshez a permetezőkeret szakaszolása javasolható.



46. ábra: A *Cirsium arvense* és a *Lepidium draba* foltszerű előfordulása a mosonmagyaróvári táblán

A baracskai táblán a *Cirsium arvense*, a *Convolvulus arvensis*, a *Polygonum amphibium* és az *Asclepias syriaca* foltjait szintén az ArcView szoftverrel készített térképeken ábrázoltuk (47. ábra).

A jóval nagyobb, 18 ha-os területen mindössze 34 *Cirsium*, 8 *Convolvulus* és 2-2 *Polygonum* és *Asclepias* foltot találtunk. (13. táblázat) A szükséges korrekciókkal a *Cirsium* és a *Convolvulus* foltok száma 32-re, illetve 7-re csökkent.

13. táblázat: A gyomfoltok területei (m²) a baracscai táblán (félkövér jelölés: a foltban több faj is előfordul)

<i>Cirsium arvense</i>	<i>Cirsium arvense</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Polygonum amphibium</i>	<i>Asclepias syriaca</i>
(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
1081,49	95,89	191,55	384,20	8,11
416,12	79,62	176,82	275,67	4,16
384,20	78,49	51,52		
374,63	69,80	44,95		
318,87	66,53	33,92		
275,67	63,19	24,09		
243,21	59,99	17,00		
219,31	56,60	12,84		
204,12	44,95			
191,55	40,56			
186,92	22,84			
180,35	17,65			
144,93	11,20			
131,59	10,21			
119,66	9,95			
114,94	8,16			
107,32	5,89			

Összesen tehát a 18 ha-on 43 élő gyomfoltot találtunk és ábrázoltuk a térképeken. A *C. arvense* összes területe 5436, 4 m², a *P. amphibium* 659,87 m², a *C. arvensis* 552,69 m² és az *A. syriaca* 12,27 m²-t foglalt el (14. táblázat). Mivel a táblarész területe 180 000 m², ezek 3,02 %, 0,37 %, 0,31% és 0,0068 %-nak felelnek meg. Az összes területhez viszonyítva tehát az élő gyomfajok által elfoglalt terület csak 3,7 %.

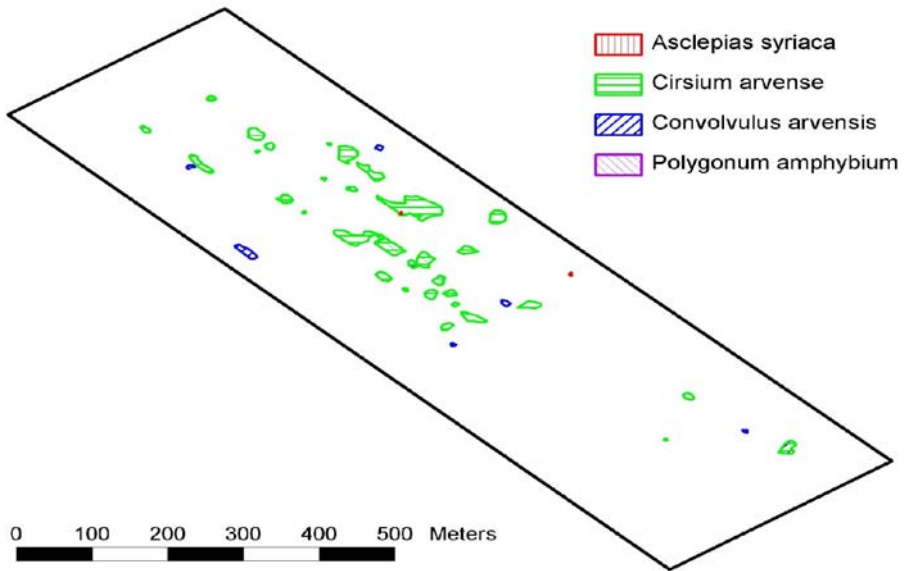
A 14. táblázatot elemezve megállapítható, hogy a *Cirsium* átlagos foltmérete 159,89 m², a *Convolvulus* 69,09 m², a *Polygonum* 329,94 m² és az *Asclepias* 6,14 m². A tábla helyspecifikus kezelésével 90 % feletti herbicid megtakarítás lenne elérhető.

14. táblázat: A gyomfoltok méret szerinti eloszlása, a gyomfajok által borított terület (m²), az átlagos foltméret (m²) és területarány fajonként (%) a baracskai táblán

Terület (m ²)	<i>Asclepias syriaca</i> folt (db)	<i>Cirsium arvense</i> folt (db)	<i>Convolvulus arvensis</i> folt (db)	<i>Polygonum amphybium</i> folt (db)	Σ
< 20	2	6	2	0	10
20-50	0	3	3	0	6
50-100	0	8	1	0	9
100-200	0	8	2	0	10
200-400	0	7	0	2	9
400 <	0	2	0	0	2
Összesen:	2	34	8	2	46
Átfedések nélkül:					43
Összes terület:	12,27	5436,40	552,69	659,87	6661,23
Átfedések nélkül:					5809,81
Átlagos terület:	6,14	159,89	69,09	329,94	141,26
Tábla területe:	180000	180000	180000	180000	180000
Területarány:	0,0068	3,02	0,31	0,37	3,70

A gyomfoltok méret szerinti eloszlását vizsgálva látható, hogy a legtöbb *Cirsium* folt területe 50 és 400 m² közötti, csak egy folt területe haladja meg az 1000 m²-t (1081,49 m²). A legtöbb *Convolvulus* folt területe 100 m² alatti. Mindkét *Asclepias* folt területe 20 m²-nél kisebb. Mindkét

Polygonum folt területe 200 m² feletti. A vizsgált táblarészen az átlagos foltméret 141, 26 m².



47. ábra: A *Cirsium arvense*, a *Convolvulus arvensis*, a *Polygonum amphibium* és az *Asclepias syriaca* foltjai a baracscai táblán

A mosonmagyaróvári és baracscai tábla évelő gyomok felvételezésével előállított térképeiből alacsony munka ráfordítással, megfelelő programok segítségével, helyspecifikus kezelések vezérlésére alkalmas kijuttatási térképek készíthetők.

4. 5 Talajtulajdonságok és egyes gyomfajok elterjedésének összefüggései

A baracsikai 53 ha területű táblarészen, 2001. szeptemberében a 122 gyomfelvételezési mintatér középpontjában a gyomfelvételezéssel egyidejűleg talajmintákat is vettünk, azokat laboratóriumban vizsgáltattuk és két jelentős talajtulajdonság, az Arany-féle kötöttség és a humusztartalom elterjedését térképeken is ábrázoltuk.

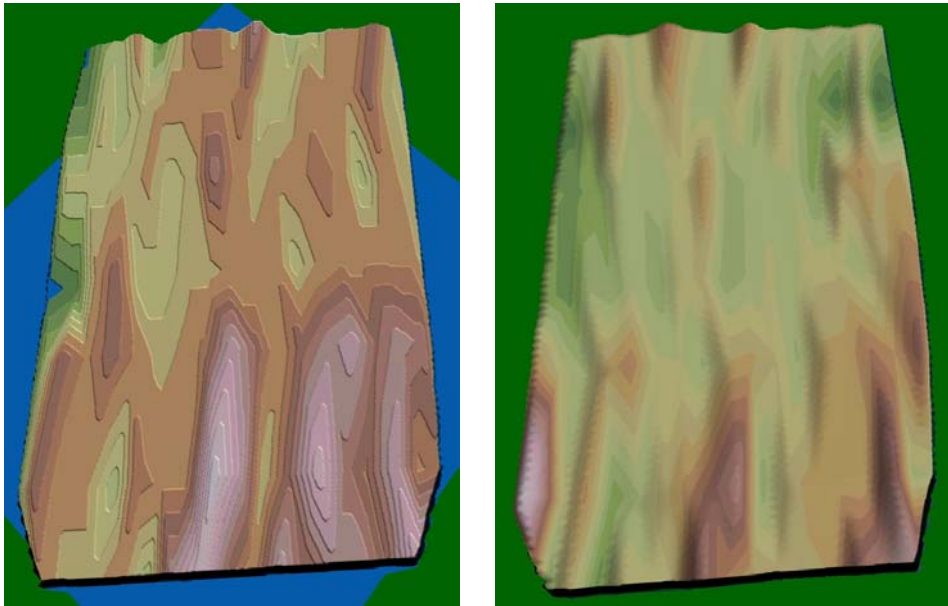
Az eredmények statisztikailag értékelhetők, a gyomborítás és a vizsgált talajtulajdonságok (K_A , H %) között korreláció számítható.

Azonban első lépésként egy újszerű megoldást, a térképek vizuális összehasonlítását végeztük el. Az egyes gyomfajok elterjedési térképeit összehasonlítva a két vizsgált talajtulajdonság térképeivel az összefüggés szorossága vizuálisan jól értékelhető és igen szemléletes. Természetesen a matematikai analízis pontos, számszerűsíthető eredményt ad.

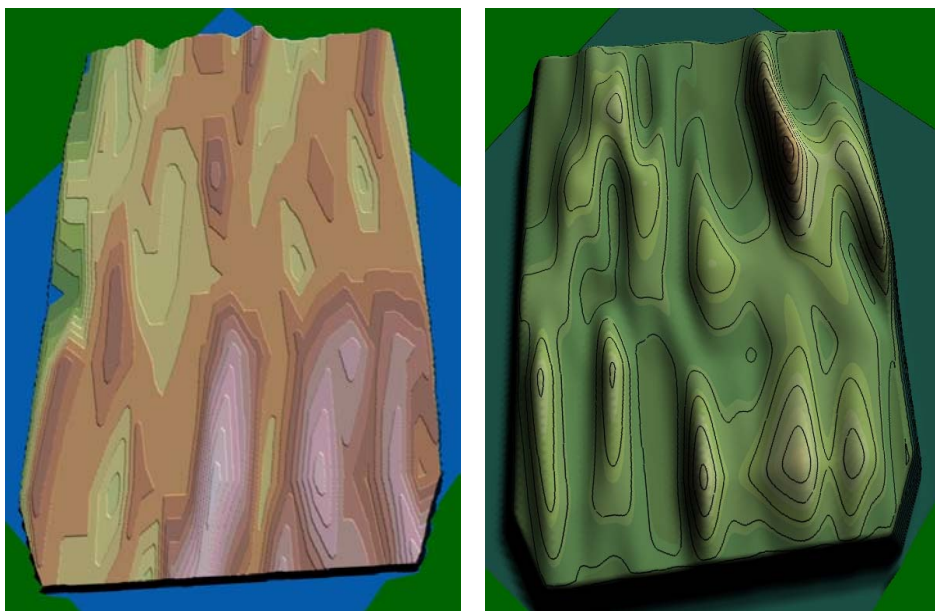
A talajtérképeket a gyomtérképek készítésénél ismertetett módszer szerint készítettük el, viszont szintvonalakat nem ábrázoltunk. A humusztartalom értékeket a szemléletesebb ábrázolás miatt a térképkészítés előtt 10-el szoroztuk. Az Arany-féle kötöttségi szám (48. ábra) a területen 37-54 között szóródott, a 122 mintavételi pont átlaga 45 volt. A humusztartalom (48. ábra) szélső értékei 2,14 és 6,86 % voltak, tehát igen nagy szórást mutattak, az átlag 3,59 % volt. A talajvizsgálati adatokat Excel táblázatban elemeztük, annak nagy terjedelme miatt (122 mintateret és 37 gyomfajt tartalmaz) csak egy kisebb részletét mutatja be a 15. táblázat.

15. táblázat: Egy talaj-gyom GIS rendszer lehetséges adatstruktúrája

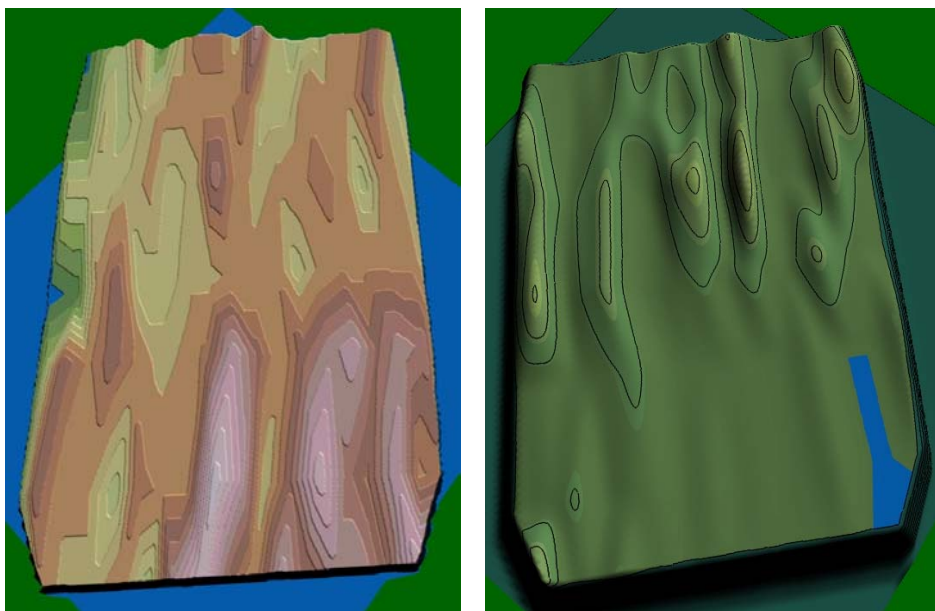
Mintatér száma:	EOV		KA	H %	AMARE
	Y	X			
1.	624777	208473	38	3,32	62,50
2.	624593	208691	37	2,98	37,50
3.	624409	208898	39	2,14	0,00
4.	624311	209037	37	3,23	0,00
5.	624495	208827	42	2,80	12,50
6.	624679	208615	41	4,16	0,00
7.	624864	208403	47	3,08	6,25
8.	624803	208498	47	6,86	0,00
9.	624626	208726	38	2,67	6,25
10.	624433	208925	39	2,48	0,00



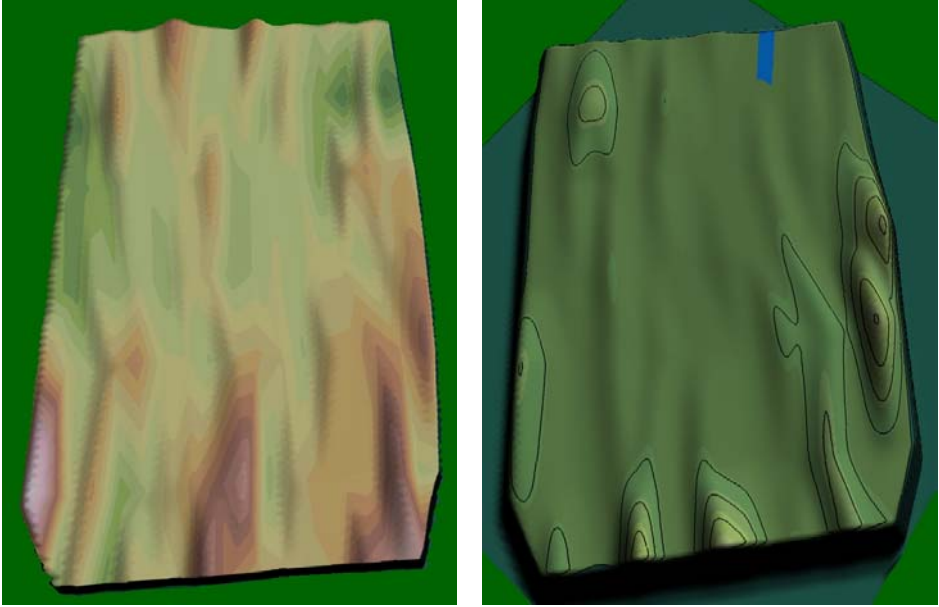
48. ábra: Az Arany-féle kötöttség és a humusztartalom eloszlása a baracscai táblán



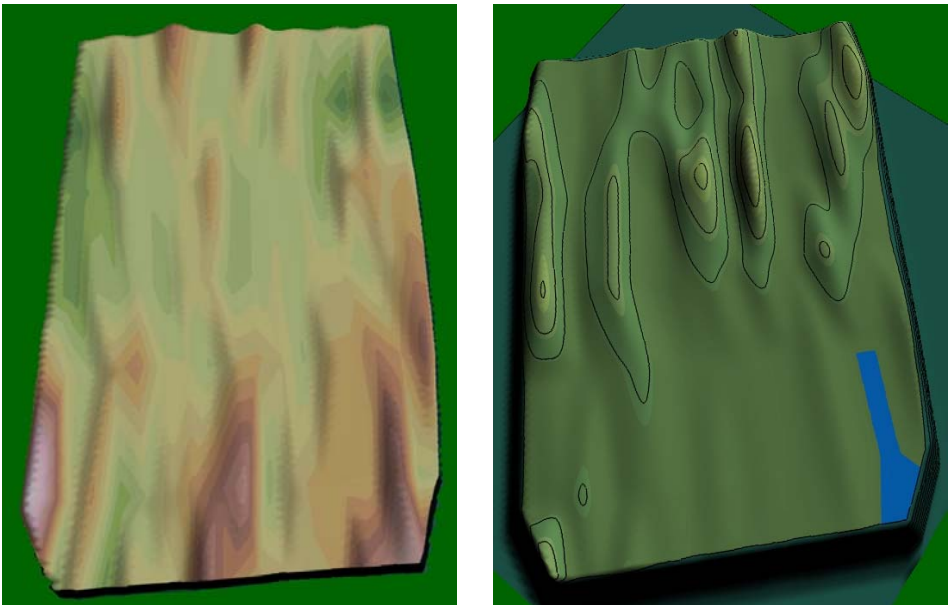
49. ábra: A K_A és a *D. stramonium* eloszlása a baracskai táblán pozitív korrelációt mutat



50. ábra: A K_A és a *C. sativa* eloszlása a baracskai táblán negatív korrelációt mutat



51. ábra: A H % és a *C. hybridum* eloszlása a baracscai táblán pozitív korrelációt mutat



52. ábra: A H % és a *C. sativa* eloszlása a baracscai táblán negatív korrelációt mutat

A 49. ábrán látható, hogy az Arany-féle kötöttség eloszlása és a *Datura stramonium* táblán belüli elterjedése nagyfokú hasonlóságot mutat. Ezzel szemben a *Cannabis sativa* elterjedése az Arany-féle kötöttségi szám eloszlása között határozott negatív korreláció figyelhető meg (50. ábra).

A humusztartalom térbeli változékonysága és a *Chenopodium hybridum* táblán belüli eloszlása (51. ábra) között szoros kapcsolat mutatkozik. Viszont a *Cannabis sativa* elterjedése és a humusztartalom között negatív korreláció feltételezhető (52. ábra).

Köztudott, hogy a talajherbicidek hatását a talaj agyag- és humuszkolloid tartalma jelentősen befolyásolja. Egy tábla talajtulajdonságainak részletes térképezése után a területen helyspecifikus alapkezelések tervezhetők (Kőmíves et al. 2003).

4.6. Populációdinamikai vizsgálatok

A baracskai kísérleti táblán 2001. szeptemberében, valamint 2002. áprilisában és májusában elvégzett gyomfelvételezések lehetőséget nyújtottak arra, hogy a tarlón kijelölt mintatereket a következő év tavaszán GPS vevővel felkeressük és búza, valamint kukorica állományban ugyanazokon a pontokon gyomfelvételezéseket végezzünk.

A kukoricában két 9 ha-os táblarészen (a 81-101. és a 102-122. mintaterek) május elején és végén egyaránt elvégeztük a gyomfelvételezéseket, ezért az alapkezelés (a 81-101. mintatereken) hatásának értékelésére is lehetőség nyílt. Először az őszi búza tarlón felvételezett borítottsági értékeket hasonlítottuk össze a következő év

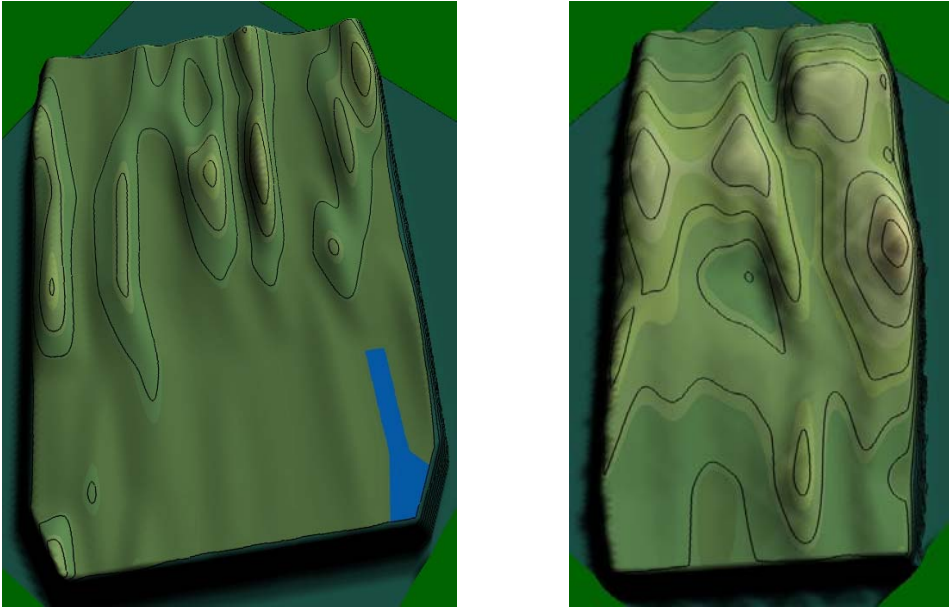
tavasznán, búza állományban becsült gyomosodási adatokkal (16. táblázat).

A populációdinamikai változásokat (azon fajoknál, amelyek mindkét időpontban előfordultak a táblán) a táblázatos értékelés mellett gyomtérképek összehasonlításával is szemléltettük. A dolgozatban a terjedelmi keretek miatt csak egy faj, a *Cannabis sativa* egyedsűrűség eloszlásának változását célszerű bemutatni (53. ábra).

A gyomfajok borítási értékeinek változását elemeztük a búza tarló után alapkezelt kukoricában is (17. táblázat). Mivel az alapkezelés kiváló hatást adott, az eredmények itt nem kerülnek bemutatásra (a két tavaszi felvételezéskor gyakorlatilag nem volt értékelhető gyomosodás)

16. táblázat: A gyomborítási adatok változása 2001. szeptember és 2002. április között (a jelölt gyomfajok előfordulása eltért az előzetes várakozásoktól) a baracskai táblán

Gyomfaj:	Borítás az 1-80 mintatér átlagában (%)	
	Búza tarló (2001.09.13)	Búza állomány (2002.04.19.)
PANMI	34,70	0,00
DATST	8,05	0,00
CANSA	4,61	11,61
AMARE	3,82	0,00
CHEHY	2,91	0,02
CHEAL	2,13	0,04
ECHCG	1,06	0,00
BILCO	0,15	0,20
AMBEL	0,04	0,0025
CONAR	0,43	0,00
CIRAR	0,18	0,14
HELAN	2,13	0,00
További fajok	3,32	0,56
Összesen:	63,53	12,43



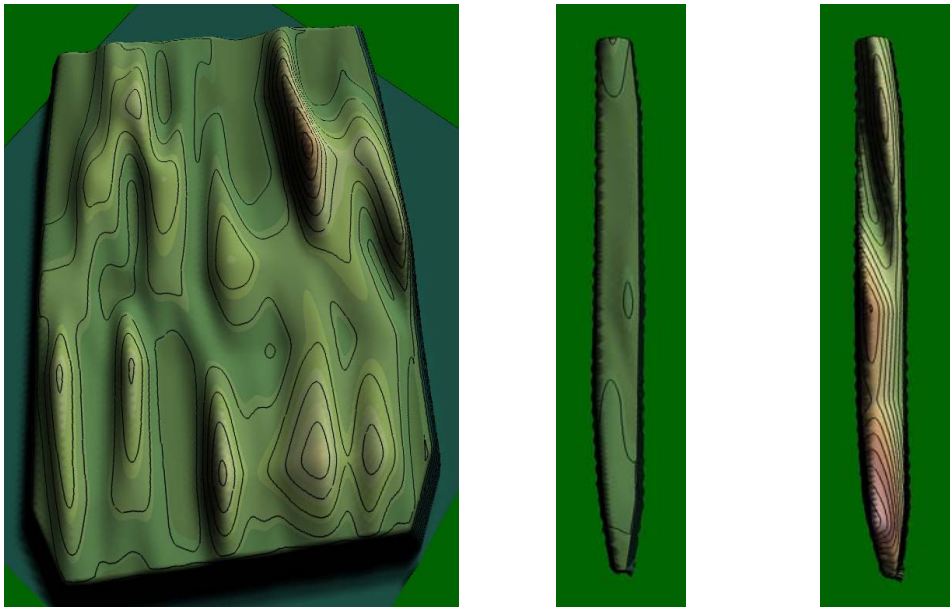
53. ábra: A *C. sativa* borításának változása a baracscai táblán 2001. szeptember és 2002. április között

17. táblázat: A gyomborítási adatok változása 2001. szeptember, 2002. április és május között az alapkezelt baracscai táblarészen (A jelölt gyomfajok az évelők és a napraforgó árvalakés)

Gyomfaj:	Borítás a 81-101 mintaterék átlagában (%)		
	Búza tarló (2001.09.13)	Kukorica alapk. (2002.05.09.)	Kukorica alapk. (2002.05.25.)
PANMI	18,20	0,21	0,00
DATST	14,22	0,01	0,00
CHEHY	3,61	0,00	0,00
AMARE	2,53	0,00	0,00
CANSA	2,41	0,04	0,00
CHEAL	1,21	0,00	0,00
ECHCG	0,33	0,00	0,00
BILCO	0,00	0,00	0,00
AMBEL	0,00	0,00	0,00
CONAR	1,12	0,00	0,00
CIRAR	0,30	0,42	0,00
HELAN	0,89	0,09	0,00
További fajok:	3,11	0,00	0,00
Összesen:	47,93	0,77	0,00

18. táblázat: A gyomborítási adatok változása 2001. szeptember, 2002. április és május között a nem alapkezelt táblarészen (A jelölt gyomfajok az évelő fajok és a napraforgó árvakelés)

Gyomfaj:	Borítás a 102-122 mintaterék átlagában (%)		
	Búza tarló (2001.09.13)	Kukorica csak post (2002.05.09.)	Kukorica csak post (2002.05.25.)
AMARE	9,02	0,16	5,93
DATST	8,46	3,85	22,69
CHEHY	6,71	0,03	5,54
CHEAL	5,28	0,06	2,98
CANSA	3,75	0,55	3,60
ECHCG	2,44	0,00	0,13
PANMI	1,93	0,04	1,82
BILCO	0,00	0,00	0,01
AMBEL	0,00	0,00	0,00
CONAR	0,74	0,13	0,30
CIRAR	0,09	2,89	0,33
HELAN	1,26	0,32	3,05
További fajok:	3,24	0,0048	0,053
Összesen:	42,92	8,03	46,43



54. ábra: A *D. stramonium* borítása a baracscai táblán 2001. szeptemberében, 2002. május 9-én és 2002. május 25-én.

A másik 9 ha területű táblarészt kérésünkre (a mérőkamerás infra légifotózás előkészítése miatt) nem részesítették alapkezelésben, ezért ott valós populációdinamikai változások nyomon követésére három időpontban is lehetőség volt (18. táblázat). Az elkészített térképek közül a *Datura stramonium* egyedsűrűség változását az 54. ábra mutatja.

Az egyes fajok borításának változást elemezve megállapítható, hogy a tarló vegetációból a következő évi kapás kultúra gyomflórája nagy biztonsággal prognosztizálható. A tarló felvételezés viszont (bizonyos kivételekkel, mint a *Cannabis sativa*) a következő évi gabona gyomosodásának előrejelzésére nem alkalmas. (Reisinger et al. 2002).

4.7. Tankolásonként változtatható gyomirtási technológia tervezése

A precíziós gyomszabályozás gyakorlati megvalósítására az automatizálás mellett van egyszerűbb, bárki számára különösebb eszközbeszerzés nélkül megvalósítható megoldás. Ez a tankolásonként változtatható gyomirtási technológia.

Előnyei, hogy a helyspecifikus (résztábla specifikus) kezelés alapelveinek alkalmazásával a meglévő gépparkra alapozva gyomirtószer-megtakarítás és hatékonyabb kezelések valósíthatók meg. Nem igényel feltétlenül műholdas helymeghatározást, nincsen szükség térinformatikai szoftverekre, permetező komputerekre, szabályozó automatikákra és az ezek üzemeltetéséhez szükséges speciális szaktudásra. Amíg a precíziós gazdálkodást segítő szolgáltatások nem lesznek mindenki számára elérhetők és a napi gyakorlatban

alkalmazottak, viszonylag egyszerű és hatékony megoldást jelenthet a helyspecifikus kezelési igényekre.

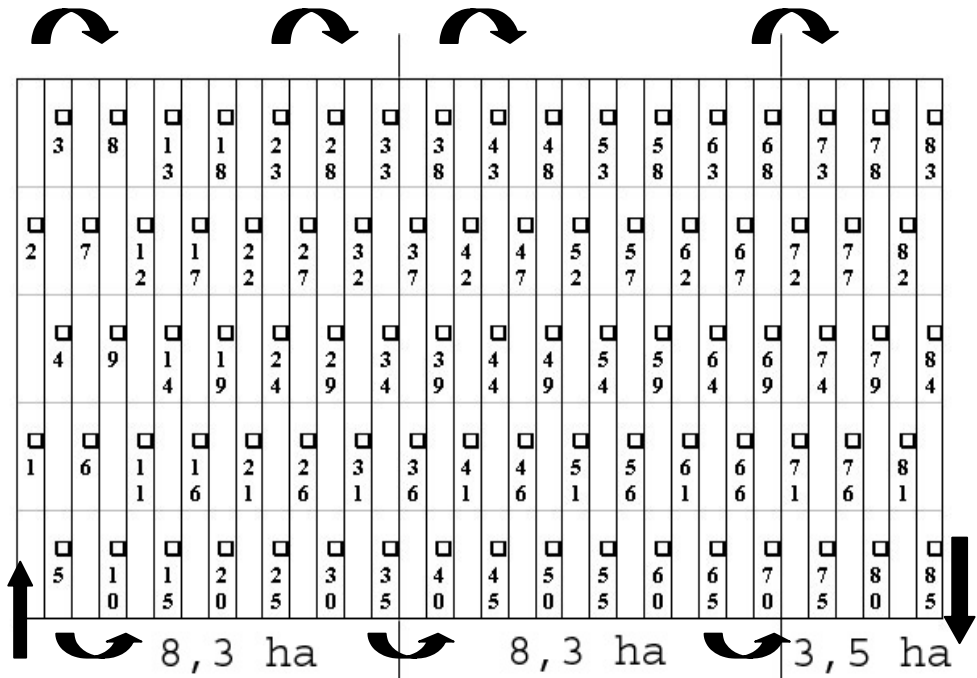
Hátrányai, hogy a kezelési pontosság jóval kisebb, mint az automatizált kijuttatásnál, ezáltal az elérhető gyomirtó szer megtakarítás is kisebb, az egyes tankolások során a herbicidek bekeverése nagyobb gondosságot igényel és elsősorban szabályos, lehetőleg négyszög alakú táblákon alkalmazható egyszerűen.

A mosonmagyaróvári búza tarló gyomfelvételezési adatainak feldolgozása során nyilvánvalóvá vált, hogy az egyes táblarészek között jelentősebb különbségek vannak. Ez a tény indokoltá teszi a precíziós (legalább táblarész specifikus, tankolásonként változtatható) kezelések végrehajtását.

A tábla felosztási terv egyúttal a kezelések végrehajtásához is alapidokumentumként szolgál (55. ábra). A tankolásonként végrehajtható kezelés megvalósítása a következő: a permetezőgép a tábla alsó részéről indul, ott töltik fel még kétszer, és ugyancsak a tábla alján fejezi be a munkát. Az egyes tankolások mindig a tábla alsó részén történnek, ezért a kiszolgálás sem jelent problémát.

Az elemzést a többi kísérleti táblára is célszerű kiterjeszteni és ha az indokolt, azokon is tankolásonként változtatható technológiát tervezni. A tervek alapján végrehajtott kezelések hatását a tábla gyomnövényzetére célszerű több éven át figyelni és ezzel a technológia eredményességét értékelni.

A bemutatott tankolásonként változtatható gyomirtási technológia bármely, szabályos négyszög alakú mezőgazdasági táblán egyszerűen, minimális tüöbbllet ráfordítással megvalósítható.



55. ábra: A tankolásonként változtatható gyomirtási technológia végrehajtási módja a mosonmagyaróvári táblán

4. 8. A távérzékelés lehetőségei a gyomtérképezéshez

4.8.1. Modellkísérletek

- A tenyészedényes kísérletek értékelését az ERDAS Imagine szoftverrel elvégzett ellenőrizetlen klasszifikációval az *Ambrosia artemisiifolia* felvételekkel kezdtük. Megállapítottuk, hogy a pankromatikus színes felvétel a faj szignifikáns elkülönítésére nem alkalmas, a hagyományos színes felvételek alkalmazása nem ad értékelhető eredményt a

gyomcsoportok, gyomfajok elkülönítéséhez. Ezért a többi faj elemzését már nem végeztük el. Viszont célszerűnek látszik a továbbiakban a felvételek alakparaméterek alapján történő elemzése.

- Kisparcellás kísérletek:

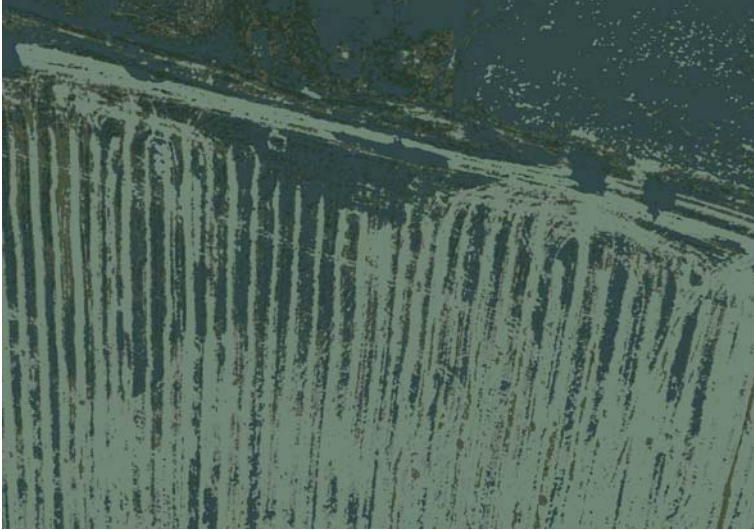
A fenti probléma miatt a felvételek spektrális értékelését nem végeztük el. A kísérleti módszer multispektrális módszerrel történő megisméltése több eredményt adhat.

- Színes légifotózás:

Az ERDAS Imagine program klasszifikációs moduljával a baracscai tábláról 600 m magasságból készített felvétel (56. ábra) elemzését ellenőrizetlen klasszifikációval végeztük el (57. ábra).



56. ábra: 600 m magasságból, színes diára készített légi felvétel a baracscai őszi búza tarlóról



57. ábra: Az előbbi felvétel egy, az ellenőrizetlen klasszifikáció után kapott feldolgozása

Sajnos a színes felvétel itt sem adott értékelhető eredményt (a fajok szignifikáns megkülönböztetését). Viszont a módszer alkalmas lehet veszélyes gyomok (pl. *Ambrosia artemisiifolia*) tarlón vagy lakott területeken való felderítéséhez.

- Mérőkamerás légifotózás:

Mivel a felhős időjárás miatt a repülés sem a baracscai, sem a mosonmagyaróvári táblán nem történt meg, értékelhető felvételhez sajnos nem jutottunk.

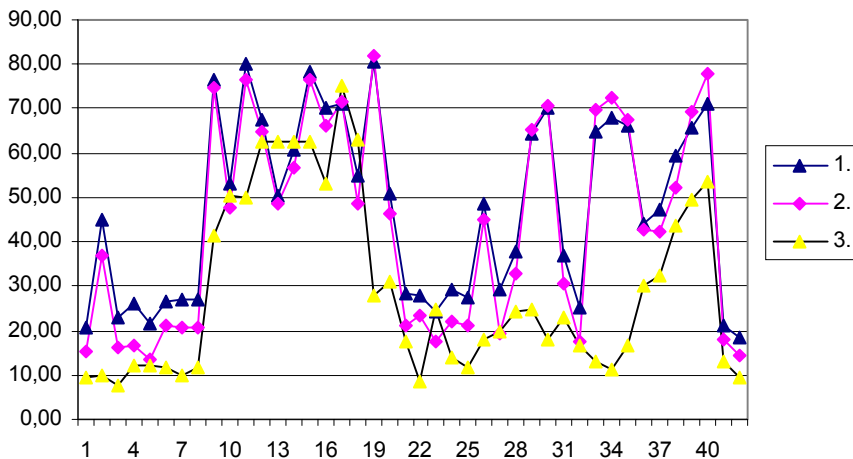
4.8.2 Multispektrális felvételek készítése

A mosonmagyaróvári kísérleti tábla felvételezési adatainak értékelésekor első lépésben az összes, 43 mintatér adatait elemeztük (19. táblázat). A három módszerrel kapott összes növényborítás értékek

között korrelációs együtthatókat számítottunk (58. ábra). A két optikai módszer között nagyon szoros korreláció (0,99) adódott.

19. táblázat: A 43 mintatér adatfeldolgozásának statisztikai eredményei egy mosonmagyaróvári táblán

	A teljes felvételek összes borítási értékei (1) %	A mintaterek összes borítási értékei (2) %	A mintaterek becsült összes borítási értékei(3) %
Átlag:	47,27	43,65	29,07
Szórás:	20,33	23,25	19,98
CV %:	0,43	0,53	0,69

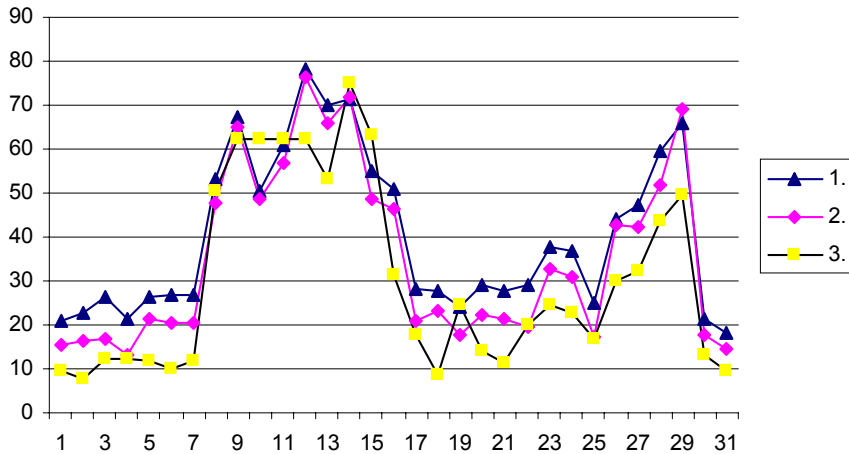


58. ábra: A korrelációs értékek az optikai és a becsléses módszerek között (43 mintatér) a mosonmagyaróvári kísérleti táblán

Tehát a léckereten kívüli gyomborítás a mérési eredményt gyakorlatilag nem befolyásolta. A két optikai módszer és a becslés között 0,63 és 0,66 korrelációs együtthatók adódtak.

20. táblázat: A 32 mintatér adatfeldolgozásának statisztikai eredményei a mosonmagyaróvári táblán

	A teljes felvételek összes borítási értékei (1) %	A mintaterek összes borítási értékei (2) %	A mintaterek becsült összes borítási értékei(3) %
Átlag:	40,35	35,35	30,20
Szórás:	18,23	20,05	21,45
CV %:	0,45	0,57	0,71



59. ábra: A korrelációs értékek az optikai és a becsléses módszerek között (32 mintatér) a mosonmagyaróvári kísérleti táblán

A kalibráció élesítésével (a túlexponált felvételek kihagyásával) a felvételek száma 43-ról 32-re csökkent (20. táblázat). A feldolgozás a már bemutatott módon történt (59. ábra).

A korrelációs együtthatók az optikai módszernél minden esetben 0,9 felett voltak, és a CV % csak kis mértékben nőtt. A legnagyobb CV % értékek mindkét mintatér számnál a becsléses eljárásnál (Balázs-Ujvárosi módszer) adódtak. Az összes gyomborítás is ebben az esetben volt a legalacsonyabb.

Az emberi szem a becslést általában a mintatér közepén kezdi. Ha alacsony a gyomborítás, és a gyomok főleg a mintatér szélein helyezkednek el, a felvételező személy gyakran alulbecsüli az összes növényborítást.

Az összes gyomnövény borítás a bemutatott módszerrel történő mérése, majd a kapott értékek interpolálásával készített gyomtérkép felhasználható prepost kezelések és tarlókezelések tervezéséhez.

5. Új tudományos eredmények (tézisek)

1. A szisztematikusan kijelölt, rácsháló metszéspontokon végzett gyomfelvételezések a vizsgált táblák gyomnövényzetét jól reprezentálják. Megfelelően nagy sűrűségű mintatér kijelölés pontjai gyakorlatilag minden más mintavételi eljárás pontjait tartalmazzák.
2. A gyomfelvételezési mintaterék kijelölési sűrűségét vizsgálva megállapítható, hogy több táblán a 0,5 ha-os mintasűrűség általában a területek gyomflóráját jól reprezentálta. A vizsgált területeken a mintaterék sűrítése a felvételezések dominancia viszonyait lényegesen nem befolyásolta.
3. A foltokban előforduló élő gyomfajok a gyomfoltok GPS vevővel történő körüljárásával a szisztematikusan mintavételnél pontosabban térképezhetők.
4. Az elkészített háromdimenziós gyomtérképek a mezőgazdasági táblák gyomnövényzetének térbeli eloszlását igen jól szemléltetik.
5. A gyomnövények elterjedési térképeit a hasonló módon elkészített talajtérképekkel összehasonlítva a gyom-talaj kölcsönhatások vizuálisan jól ábrázolhatók.

6. A fontosabb talajtulajdonságok (kötöttség, humusztartalom) térképezésével helyspecifikus és precíziós alapkezelések tervezésére van lehetőség.
7. A készített térképeken a gyomnövényzet változása nemcsak térben, hanem időben is ábrázolható, ezáltal a vizsgált táblákon a populációdinamikai folyamatok szemléletesen mutathatók be.
8. A permetezőgép keretszélességének megfelelő szisztematikus mintatér kijelölés adatainak feldolgozásával automatizálást nem igénylő tankolásonként változtatható (résztábla specifikus) gyomszabályozás tervezhető.
9. Nagy pontosságú gyomfelvételezéshez és precíziós gyomszabályozás tervezéséhez a távérzékeléssel nyert felvételek készítése során a mérőkamerás, ortokorrigált felvételek használhatók fel.
10. A távérzékelés során a gyomnövényzet megfelelő pontos ságú azonosításához legalább multispektrális, még inkább hiperspektrális felvételek készítése szükséges.
11. Multispektrális felvételek készítésével az összes növényborítottság méréses megállapítása nagyobb pontossággal, állandó hiba mellett és megbízhatóbban végezhető el, mint a hagyományos becsléses eljárásokkal.

6. Következtetések és javaslatok

A legutóbbi években bekövetkezett robbanásszerű fejlődés a szoftver- és hardvertechnológia, a térinformatika, a műholdas helymeghatározás, a távérzékelés és a mezőgazdasági gépek automatizálása terén megteremtették a lehetőséget a helyspecifikus, precíziós gyomszabályozás megvalósításához.

Egyes szakemberek véleménye szerint állománykezelések megvalósíthatók egyszerűen kézi vezérléssel is, amikor a permetezés során az erőgépvezető a szakaszoló szelepeket gyomfolton történő áthaladásakor be, majd azt elhagyva kikapcsolja. Azonban nagy munkaszélesség és magas haladási sebesség mellett ez nagy terhet jelent a traktoros számára, valamint a gondos végrehajtáshoz megfelelően motivált és lelkiismeretes alkalmazottra van szükség. Sűrű állományú kultúrák kezelésekor szinte lehetetlen észre venni az erőgéptől több méterre található gyom csíranövény foltokat. Ezért nagy biztonsággal állítható, hogy a precíziós kijuttatást vezérlő automatikákkal az ember nem képes versenyezni.

A jelenleg már kereskedelmi forgalomban is beszerezhető precíziós mezőgazdaságot támogató rendszerek nem kifejezetten a gyomszabályozás céljaira lettek fejlesztve. Ezért a technológia mai szintjén a precíziós gyomszabályozás megvalósítására tökéletes megoldás nem létezik.

A precíziós gyomszabályozás gyakorlati végrehajtása a gyomfelvételezések, a gyom detektálás lehetőségek szerinti automatizálását, egzakttá és mérhetővé fejlesztését igényli. A nagy

sűrűséggel, elsősorban méréses módszerekkel megállapított gyomborítás a precíziós gyomszabályozás tervezésének és végrehajtásának alapvető feltétele.

A gyomfelvételezési mintaterék kijelölésére ajánlhatók a szisztematikus, rácsháló alapú módszerek. Az ilyen kijelölések objektívek és a vizsgált területet egyenletesen reprezentálják. Azonban a homogén táblarészeket gyakran feleslegesen nagy sűrűséggel mintázzák.

Ezért a mintavétel tervezése egy GIS létrehozása alapján hatékonyabb lehet, például topográfiai térkép, digitális domborzatmodell, talajtérképek esetleg légifelvételek rendszerbe foglalásával.

A távérzékelés felhasználásával mintaterék kijelölésére nincsen szükség, ugyanis a teljes terület elemzése történik meg. A légifelvételek alapján történő gyomtérképezéshez az egyes fajokat mutató, megjelölt mintaterekre, tanulóterületekre (AOI: Area Of Interest) van szükség. A pontos térképezéshez ortokorrigált felvételek szükségesek, amelyek a leképezés hibáit és a domborzatból adódó torzulásokat minimalizálják.

A gyomfelvételezések időpontja biológiai törvényszerűségek figyelembe vételén alapul, ezért az a precíziós gyomszabályozásban teljesen meggyezik a hagyományos módszerekével.

A nagyobb mintavételi sűrűség általában nagyobb pontosságot biztosít, de nagy munkaigényű és költséges. Minden esetben meg kell állapítani azt a mintavételi sűrűséget, amely a kitűzött cél eléréséhez szükséges, megfelelően gazdaságos és felesleges ráfordításokat nem igényel. Természetesen - a precíziós technológiák egy jellegzetes sajátosságaként - általános megoldások nehezen adhatók, azok a legtöbb esetben termőhely specifikusak, így a szükséges kijelölési mód és

mintavételi sűrűség megválasztása is a helyi tényezők mérlegelésén alapul az elérni kívánt célok figyelembe vételével.

A gyomtérképek készítésével a gyomnövényzet térbeni és időbeni változása jól szemléltethető. A precíziós kezelésekhez nagy pontosságú, általában a kijuttatási térképekét meghaladó pontosságú gyomtérképekre van szükség. A gyomtérképek készítése során célszerű a tábla sarokpontjait is mintázni, esetleg azokat a térképen 0 gyomborítással felvenni. Háromdimenziós térképek készítéséhez az ERDAS Imagine szoftveren kívül más programok felhasználása is célszerű (pl. Surfer). Kétdimenziós térképek előállításához kiválóan alkalmasak a vektoros szoftverek.

A mintavételen alapuló gyomtérképezés pontosságának kulcstényezője a megfelelő interpolációs eljárás. Ezért az egyes esetekben legjobb közelítést adó interpolációs algoritmusok alkalmazhatóságát a továbbiakban is tanulmányozni kell.

Az évelő gyomfajok folt körüljárással történő térképezésénél elsőként el kell dönteni, hogy mekkora az a legkisebb gyomfolt, amit még felvételezni akarunk. Kisebb foltméretnél gyakoribb pozíció rögzítést kell a GPS-t kezelő szoftveren beállítani.

Mivel a gyomfoltok határvonalainak megállapítása meglehetősen szubjektív, úgy, mint a kijuttatási térképeknél, a foltok körül ez esetben is puffer területeket kell hagyni.

A talajtulajdonságok és a gyomnövények előfordulása közötti összefüggések tisztázására célszerű a továbbiakban matematikai statisztikai és geostatistikai módszerek felhasználása is.

A populációdinamikai változások pontos kimutatásához legalább 2-3 éves felvételezési adatok elemzése szükséges.

A tankolásonként változtatható gyomszabályozás fejlesztéséhez célszerű eltérő gyomviszonyok között, több táblán is kísérletek beállítása.

A távérzékelés gyomszabályozási célú alkalmazása nagy lehetőségeket nyújt. Azonban a legjelentősebb korlátozó tényező az erős időjárás függőség és a nagy költségek (amelyek viszont fajlagosan, területegységre vetítve gyakran igen kedvező árat mutatnak).

Kulcskérdés a megfelelő spektrális és geometriai felbontás alkalmazása. A precíziós gyomszabályozási kutatások és gyakorlat során színes légi fotó is segítséget nyújthat, de a pontosabb vizsgálatokhoz a ma már egyre inkább gyakorlat közelbe jutó multispektrális technológia alkalmazása ajánlható.

A multispektrális felvételeken az összes növényborítás, egyes gyomcsoportok elkülönítésére már lehetőség adódhat. Sikeres alapkezelések után, tarlókon, széles hatásspektrumú herbicides kezelésekhez, totális hatóanyagok (glifozát toleráns kultúrnövényben) alkalmazásához a multispektrális felvételek jó lehetőségeket mutatnak.

A hiperspektrális technológia további elterjedése és elérhetővé válása a távérzékeléses gyomfelvételezésben áttörést hozhat. A megfelelően nagy csatornaszámú hiperspektrális felvételek egyes sávjainak értékelésével akár fajszintű elkülönítésre is lehetőség nyílik.

A multi- és hiperspektrális felvételek elemzéséhez mindig tanulóterületekre és terepi referenciamérésekre is szükség van.

A műholdak egyre növekvő spektrális és terepi felbontása, a felvételek folyamatosan növekvő és szélesedő kereskedelme a jövőben az űrfelvételek felhasználhatóságát jelentősen elősegítheti.

A precíziós gyomszabályozási technológiának, mint a fenntartható mezőgazdasági fejlődés egyik eszközének elterjedését különösen két tényező segítheti elő:

Az egyik a különböző tudományterületeken dolgozó szakemberek (herbológia, gépüzemeltetés, geodézia, térinformatika stb.) sikeres és hatékony együttműködése. Ugyanis a technológiához a műszaki feltételek ma már nagyrészt adottak, azok egységes, a gyakorlatban működő rendszerré kidolgozása és fejlesztése szükséges, a megfelelő inputokkal és döntési lehetőségekkel.

A másik tényező az integráció, a szaktanácsadás és a szolgáltatás, amelyek a technológiát a kisebb üzemek számára is elérhetővé teszik. Ehhez hozzájárulhat az állam által szabályozott ösztönző pénzügyi és jogi feltételrendszer is.

A fenti tényezők sikeres együttműködése és megvalósulása esetén a gyomszabályozásban is egyre inkább érvényesülő, fokozódó környezetvédelmi és gazdaságossági igények megvalósításához a precíziós technológia hatékony eszköz lehet.

7. Összefoglalás

A helyspecifikus, precíziós gyomszabályozás új követelményeket támaszt a gyomfelvételezéssel szemben, ezek pedig a mérhetőség és az automatizálás. Az értekezés céljával a gyomfelvételezési módszerek precíziós gyomszabályozás tervezéséhez szükséges fejlesztését tűzte ki.

A dolgozat az irodalmi áttekintésben megkísérelte összefüggéseiben ábrázolni a fenntartható mezőgazdaság növényvédelmével kapcsolatos követelményeket, kihívásokat, amelyekre a precíziós technológia egy válasz lehet. A szűkös terjedelmi keretek között ismertette a precíziós gyomszabályozás feltételrendszerét jelentő műholdas helymeghatározást (GPS), az adatgyűjtés és feldolgozás rendszerét (GIS) és az automatizált kijuttatástechnikát.

A szerző kutatásai során vizsgálta a gyomfelvételezési mintateretek lehetséges kijelölési módjait. A szisztematikus módszerek a vizsgált táblákon megbízhatóan jellemezték a táblák gyomviszonyait, azonban a nagyobb homogén táblarészeket gyakran feleslegesen mintázzák, ugyanakkor a heterogén területeken az adott kijelölési sűrűség kevés lehet. Ezért a mintavételi pontok helyeinek meghatározása ajánlható a térinformatikai rendszerek input adatainak elemzésével.

A kísérleti területeken a 0,5 ha kijelölési sűrűség a táblák gyomflóráját megfelelően jellemezte, azonban a precíziós kezelések vezérléséhez ennél nagyobb sűrűsége is szükség lehet. A vizsgált táblán a 0,6 ha mintavételi sűrűség a tábla gyomviszonyait a 0,2 ha-os sűrűséghez hasonlóan reprezentálta. A kívánt pontosságot adó, de még gazdaságos mintavételi gyakoriság megállapítása mindig kompromisszumot igényel.

A szerző által az ERDAS Imagine szoftverrel készített háromdimenziós gyomtérképek a vizsgált táblákon a gyomnövények térbeli eloszlását jól mutatják.

Azonos területen több időpontban elvégzett térképezés a populációdinamikai változások vizuális szemléltetésére alkalmas, ezzel a gyomok előrejelzésére is felhasználható. A pontosabb elemzésekhez a vizsgálnál hosszabb megfigyelési időtartamra van szükség.

A fontosabb talajtulajdonságok (kötöttség, humusztartalom) térképezése és a gyomtérképekkel történő összehasonlítása szemléletesen ábrázolja a gyom-talaj kölcsönhatásokat.

Az évelő gyomfajok GPS vevővel történt körüljárásával készült térképek alacsony munkaráfordítással a precíziós kezelések vezérléséhez inputként felhasználhatók.

A gyomfelvételezési mintatereteknek az alkalmazott permetezőgép munkaszélességének megfelelő szélességű sávokban történő kijelölése lehetőséget nyújt tankolásonként változtatható kezelések tervezéséhez és végrehajtásához, ezáltal táblarész specifikus technológiák megvalósításához.

A dolgozatban ismertetett kis magasságból készített multispektrális felvételekkel az összes növényborítás (canopy) mérésében a becsléses módszereknél nagyobb pontosság érhető el.

A gyakorlatban alkalmazható precíziós gyomszabályozási módszerek részletes kidolgozásához további vizsgálatokra van szükség.

A szerző kutatásai a precíziós gyomszabályozás feltételrendszerének javítását segítik, amelynek gyakorlati alkalmazásával jelentős herbicid megtakarítás érhető el.

8. Summary

Site-specific precision weed control raises new challenges and requirements for weed mapping: measurability and automation.

The aim of the thesis is to improve weed mapping techniques in order to facilitate precision weed control planning.

The Bibliography chapter tries to highlight the relations of plant protection requirements and challenges of sustainable agriculture, as the precision technique could be one answer to that. Within the size limits the chapter introduces the global positioning system (GPS) and the geographical information system (GIS) as the necessary tools of precision weed control, and also presents the automatic spraying technique.

The author investigated the possible designation methods of sampling areas for weed mapping. Systematic methods indicated the weed cover dependably on the investigated tables, but in some cases larger, more homogenous fields are sampled needlessly, or on more heterogeneous areas even a considerable sampling density is inadequate. Therefore to define sampling points the analysis of input data of spatial information system is recommended.

The 0,5 ha sampling density suitably represented the weed flora and cover of the investigated tables, but for precision weed control applications higher density could be necessary. The 0,6 ha sampling density demonstrated the weed cover characteristics of the table similar to the 0,2 ha sampling density on the investigated field. Compromise is always needed to define a reliable but still economic sampling density.

The author elaborated three-dimension weed maps with using the ERDAS Imagine software; these maps indicate the special distribution of weed species well.

In case the same field is mapped at different times, the visualisation of population dynamics becomes possible and data could be used for weed cover prognosis. For more accurate analysis a longer investigation period should be planned.

The mapping of the most important soil characteristics (physical characteristics, humus content) and the comparison of weed maps indicate the weed-soil interactions in a picturesque way.

Weed maps – elaborated on basis of border definition with GPS – of perennial weed species could be used as low labour-cost input data for precision treatment managements.

In case sampling areas are defined considering the sprayer width, the planning and implementation of variable application treatments becomes easier and the use of table-part specific technologies is facilitated.

As the thesis describes, with the application of multispectral images taken at low heights a higher rate of accuracy could be reached in canopy measurements, compared to the prediction or guess methods.

Further investigations are needed to elaborate such precision weed control methods in more details that could be used in everyday practice.

The research carried out by the author contributes to the precision weed management methods; such techniques could result significant herbicide savings.

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik segítségükkel és szakmai tanácsaikkal hozzájárultak ahhoz, hogy ez a dolgozat elkészülhessen.

Elsősorban témavezetőmnek, Dr. Reisinger Péternek szeretném megköszönni sokéves segítségét, tanácsait, valamint szakmai és emberi támogatását.

Külön köszönet opponenseimnek, Dr. Czimber Gyulának, Dr. Béres Imrének, és Dr. Lehoczky Évának, azért hogy a dolgozat jobbá tételéhez hasznos tanácsaikkal hozzájárultak.

Mindazoknak köszönettel tartozom, akik a Nemzeti Kutatásfejlesztési Program „Precíziós növénytermesztés” projekt konzorciumi tagjaiként a közös munkában részt vettek, így Dr. Kőmíves Tamásnak, Dr. Pálmai Ottónak és Antal Kristófnak. Köszönöm az NKFP 4/037 projekt anyagi támogatását is.

Továbbá köszönöm mindazoknak a segítségét, akik a több éves kutatási munkát segítették: Dr. Berke Józsefnek, Kákonyi Gábornak, Nagy Bencének, Dr. Tamás Jánosnak, és Zboray Zoltánnak.

10. Irodalomjegyzék

1. Anonym (1970): A II. Országos szántóföldi gyomfelvételezés. *Növényvédelem*. 6. (6) 274-278.
2. Ángyán, J., Menyhért, Z. (1997): *Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 17-25.
3. Balázs, F. (1944): A növényeszociológiai felvételek készítésének újabb módja. *Botanikai Közl.* 41. 18-33.
4. Balázs, F., Balázs, J. (1998): A háromdimenziós felvételezési módszer a vetések gyomviszonyainak értékelésében. *Acta Agronomica Óváriensis*. 40. (1) 145-156.
5. Balázs, K. Mészáros, Z. (szerk) (1989): *Biológiai védekezés természetes ellenségekkel*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 177-178.
6. Bán, I. (1970): A fotogrammetria felhasználása a növényvédelemben I. *Növényvédelem*. 6. (12) 545-551.
7. Bán, I. (1971a): A fotogrammetria felhasználása a növényvédelemben II. *Növényvédelem*. 7. (1) 17-23.
8. Bán, I. (1971b): A fotogrammetria felhasználása a növényvédelemben III. *Növényvédelem*. 7. (7) 302-309.
9. Bán, I. (1971 c): Infraészlelés a növényvédelemben. *Növényvédelem*. 7. (10) 455-457.
10. Bán, I. (1972): Helikopteres infraészlelés a növényvédelemben. *Növényvédelem*. 8. (7) 318-320.
11. Bán, I. (1973): A légifényképezés mezőgazdasági felhasználásának lehetőségei és egy új légifényképezési módszer, a „repülőgépmodelles légifényképezés földi rádióirányítással”. *Növényvédelem*. 10. (8) 366-368.

12. Bán, I. (1979): Agrofotogrammetria és alkalmazása a mező- és erdőgazdaságban. Akadémiai Kiadó, Budapest.
13. Benedek, P. (1974): A kártételi veszélyhelyzet, a védekezések gyakorisága és az előrejelzés szerepe a kártevők leküzdésében. Növényvédelem. 10. (5) 193-198.
14. Benedek, P. (1977): A kártételi veszélyhelyzet tényezői és kidolgozásának alapelvei. Növényvédelem. 13. (11) 481-488.
15. Benedek, P. (1987): A növényvédelmi előrejelzés alapadatainak feldolgozása számítógéppel. Növényvédelem. 13. (11) 506-512.
16. Berke, J., Hegedűs, Gy. CS., Kelemen, D., Szabó, J. (1998): Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai. Keszthelyi Akadémia Alapítvány Keszthely, PICTRON Kft. Budapest. pp. 194
17. Berke, J., Hegedűs, Gy. CS., Kelemen, D., Szabó, J. (2002): Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai. VE Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, PICTRON Kft. Budapest. pp. 217.
18. Berke, J., Györfly, K., Fischl, G., Kárpáti, L., Bakonyi, J. (1993): The application of digital image processing in the evaluation of agricultural experiments. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science. 719:780-787.
19. Berzsényi, Z. (2000): Gyomszabályozási stratégiák a fenntartható növénytermesztésben. Magyar Gyomkutatás és Technológia. 1. (1) 3-22.
20. Béres, I. (1981): A parlagfű (*Ambrosia elatior* L.) hazai elterjedése, biológiája és a védekezés lehetőségei. Kandidátusi értekezés. Keszthely
21. Bognár, S. (1994): A magyar növényvédelem története a legrégebbi időktől napjainkig (1030-1980). Business Assistance, Mosonmagyaróvár. pp. 783
22. Bognár, S., Jenser, G. (szerk.), Péntes, B., Tóth, M., Vörös, G. (2003): Integrált növényvédelem a kártevők ellen. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 5.

-
23. Borza, T. (2003): Elérhető és tervezett kiegészítő GPS rendszerek. 2. GPS Nyílt Nap. Budapest, 2003. május 29.
 24. Brown, R. B., Anderson, G. W., Proud, B., Steckler, J. P. (1990): Herbicide application control using GIS weed maps. American Society of Agricultural Engineers Paper. No. 90-1061. pp. 15
 25. Bullock, D. S., DeBoer, J. L., Swinton, S. M. (2002): Adding value to spatially managed inputs by understanding site-specific yield response. *Agricultural Economics*. (27) 233-245.
 26. Bürgés, Gy., Kuroli G. (szerk.) (1994): Növényvédelem II. Növényvédelmi állattan. Pannon Agrártudományi Egyetem, egyetemi jegyzet. Keszthely. 34-36.
 27. Campbell, J. B. (1996): Introduction to Remote-Sensing. 2nd Edn, The Guilford Press, London. pp. 622
 28. Charvat, K., Gnip, P. (2002): GIS server for precision farming application with mobile access. Mobile Information Systems in Agriculture. Workshop with international participation Keszthely, 18. October 2002. Konferencia kiadvány CD
 29. Christensen, S., Heisel, T., Paice, M. (1999): Simulation of long term *Alopecurus myosuroides* population using three patch spraying strategies. Precision Agriculture 1999 2nd European Conference on Precision Agriculture, Part 2 Sheffield Academic Press, Sheffield, UK. 977-987.
 30. Christensen, S., Norbo, E., Kristensen, K. (1994): Weed cover mapping with spectral reflectance measurements. Aspects of Applied Biology-Sampling to Make Decisions. 37. 171-178.
 31. Christensen, L., Krause, K. (1995): Precision farming: harnessing technology. *Agricultural Outlook*. 218. 18-19.
 32. Curran, P. J. (1985): Aerial photography for the assessment of crop condition: a review. *Applied Geography*. 5. 347-360.

-
33. Czinege, E. (1999): A talajtakaró változatosságát figyelembe vevő agrotechnika új lehetőségei. *Agrokémia és talajtan.* 48. 224-233.
 34. Czinege, E., Pásztor, L., Szabó, J. Csathó, P., Árendás, T. (2000): Térinformatikai alapokra épülő műtrágyázási szaktanácsadás. *Agrokémia és Talajtan.* (49) 55-63.
 35. Csák, M., Nagy, S., Hegedűs, G., Busznyák, J., Szolcsányi, É., Berke, J. (2002): Client side implementation of the Zala county Geographic Information System. *Mobile Information Systems in Agriculture. Workshop with international participation Keszthely,* 18. October 2002. Konferencia kiadvány CD
 36. Csavajda, É. (2002): Long-term strategies for sustainable crop production, emphasizing on alternative methods in relation to the Hungarian situation. *Acta Agronomica Óváriensis.* 44. (1) 69-85.
 37. Csete, L. (2002): Az információtechnológia és az információ menedzsment alkalmazásának tanulságai. *Gazdálkodás.* 46. (6) 69-74.
 38. Csete, L. (2003): Az agrárgazdaság fenntartható fejlesztése Johannesburg után az EU előtt. *Gazdálkodás.* 47. (1) 13-25.
 39. Csibor, I. (1973): Lucerna vegyszeres gyomirtása gyomfelvételezés alapján. *Növényvédelem.* 9. (9) 413-415.
 40. Csibor, I. (1980): A gyomfelvételezés, mint az okszerű gyomirtás alapja. *Növényvédelem.* 16. (1) 29-30.
 41. Csibor, I., Hartman, F., Prinzinger, G., Radvány, B. (1988): Veszélyes 24. Mezőföldi Agrofórum Kft. Szekszárd
 42. Czimber, Gy. (1992): A Szigetköz szegetális gyomvegetációja. MTA akadémiai doktori értekezés. Mosonmagyaróvár
 43. Czimber, Gy., Précsényi, I., Csala, G. (1977): Adatok kukoricavetésekben gyomosodást okozó köles (*Panicum miliaceum* L.) kártételéről. *Növénytermelés* 26. 275-284.

-
44. Darvas, B. (1997): Környezetbarát mezőgazdaság vagy fenntartható mezőgazdasági fejlesztés (sustainable agriculture). *Növényvédelem*. 33. (11) 580-581.
 45. Demmel, M. (1997): Ertragsermittlung in Mährescherertragsmessgeräte für die lokale Ertragsermittlung. Eine Ergränzung zu den DLG-Prüfberichten. 5.000/9. 97:6-9.
 46. Detrekői, Á., Szabó, Gy. (2000): Bevezetés a térinformatikába. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. pp. 21., 56-57.
 47. Detrekői, Á., Szabó, Gy. (2002): Térinformatika. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. p. 22.
 48. El-Faki, M. S., Zhang, N., Peterson, D. E. (2000): Weed detection using color machine vision. *Transactions of the Asae*. 43. (6) 1969-1978.
 49. ERDAS (1999): Field Guide, fifth edition. ERDAS Inc. Atlanta, Georgia, USA. pp. 672
 50. Fenyvesi, L., Gockler, L., Hajdú, J., Husty, I. (2003): A mezőgazdaság műszaki fejlesztésének lehetséges megoldása. *Gazdálkodás*. 47. (5) 1-15.
 51. Feyaerts, F., van Gool, L. (2001): Multi-spectral vision system for weed detection. *Pattern Recognition Letters*. 22. (6-7) 667-674.
 52. Font, L., Lágymányosi, A., Farkas, I. (2002): Növény növekedését monitorozó optikai mérőrendszer alkalmazása uborkapalánták vizsgálatához. Óvári Tudományos Napok 2002. október 3-4. Konferencia kiadvány CD
 53. Frei, E. (1991): Rapid Differential Positioning with the Global Positioning System (GPS). *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*. Schweizerischen Geodätischen Kommission. Vierundvierzigster Band. 11-15.
 54. Gáborjányi, R., Kőmíves, T., Király, Z. (1995): A fenntartható mezőgazdaság növényvédelme. *Növényvédelem*. 31. (2) 49-57.

-
55. Gerhards, R., Sökefeld, M., Knuf, D., Kühbauch, W. (1996): Mapping and geostatistical analysis of weed distribution in sugarbeet fields for site-specific weed management. *Journal of Agronomy and Crop Science - Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau*. 176. (4) 259-266.
 56. Gerhards, R., Sökefeld, M. (2001): Sensor system for automatic weed detection. *The BCPC Conference - Weeds*. 10A-1 827-834.
 57. Gerhards, R., Christensen, S. (2003): Real-time weed detection, decision making and patch spraying in maize, sugarbeet, winter wheat and winter barley. *Weed Research*. 43. (6.) 385-392.
 58. Gerhards, R., Sökefeld, M., Nabout, A., Therburg, R. D., Kühbauch, W. (2002): Online weed control using digital image analysis. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection)* Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart. Sonderheft XVIII. 421-427.
 59. Gerhards, R., Sökefeld, M., Schulze-Lohne, K., Mortensen, D. A., Kühbauch, W. (1997): Site specific weed control in winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. (178) 219-225.
 60. Goel, P. K., Prasher, S. O., Landry, J. A., Patel, R. M., Bonnell, R. B., Viau, A. A., Miller, J. R. (2003) : Potential of airborne hyperspectral remote sensing to detect nitrogen deficiency and weed infestation in corn. *Computers and Electronics in Agriculture*. (38) 99-124.
 61. Goudy, H., Tardif, F., Brown, R. B., Bennett, K. (1999): Site specific herbicide applications. *Ontario Corn Producer*. 15. (2) 30-32.
 62. Gross, M (1995): Bevezetés a térinformatikába. *Térinformatika 2. füzet. Műegyetemi Kiadó*. pp. 5., 14.
 63. Gupta, R. K., Vijayan, D., Prasad, T. S. (2001): New hyperspectral vegetation characterization parameters. *Advanced Space Research*. 28. (1) 201-206.

-
64. Györffy, B., Hunyadi, K., Kádár, A., Molnár, J., Tóth, Á. (1995): Hungarian national weed surveys 1950-1992. 9th EWRS Symposium, Budapest. Proceedings 1-10.
 65. Györffy, B. (2000): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. Agroforum. 11. (2) 1-4.
 66. Gyulai, I., Neményi, M., Mesterházi, P. Á. (2002): GIS alkalmazások. Óvári Tudományos Napok 2002. október 3-4. Konferencia kiadvány CD
 67. Hargitai, F. (1971): Űrkutatás a mezőgazdaság szolgálatában. Növényvédelem. 7. (1) 32-34.
 68. Hartzler, B. (1999): Spatial weed distribution: Can it be used to improve weed management. Iowa State University. Weed Science Online
 69. Hunyadi, K. (1988): Szántóföldi gyomnövények és biológiájuk. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 290-308.
 70. Hunyadi, K., Béres, I., Kazinczi, G. et al. (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó Budapest. 273-279.
 71. Johnson, G. A., Mortensen D. A., Martin A .R. (1995): A simulation of herbicide use based on weed spatial distribution. Weed Research. (35) 197-205.
 72. Kalmár, S. (2000): A precíziós gazdálkodást megalapozó hozamtérkép készítési módszer, valamint a tápanyag utánpótlási, agrotechnikai és növényvédelmi eljárások alkalmazásának vizsgálata. Diplomamunka, Mosonmagyaróvár, Növényvédő szakmérnöki posztgraduális szak pp. 52
 73. Kalmár, S., Pecze, Zs. (2000): Hozamtérkép készítése Agro-Map 3.0 programmal. Növényvédelmi Tanácsok. 9. (1) 16-18.
 74. Kalmár, S., Salamon, L. (2002): Precíziós gazdálkodás – Alkalmazni vagy nem alkalmazni? Óvári Tudományos Napok 2002. október 3-4. Konferencia kiadvány CD

-
75. Kárpátiné, Gyórfy K., Berke, J. (1990): Számítógépes képfeldolgozás felhasználásának lehetősége a növényvédelmi kísérletek értékelésénél. *Növényvédelem*. 26. (7) 308.
76. Katona, Z.-né, Reisinger, P. (1981): Gabona vegyszeres gyomirtási technológia tervezése számítógép segítségével. *Növényvédelem*, 17. (4-5) 196-198.
77. Kondratyev, K. Y., Fedchenko, P. P. (1979): Spectral reflectivity of weeds and useful plants. *Doklady. Akad. Nauk. SSSR*. 248. (6), 1318-1320.
78. Koroknai, B. (1990): A gyomirtási kísérletek számítógépes adatfelvételi, adatfeldolgozási és jelentési rendszere. *Növényvédelem*. 26. (7) 309.
79. Kovács, F. (1998): „Magyarország az ezredfordulón” Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. *Agrártermelés Környezetvédelem Népegészségügy*. Agroinform, Budapest. 49-50.
80. Kovács, J. (szerk.) (1999): A növényvédelem integrált, környezetbarát fejlesztési lehetőségei. *Magyarország az ezredfordulón*. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest. 5-19.
81. Kőmíves, T., Lehoczky, É., Nagy, S., Reisinger, P., Pálmai, O. (2003): A kukorica preemergens gyomirtásának térinformatikával támogatott módszere. III. Növénytermesztési Tudományos Nap. Gödöllő, 2003. május 15. *Proceedings*. 107-112.
82. Kőmíves, T., Lehoczky, É., Reisinger, P., Nagy, S. (2003): Precíziós módszerek alkalmazása a talaj-gyomnövény kapcsolat vizuális ábrázolására. Előadás. XIII. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, 2003. január 29-31.
83. Kőrösmezei, Cs. (1986): Gyomfelvételezés szükségessége egy veszélyes gyomnövény példáján bemutatva. *Növényvédelem*. 20. (8) 373-375.

-
84. Kőrösmezei, Cs. (1988): Személyi számítógép a növényvédelmi adminisztrációban. *Növényvédelem*. 24. (1) 34-35.
 85. Krauter, A. (1994): A GPS helymeghatározó rendszer (felépítés, működés, alkalmazás). Budapesti Műszaki Egyetem, Általános Geodézia Tanszék. pp. 25
 86. Kunisch, M. (2002): Precision farming in der Unkrautbekämpfung? *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection)* Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart. Sonderheft XVIII. 415-420.
 87. Lamb, D. W., Brown, R. B. (2001): Remote-Sensing and Mapping of Weeds in Crops. *Journal of Agricultural engineering Research*. 78. (2) 117-125.
 88. Lamb, D. W., Weedon, M. (1998): Evaluating the accuracy of mapping weeds in fallow fields using airborne digital imaging. *Panicum effusum* in oilseed rape stubble. *Weed Research*. 38. 443-451.
 89. LARS (1968): Remote Multi-spectral Sensing in Agriculture. Annual Report No. 3. Laboratory for Applications of Remote-Sensing, Purdue University, West Lafayette USA
 90. LARS (1970): Remote Multi-spectral Sensing in Agriculture. Annual Report No. 4. Laboratory for Applications of Remote-Sensing, Purdue University, West Lafayette USA
 91. Lass, L. W., Shafii, B., Price, W. J., Thill, D. C. (2000): Assessing agreement in multispectral images of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) with ground truth data using a Bayesian methodology. *Weed Technology*. 14. (3) 539-544.
 92. Lehoczky, É., Borosné, N. A. (2002): Az *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. és a kukorica korai kompetíciójának hatása I. A növények növekedése. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*. Budapest. 3. (1) 13-20.

-
93. Lehoczky, É. (2002): Az *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. és a kukorica korai kompetíciójának hatása II. A növények tápanyagfelvétele. Magyar Gyomkutatás és Technológia. Budapest. 3. (2) 21-29.
 94. Lehoczky, É., Dobozi, M., Gyüre, K. (2003): Gyomnövények és a burgonya kompetíciójának tanulmányozása, különös tekintettel a tápanyagversengésre. Magyar Gyomkutatás és Technológia. Budapest. 4. (1) 19-30.
 95. Lehoczky, É., Reisinger, P. (2003): Study on the weed-crop competition for nutrients in maize. 55th International Symposium on Crop Protection. Gent Abstracts p. 59.
 96. Lehoczky, É., Reisinger, P., Nagy, S., Kómíves, T. (2004): Early competition between maize and weeds. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection). Eugen Ulmer GmbH & Co Stuttgart. Sonderheft XIX. 319-324.
 97. Maniak, S. (2002): GIS data basis transfer in precision farming. Óvári Tudományos Napok 2002. október 3-4. Konferencia kiadvány CD
 98. Medlin, C. R., Shaw, D. R., Gerard, P. D., LaMastus, F. E. (2000): Using remote sensing to detect weed infestations in *Glycine max*. Weed Science. 48. (3) 393-398.
 99. Mesterházi, P. Á., Pecze, Zs., Neményi, M. (2001): A precíziós növényvédelmi eljárások műszaki- térinformatikai feltételrendszere. Növényvédelem. 37. (6) 273-281.
 100. Mile, L. (1994): Modellkísérlet a gyomfelvételezések mintaszámára vonatkozóan, őszi búzában. PATE Mosonmagyaróvár. Diplomadolgozat. pp. 49
 101. Moore, I. D., Gessler, E., Nielsen, G. A., Peterson, G. A. (1993): Terrain analysis for soil specific crop management. Second International

Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, ASA-CSSA-SSSA. 27-51.

102. Morgan, K. M., Morris-Jones, D. R., Lee, G. B., Kiefer, R. W. (1979): Cropping management using color and color infrared aerial photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote-Sensing*. 45. (6) 769-774.
103. Morgan, M., Ess, D. (1997): *The Precision Farming Guide for Agriculturist*. John Deere & Co. 2-3.
104. Nagy, S., Kalmár, S. (2001): A távérzékelés lehetőségei a gyomtérképeken alapuló precíziós gyomszabályozásban. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*. 2. (1) 15-27.
105. Nagy, S. (2002): Táblaszintű gyomtérképek készítésének lehetőségei a precíziós gyomirtási technológiák tervezéséhez. Diplomamunka. Mosonmagyaróvár, Növényvédő szakmérnöki posztgraduális szak. pp. 49
106. Nagy, S., Reisinger, P. (2002): Egyes gyomfajok elterjedésének térbeni és időbeni változása egy tábla DGPS segítségével megjelölt pontjain. Előadás. Az EWRS Magyarországi Tagozata és a Magyar Gyomkutató Társaság éves konferenciája. Budapest, 2002. november 14.
107. Nagy, S. (2003a): A precíziós gyomszabályozás alapelvei, céljai, gyakorlati alkalmazásának lehetőségei. *Agro Napló*. Pécs. 7. (1-2) 26-28.
108. Nagy, S. (2003b): A búza precíziós gyomszabályozása. *Agro Napló*. Pécs. 7. (3) 18-21.
109. Nagy, S. (2003c): A kukorica precíziós gyomszabályozása. *Agro Napló*. Pécs. 7. (4) 36-39.
110. Nagy, S. (2003d): Tankolásonként változtatható gyomirtási technológia lehetőségei. *Agro Napló*. Pécs. 7. (5) 22-25.
111. Nagy, S. (2003e): Gyomfelvételezési mintaterek kijelölése és gyomtérképek készítése precíziós gyomszabályozáshoz. *Agro Napló*. Pécs. 7. (9) 16-20.

-
112. Nagy, S., Reisinger, P., Antal, K. (2003): Mapping of distribution of perennial weed species to elaborate precision weed control. 3rd International Plant Protection Symposium at Debrecen University (3rd IPPS). From ideas till implementation. Challenge and Practice of Plant Protection in the beginning of the 21st century. Debrecen, 15-16. 10. 2003. Proceedings. 300-306.
 113. Nagy, S., Reisinger, P., Antal, K. (2004a): Mapping of perennial weed species distribution in maize. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection). Eugen Ulmer GmbH & Co Stuttgart. Sonderheft XIX. 383-389.
 114. Nagy, S., Reisinger, P., Tamás, J. (2004b): Möglichkeiten der Anwendung von multispektralen Aufnahmen zur Planung teilflächenspezifischer Unkrautregulierung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection). Eugen Ulmer GmbH & Co Stuttgart. Sonderheft XIX. 453-458.
 115. Neményi, M., Pecze, Zs., Mesterházi, P. Á., Németh, T. (2001): A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. Növénytermelés. 50. (4) 419-430.
 116. Németh, T., Szabó, J., Pásztor, I. (2002): A precíziós tápanyaggazdálkodás térinformatikai alapjai. Óvári Tudományos Napok 2002. október 3-4. Konferencia kiadvány CD
 117. Németh, I. (2001): Megjegyzések Reisinger Péter: A mezőgazdasági területek gyomnövényzetének felvételezése Magyarországon (1947-2000) c. cikkéhez. Magyar Gyomkutató és Technológia. Budapest. 2. (2) 69-71.
 118. Németh, I., Sárfalvy, B. (1998): Gyomfelvételezési módszerek értékelése összehasonlító vizsgálatok alapján. Növényvédelem. 34. (1) 15-22.
 119. Nordmeyer, H., Hausler, A. (2000): Experiences on site specific weed control in agricultural practice. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und

Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection). Eugen Ulmer GmbH & Co Stuttgart. Sonderheft XVII. 195-205.

120. Pechmann, L., Tamás, J., Kardeván, P., Vekerdy, Z., Róth, L., Burai, P. (2003): Hiperspektrális technológia alkalmazhatósága a mezőgazdasági talajvédelemben. EU Konform Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság Konferencia, Gödöllő. Proceedings 98-103.
121. Pecze, Zs. (2001): A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés feltételrendszere. Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Mosonmagyaróvár. pp. 164
122. Pecze, Zs., Neményi, M., Debreczeni, B.-né, Csathó, P., Árendás, T. (2001): Helyspecifikus tápanyag-visszapótlás kukoricánövénynél. Növénytermelés. 50. (2-3) 269-284.
123. Pecze, Zs., Neményi, M., Mesterházi, P. Á. (2001): A helyspecifikus tápanyag-visszapótlás műszaki háttere. Mezőgazdasági Technika. 42. (2) 5-6.
124. Pérez, A. J., López, F., Benlloch, J. V., Christensen, S. (2000): Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. Computers and Electronics in Agriculture. 25. (3) 197-212.
125. Pitlik, L., Pető, I. (2002): Az információtechnológia fejlődésének kihívásai az agrárgazdaságban. Gazdálkodás. 46. (2) 57-66.
126. Polgár, A. L. (szerk.) (1999): A biológiai növényvédelem helyzete Magyarországon (különös tekintettel az EU 5. K+F programjában való részvételre). MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Budapest. 49-66.
127. Potyondi, L. (1997): Légi fénykép elemzése a cukorrépa-termesztésben. Cukorrépa. 15. (1) 17-20.
128. P. Reisinger, M. Lajos, K. Lajos, S. Nagy (2002): Die Erweiterung unkrautzönnologischer Aufnahmen durch GPS-Koordinaten. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. (Journal of Plant Diseases and Protection). Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart. Sonderheft XVIII. 451-457.

-
129. Price, J. C. (1994): How unique are spectral signatures? Remote-Sensing of Environment. 49. 181-186.
 130. Radics, L. (szerk.) (2001): Ökológiai gazdálkodás. Általános kérdések. Növénytermesztés. Állattenyésztés. Dinasztia kiadó, Budapest. 13-240.
 131. Reisinger, P. (1977): A gyomfelvételezés módszereinek összehasonlító vizsgálata. Növényvédelem. 13. (8) 359-361.
 132. Reisinger, P. (1979): Gyomvizsgálatok számítógéppel. XXI. Georgikon napok. Keszthely. 124-127.
 133. Reisinger, P. (1982): Gyomosságot és gyomirtási technológiát értékelő gépi programok. Növényvédelem. 18. (12) 566-568.
 134. Reisinger, P. (1985): A szója vegyszeres gyomirtásának tervezése számítógép segítségével. Növényvédelem. 21. (10) 459.
 135. Reisinger, P. (1988): Cönológiai felvételezésekre alapozott gyomirtás tervezés logikai rendszere búzában és kukoricában. Kandidátusi értekezés, Budapest pp. 159
 136. Reisinger, P. (1989): A növényvédelmi technológia tervezés problémái és megoldásuk korszerű módozatai. Új irány a növényvédelem fejlesztésében. Pécs. Konferencia Kiadvány 7-19.
 137. Reisinger, P. (1990): Az őszi búza gyomirtását optimalizáló számítógépes program. Operációkutatás és számítástechnika a mezőgazdaságban. Keszthely. 223-224.
 138. Reisinger, P. (2001a): Weed surveys on farmlands in Hungary (1947-2000). Magyar Gyomkutatás és Technológia. 2. (1) 3-15.
 139. Reisinger, P. (2001b): A mezőgazdasági területek gyomnövényzetének felvételezése Magyarországon (1947-2000). Magyar Gyomkutatás és Technológia. 2. (1) 65-68.

-
140. Reisinger, P., Kőmíves, T., Lajos, M., Lajos, K., Nagy, S. (2001): Veszélyes gyomfajok táblán belüli elterjedésének térképi ábrázolása a GPS segítségével. Magyar Gyomkutatás és Technológia. 2. (2) 25-33.
 141. Reisinger, P., Pálmai, O., Kőmíves, T., Lehoczky, É., Nagy, S. (2002): A gabonatarló gyomflórájának gyomprognózis értéke. Agrárinformatika 2002 Informatikai kutatások, fejlesztések és alkalmazások az agrárgazdaságban és a vidékfejlesztésben. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, 2002. augusztus 27-28. Konferencia kiadvány CD
 142. Reisinger, P., Kőmíves, T., Nagy, S. (2003a): Vizsgálatok a gyomfelvételezési mintasűrűsége vonatkozóan precíziós gyomszabályozás tervezéséhez. Növényvédelem. 39. (9) 413-419.
 143. Reisinger, P., Nagy, S., Páli, O., Szabó, B., Zemán, Z. (2003b): Gyomnövényzet vizsgálatok hántott és hántatlan tarlón. Magyar Gyomkutatás és Technológia. 4. (1) 31-44.
 144. Reisinger, P., Nagy, S., Sárkány, V. (2003c): Gyomflóra vizsgálatok őszi búzában 10 éves monokultúrás kukoricatermesztést követően. Magyar Gyomkutatás és Technológia. 4. (2) 57-63.
 145. Reitz, P. (1992): Ertragskartierung Technische Einrichtungen für den Mährescher. Landtechnik. 47. (6) 273-276.
 146. Rew, L. J., Cousens, R. D. (2001): Spatial distribution of weeds in arable crops: a current sampling and analytical methods appropriate. Weed Research. 41. 1-18.
 147. Rew, L. J., Whelan, B., McBratney, A. B. (2001): Does kriging predict weed distributions accurately enough for site-specific weed control? Weed Research. 41. 245-264.
 148. Rudowski, G. (1982): Az infratelevízió és alkalmazásai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest

-
149. Sági, F. (1996): Precíziós gazdálkodás az EU-ban, különös tekintettel a termés biológiai értékének növelésére. Tématanulmány Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest.
 150. Sipos, G. (1965): Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó Budapest
 151. Sökefeld, M., Gerhards, R., Therburg, R. D., Nabout, A., Jacobi, R., Lock, W., Kühbauch, W. (2002): Multispektrale-Bildanalyse zur Erfassung von Unkraut und Blattkrankheiten. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection). Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart. Sonderheft XVIII. 437-442.
 152. Stafford, J. V., Le Bars, J. M., Ambler, B. (1996): A hand-held datalogger with integral GPS for producing weed maps by field walking. Computers and Electronics in agriculture. 14. 235-247.
 153. Stafford, J. V., Miller, P. C. H. (1996): Spatially variable treatment of weed patches. In: Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture. Minneapolis, USA. 465-474.
 154. Steckler, J. P., Brown, R. B. (1993): Prescription maps for herbicide sprayer control. American Society of Agricultural Engineers Paper No. 93-1070, St. Josephs, MI, USA. pp. 18
 155. Székely, Cs., Kovács, A., Györök, B. (2000): The practice of precision farming from economic point of view. Gazdálkodás, Special edition 44. (1). 56-65.
 156. Székely, Cs., Kovács, A., Zerényi, E. (2000): A precíziós gazdálkodás ökonómiai értékelése. Gazdálkodás. 44. (5) 1-10.
 157. Tamás, J. (2000): Térinformatika I. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar. pp. 292.
 158. Tamás, J. (2000): Térinformatika II. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar. 293-399.

-
159. Tamás, J. (2001): Precíziós mezőgazdaság. Mezőgazdasági szaktudás Kiadó, Budapest. pp. 144
 160. Tamás, J., Lénárt, Cs. (2003): Terepi Térinformatika és a GPS Gyakorlati alkalmazása. Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar. pp. 199
 161. Terpó, I. (1985): Gyomirtási technológia ellenőrzése légi fotózás segítségével. Növényvédelem. 21. (11) 502-503.
 162. Thenkabail, P. S., Smith, R. B., DePauw, E. (2000): Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. Remote Sens. Environ. 71. 158-182.
 163. Thompson, J. F., Stafford, J. V., Miller, P. H. C. (1991): Potential for automatic weed detection and selective herbicide application. Crop Protection. 10. 254-259.
 164. Tian, L. (2002): Development of a sensor-based precision herbicide application system. Computers and Electronics in Agriculture. 36. 133-149.
 165. Tillett, N. D., Hague, T., Miles, S. J. (2001): A field assessment of a potential method for weed and crop mapping on the basis of crop planting geometry. Computers and Electronics in Agriculture. 32. (3) 229-246.
 166. T-né, Gy. K., (2002): Növényvédő szer használat csökkentés és a precíziós gazdálkodás összefüggései. Óvári Tudományos Napok 2002. október 3-4. Konferencia kiadvány CD
 167. Tóth, Á. (1988): A III. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés főbb eredményei. Növényvédelem. 24. (9) 414.
 168. Tóth, Á. (1999): Gyomfelvételezés – negyedszer. Magyar Mezőgazdaság. 1999. január 14-15.
 169. Tóth, Á., Benécsné, B. G., Balázs, Gy. (1999): Results of national weed surveys on arable land during the past 50 years in Hungary. Crop Protection Conference on Weeds, Brighton, UK. 3. 805-810.

-
170. Tóth, Á., Molnár, J., Török, T., Fekete, A. (1989): Előzetes tájékoztató a III. Országos Szántóföldi Gyomfelvételezés fontosabb eredményeiről. *Növényvédelem*. 26. (8) 374-377.
 171. Tóth, Á., Spilák, K. (1998): A IV. országos gyomfelvételezés tapasztalatai. *Növényvédelmi Fórum*. Keszthely. p. 49.
 172. Tóth, Á., Török, T. (1990): Tizenkét jelentős kárral fenyegető gyomnövény országos felmérése. *Földművelésügyi Minisztérium, Növényegészségügyi és Földvédelmi Főosztály*. Budapest. pp. 170
 173. Töröcsik, P., Petró, E., Antal, A., Füzesi, I. (1989): A segédmotoros sárkányrepülőgép felhasználása a mezőgazdasági távérzékelésben. *Növényvédelem*. 25. (7) 316.
 174. Ujvárosi, M. (1957): *Gyomnövények, gyomirtás*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 786
 175. Ujvárosi, M. (1970): Összehasonlító gyomnövényzet-vizsgálatok egy állami gazdaságban és két termelőszövetkezetben. *Növényvédelem*. 6. (3) 114-124.
 176. Ujvárosi, M. (1971): A gyomnövényzet ökológiai viszonyai és összetétele a szántóföldi termőhelyeken. *Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, Budapest*, pp. 108
 177. Ujvárosi, M. (1973a): *Gyomnövények*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 833
 178. Ujvárosi, M. (1973b): *Gyomirtás*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 288
 179. Ujvárosi, M. (1975): A második Országos Gyomfelvételezés szántóföldeken. I-VI. kötet, *MÉM Term. és Műszaki Fejl. Főoszt. és Növényvéd. Főoszt.*, Budapest. pp. 2047
 180. Wang, N., Zhang, N., Dowell, F. E., Sun, Y., Peterson, D. E. (2001): Design of an optical weed sensor using plant spectral characteristics. *Transactions of the Asae*. 44. (2) 409-419.

-
181. Wartenberg, G., Dammer, K. H. (2000): Unkrautererkennung im Echtzeitbetrieb – Möglichkeiten und Probleme. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection). Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart. Sonderheft XVII. 187-194.
 182. Webster, T. M., Cardina, J. (1997): Accuracy of a global positioning system (GPS) for weed mapping. Weed Technology. 11. (4) 782-786.
 183. Weltzien, C. (2003): GPS-Empfänger im Test. Top Agrar. 7. 72-74.
 184. Winkler, G. (1991): Információgyűjtő módszerek a távérzékelésben. Műegyetemi Kiadó, Budapest. 73-88.
 185. Woebbecke, D. M., Meyer G. E., Von Barrgen K., Mortensen D. A. (1995): Color indices for weed identification under various soil, residue and lighting conditions. Transactions of the ASAE. 37. (2) 365-375.
 186. Zwerger, P., Malkomes, H.-P., Nordmeyer, H., Söchting, H.-P., Verschwele, A. (2004): Unkrautbekämpfung: Gegenwart und Zukunft – aus deutscher Sicht. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection). Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart. Sonderheft XIX. 27-38.

MELLÉKLETEK

Ábrák jegyzéke

1. ábra: A fenntartható fejlődés és a precíziós növényvédelem összefüggései
2. ábra: Főbb különbségek a hagyományos és a precíziós gazdálkodás között
3. ábra: A precíziós mezőgazdaság feltételrendszere
4. ábra: A GPS műholdjainak keringési pályái
5. ábra: Rossz és jó műhold geometria a GPS helymeghatározás során
6. ábra: A vezérlő szegmens támaszpontjai
7. ábra: A GPS mérés hibáiból eredő pontatlanság nagyságai
8. ábra: A térinformatika rendszerelméleti helye
9. ábra: Vektoros és raszteres ábrázolás
10. ábra: Vektor és raszteradatok grafikus jellemzése
11. ábra: Bispektrális online gyomfelismerő rendszer elemei
12. ábra: Az RDS rendszer elemei
13. ábra: Közvetlen adagolású permetezőgép elvi felépítése
14. ábra: Pontszerű mintavételi technikák
15. ábra: Az on-line képfeldolgozás folyamata
16. ábra: A távérzékelés elvi modellje
17. ábra: Az elektromágneses spektrum egy része
18. ábra: A kaolinit, a zöld növényzet és az agyagos üledék reflexiós görbéi

19. ábra: A távérzékelés lehetőségei a különböző magasságokból
20. ábra: Mérőkamerával készült légi fotó
21. ábra: A Tetracam ADC multispektrális digitális fényképezőgép
22. ábra: Egy multi- és egy hiperspektrális reflexiós görbe közötti spektrális felbontásbeli különbség
23. ábra: Az Earth Search Sciences Probe-1 típusú, 128 csatornás hiperspektrális szenzora
24. ábra: Gyomfelvételezés és DGPS-el történő helymeghatározás a siklósi kísérleti táblán
25. ábra: A gyomfelvételezési mintaterületek elhelyezkedése a siklósi táblán
26. ábra: A mintaterületek elhelyezkedése a mosonmagyaróvári táblán (elvi vázlatrajz)
27. ábra: A gyomtérképek készítése során alkalmazott simítási függvény (Forrás: ERDAS 1999)
28. ábra: Gyomfelvételezések a baracskai kísérleti táblán (2001-2002)
30. ábra: A *Datura stramonium* a mosonmagyaróvári tenyészedenyes kísérletben 2002. május 5-én
31. ábra: Az *Ambrosia artemisiifolia* a mosonmagyaróvári kísérletben 2002. május 5-én
32. ábra: Egy *Panicum miliaceum* parcella a sopronhorpácsi kísérletben
33. ábra: A tatai kísérleti terület 75 m magasságból.
34. ábra: *Amaranthus retroflexus* tanulóterület a baracskai táblán 40 m magasságból
35. ábra: Az ortofotó készítéséhez szükséges illesztőpont kijelölése a baracskai táblán

36. ábra: Mintaterek fényképezése multispektrális kamerával egy mosonmagyaróvári kísérleti területen
37. ábra: A mintaterek borítási intervallum szerinti megoszlása a baracscai táblán
38. ábra: A *Datura stramonium* előfordulása a baracscai őszi búza tarlón
39. ábra: A *Cirsium arvense* foltszerű elterjedése a baracscai tarlón
40. ábra: A *Cannabis sativa* és a *Papaver rhoeas* elterjedése a baracscai táblán (2003. április, őszi búza)
41. ábra: Az összes gyomborítottság eloszlása a mosonmagyaróvári tarlón (2002. szeptember)
42. ábra: A *Chenopodium hybridum* eloszlása a mosonmagyaróvári tarlón
43. ábra: A *Mercurialis annua* előfordulása a mosonmagyaróvári tarlón
44. ábra: A *Cirsium arvense*, a *Datura stramonium*, az *Amaranthus retroflexus* és a *Helianthus annuus* elterjedése a baracscai táblán
45. ábra: Az összes gyomborítottság a siklósi táblán
46. ábra: A *Cirsium arvense* és a *Lepidium draba* foltszerű előfordulása a mosonmagyaróvári táblán
47. ábra: A *Cirsium arvense*, a *Convolvulus arvensis*, a *Polygonum amphibium* és az *Asclepias syriaca* foltjai a baracscai táblán
48. ábra: Az Arany-féle kötöttség és a humusztartalom eloszlása a baracscai táblán
49. ábra: A K_A és a *D. stramonium* eloszlása a baracscai táblán pozitív korrelációt mutat
50. ábra: A K_A és a *C. sativa* eloszlása a baracscai táblán negatív korrelációt mutat

51. ábra: A H % és a *C. hybridum* eloszlása a baracscai táblán pozitív korrelációt mutat
52. ábra: A H % és a *C. sativa* eloszlása a baracscai táblán negatív korrelációt mutat
53. ábra: A *C. sativa* borításának változása a baracscai táblán 2001. szeptember és 2002. április között
54. ábra: A *D. stramonium* borítása a baracscai táblán 2001. szeptemberében, 2002. május 9-én és 2002. május 25-én.
55. ábra: A tankolásonként változtatható gyomirtási technológia végrehajtási módja a mosonmagyaróvári táblán
56. ábra: 600 m magasságból, színes diára készített légi felvétel a baracscai őszi búza tarlóról
57. ábra: Az előbbi felvétel egy, az ellenőrizetlen klasszifikáció után kapott feldolgozása
58. ábra: A korrelációs értékek az optikai és a becsléses módszerek között (43 mintatér) a mosonmagyaróvári kísérleti táblán
59. ábra: A korrelációs értékek az optikai és a becsléses módszerek között (32 mintatér) a mosonmagyaróvári kísérleti táblán

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A távérzékeléssel készített képek térbeli felbontásának átalakítása adatpontokká
2. táblázat: A gyomok dominancia sorrendje és átlagos borítása a baracskai táblán
3. táblázat: Az egyes gyomcsoportok összes borításai és azok %-os borítási aránya a baracskai táblán
4. táblázat: Az egyes életformák összes borításai és azok %-os borítási aránya a baracskai táblán
5. táblázat: A gyomok dominancia sorrendje és átlagos borítási értékei a siklósi táblán
6. táblázat: A gyomok gyakorisági sorrendje (a mintaterék %-ában) a siklósi táblán
7. táblázat: Az életforma csoportok átlagos borításának aránya a siklósi táblán
8. táblázat: Az egy- és kétszikű gyomok és átlagos borításának aránya a siklósi táblán
9. táblázat: A gyomfajok dominancia sorrendje egy mosonmagyaróvári táblán a különböző módon kijelölt mintatereken
10. táblázat: A gyomfajok dominancia sorrendje a mosonmagyaróvári táblán az egyes táblarészekben a teljes táblához viszonyítva

11. táblázat: A legjelentősebb gyomfajok dominancia sorrendje, átlagos borítása és előfordulási gyakorisága az összes mintatér százalékában (Konstancia érték) a mosonmagyaróvári táblán
12. táblázat: A gyomfoltok méret szerinti megoszlása, összes és átlagos területe és borítási aránya a mosonmagyaróvári táblán
13. táblázat: A gyomfoltok területei (m²) a baracskai táblán (félkövér jelölés: a foltban több faj is előfordul)
14. táblázat: A gyomfoltok méret szerinti eloszlása, a gyomfajok által borított terület (m²), az átlagos foltméret (m²) és területarány fajonként (%) a baracskai táblán
15. táblázat: Egy talaj-gyom GIS rendszer lehetséges adatstruktúrája
16. táblázat: A gyomborítási adatok változása 2001. szeptember és 2002. április között (a jelölt gyomfajok előfordulása eltért az előzetes várakozásoktól) a baracskai táblán
17. táblázat: A gyomborítási adatok változása 2001. szeptember, 2002. április és május között az alapkezelt baracskai táblarészen
18. táblázat: A gyomborítási adatok változása 2001. szeptember, 2002. április és május között a baracskai nem alapkezelt táblarészen
19. táblázat: A 43 mintatér adatfeldolgozásának statisztikai eredményei egy mosonmagyaróvári táblán
20. táblázat: A 32 mintatér adatfeldolgozásának statisztikai eredményei a mosonmagyaróvári táblán

1. Melléklet

A dolgozatban előforduló fontosabb kifejezések magyarázata (A szerző értelmezése szerint).

Attribútum: a térinformatikai rendszerekben a pozíciókhoz rendelt leíró adat, amely az adott pont jellemzésére szolgál.

Canopy-érték: az összes növényborítás %-os formában kifejezve.

Centrális leképezés: pont középpontú felvét elkészítés.

Digitális domborzatmodell: terepen mért pontokhoz tartozó magassági adatok feldolgozásával, térinformatikai program segítségével készített háromdimenziós modell.

Fenntartható fejlődés: olyan fejlődés, amely úgy biztosítja a jelen generációk igényeit, hogy nem veszélyezteti annak lehetőségét, hogy a következő generációk is a megfelelő szinten kielégíthessék azokat.

Gyomdetektálás: a gyomnövények optikai úton történő rögzítése, szín- és alaktulajdonságok szerinti elkülönítése és azonosítása.

Helyspecifikus tápanyag kijuttatás: olyan tápanyag visszapótlás, amely figyelembe veszi a talaj heterogenitását és az adott táblarészekben az ott indokolt mennyiségű és összetételű tápanyagokat juttatja ki.

Hozamtérképezés: a betakarítás során a tábla egyes pontjain a betakarított növény termésének mérését és annak földrajzi eloszlásának ábrázolását jelenti.

Integrált növényvédelem: az egyes védekezési eljárások (biológiai, agrotechnikai, fizikai, nemesítési és kémiai eljárások összessége, amelynek célja az indokolt, gazdaságos és környezetkímélő módszerek alkalmazás, a növényvédőszer-felhasználás csökkentése.

Integrált termesztés: olyan komplex növénytermesztési rendszer, amely minden eljárásában a környezetkímélő, növényvédőszer-takarékos eljárásokat részesíti előnyben.

Minimális talajművelés: olyan talajművelési eljárások összessége, amely energia- és víztakarékosági szempontok alapján a lehető legkevesebb beavatkozást jelent.

Ortofotó: távérzékeléssel nyert felvételek terepen kijelölt, ismert helyzetű illesztőpontok felhasználásával digitális domborzatmodellre „simított”, a képpontokat torzulás nélkül ábrázoló változata.

Ökológiai gazdálkodás: a mesterséges tápanyagok és növényvédő szerek és más, a mezőgazdaságban alkalmazott kémiai anyag teljes mellőzését célzó, természetközeli gazdálkodási rendszer.

Pixel: képpont, egy kép alapegysége

Szisztematikus mintatér kijelölés: valamilyen rendszer, elv alapján következetesen elvégzett kijelölés.

Valós idejű eljárás: olyan folyamat, amely során a tanulmányozott jelenség észlelése, mérése, elemzése és az annak megfelelő kezelés gyakorlatilag egyidőben, azonnal történik.

Zéró talajművelés: olyan művelés, amely esetében a vetés előzetes talajművelés nélkül történik meg az elővetemény tarlójába (direktvetés).

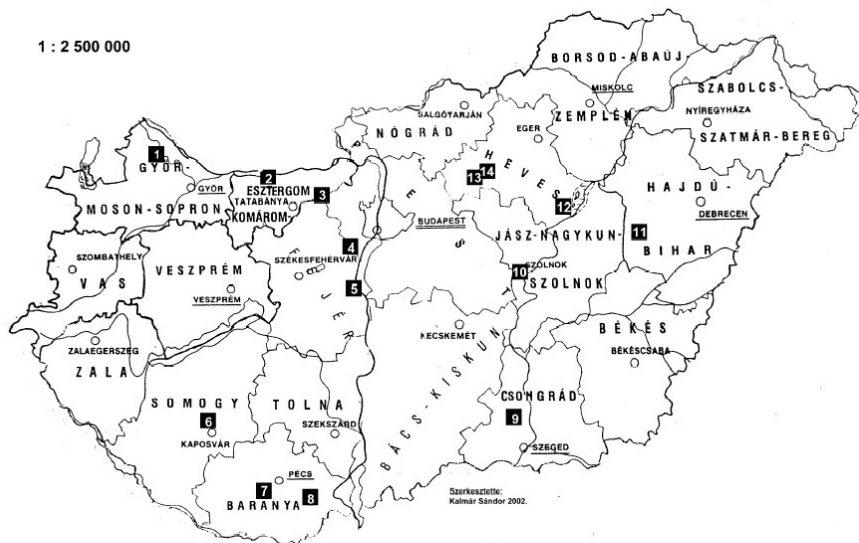
2. Melléklet

Precíziós mezőgazdasággal és térinformatikával kapcsolatos témájú weboldalak (Forrás: Internet 2004)

http://geo.arc.nasa.gov	Műholdak és szenzorok
http://gissserver1.date.hu	Precíziós mezőgazdaság, további Internet címek
www.agrocom.de	Precíziós mezőgazdaság
www.asdi.com	Hiperspektrális spektrométerek
www.bekes.hu	Térinformatika
www.earthsearch.com	Hiperspektrális felvételek készítése
www.erdas.com	Az ERDAS Inc. Honlapja
www.esri.com	Az ESRI cég honlapja
www.esrihu.hu	Az ESRI magyarországi képviselője
www.eurosense.com	Légifelvételek készítése
www.fomi.hu	Távérzékelés, térképek
www.gps.hu	Műholdas helymeghatározás
www.gps.lap.hu	Információk a GPS-ről
www.kertis.hu	GPS eszközök
www.leica-geosystems.com	GPS eszközök
www.magellan.com	GPS eszközök
www.rdstechnology.co.uk	Precíziós mezőgazdaság
www.telecopter.hu	Légifelvételek készítése
www.tetracam.com	Multispektrális eszközök
www.trimble.com	GPS eszközök, precíziós mezőgazdaság

3. Melléklet

A precíziós mezőgazdaságot folytató és folytatni kívánó üzemek és gazdaságok Magyarországon, 2002. (Forrás: Kalmár 2002)



Forrás: saját vizsgálatok

1. Mosonmagyaróvár (4); 2. Ács; 3. Bicske; 4. Baracska; 5. Adony; 6. Nák;
7. Bicsérd; 8. Boly; 9. Szentés; 10. Szolnok; 11. Nádudvar; 12. Kisköre (4)
13. Gyöngyös (1); 14. Nagyréde

4. Melléklet

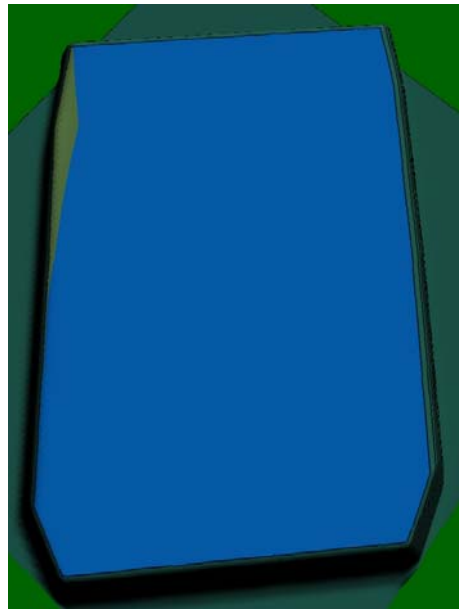
A szerző által készített három dimenziós gyomtérképek

- Baracska: őszi búza tarló
 őszi búza
 kukorica, nem alapkezelt
- Mosonmagyaróvár: őszi búza tarló

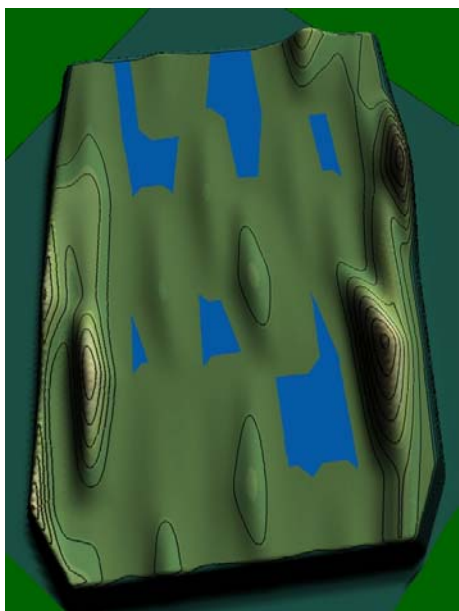
Baracska, őszi búza tarló



Panicum miliaceum



Ambrosia artemisiifolia



Amaranthus retroflexus

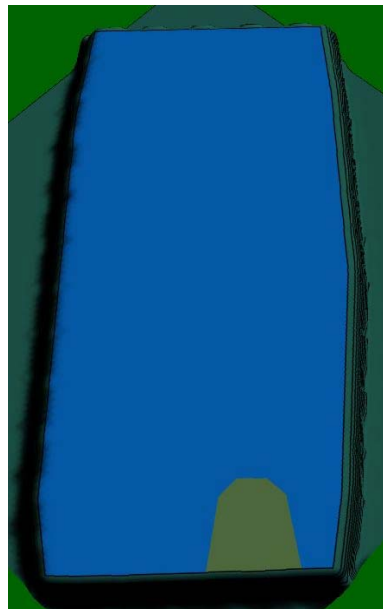


Chenopodium album

Baracska, őszi búza



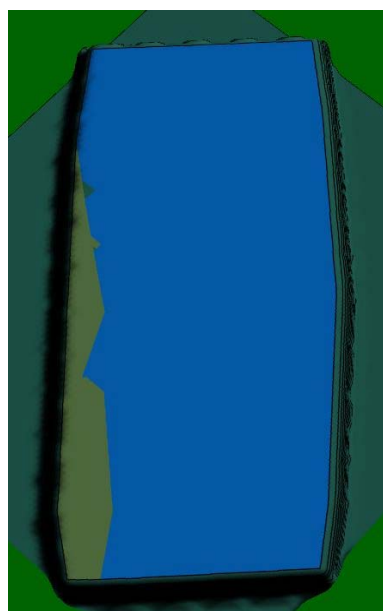
Sysimbrium sophia



Matricaria inodora



Bilderdykia convolvulus



Ambrosia artemisiifolia

Baracska, kukorica, nem alapkezelt

Convolvulus arvensis

Cannabis sativa



05. 09.



05. 25.

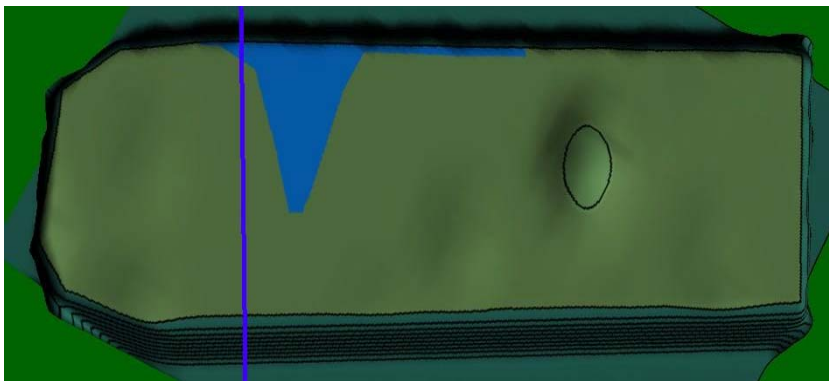


05. 09.

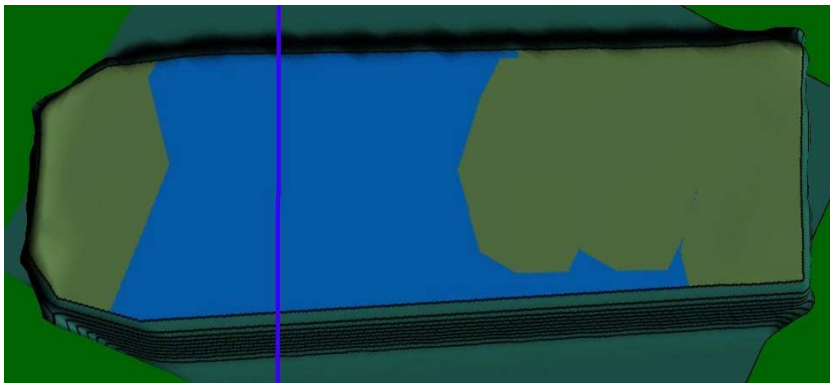


05. 25.

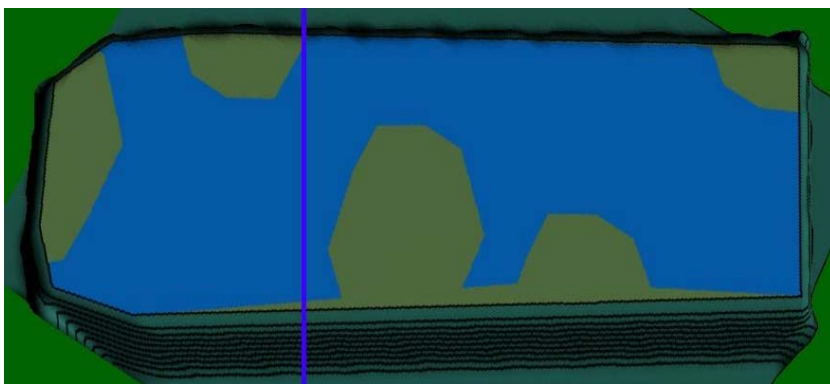
Mosonmagyaróvár, őszi búza tarló



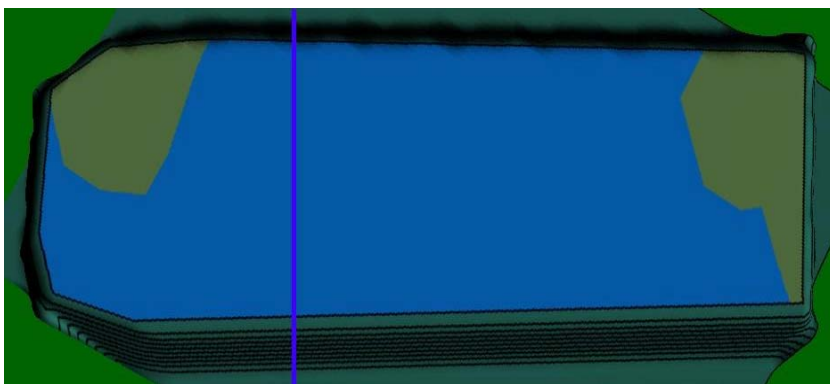
Chenopodium album



Amaranthus chlorostachys



Convolvulus arvensis



Datura stramonium

5. Melléklet

A leggyakrabban használt vegetációs indexek (Forrás: Internet)

NIR: közeli infravörös spektrum (Near InfraRed) red: vörös

RVI: Ratio-based Vegetation Index (Jordan 1969)

$$\text{RVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{Red}}$$

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index (Rouse et al. 1973)

$$\text{NDVI} = \frac{\text{RVI}-1}{\text{RVI}+1}$$

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR}-\text{red}}{\text{NIR}+\text{red}}$$

IPVI: Infrared Percentage Vegetation Index (Crippen 1990)

$$\text{IPVI} = \frac{\text{NDVI}+1}{2}$$

$$\text{IPVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{NIR}+\text{red}}$$

DVI: Difference Vegetation Index (Lillesand és Kiefer 1987)
(Richardson és Everitt 1992)

$$\text{DVI} = \text{NIR} - \text{red}$$

PVI : Perpendicular Vegetation Index (Richardson és Wiegand 1977)

$$\text{PVI} = \sin(a)\text{NIR} - \cos(a)\text{red}$$

a: a talajfelszín és a NIR sugarai által bezárt szög

WDVI: Weighted Difference Vegetation Index (Clevers 1988)

$$\text{WDVI} = \text{NIR} - (g * \text{red})$$

g: a lejtő hajlásszöge

SAVI: Soil Adjusted Vegetation Index (Huete 1988)

$$\text{SAVI} = \frac{\text{NIR} - \text{red}}{\text{NIR} + \text{red} + L} * (1 + L)$$

L: korrekciós tényező. 0: igen magas növényborítás, 1: nagyon alacsony növényborítás

TSAVI: Transformed Soil Vegetation Index (Baret et al. 1989)
(Baret és Guyot 1991)

$$\text{TSAVI} = \frac{s(\text{NIR} - s * \text{red} - a)}{(a * \text{NIR} + \text{red} - a * s + X * (1 + s * s))}$$

s: a lejtő hajlásszöge, a: a talajfelszín és a NIR sugarai által bezárt szög
X: korrekciós tényező, a talaj hatást minimalizálja, eredeti értéke: 0,08

MSAVI: Modified Soil Adjusted Vegetation Index (Qi et al. 1994)

$$\text{MSAVI} = \frac{\text{NIR} - \text{red}}{\text{NIR} + \text{red} + L} (1 + L)$$

$$L = 1 - 2 * s * \text{NDVI} * \text{WDVI}$$

s: a lejtő hajlásszöge

MSAVI2: second Modified Soil Adjusted Vegetation Index
(Qi et al. 1994)

$$\text{MSAVI2} = (1/2) * (2(\text{NIR}+1) - \sqrt{(2 * \text{NIR}+1)^2 - 8(\text{NIR}-\text{red})})$$

sqrt: négyzetgyök

GEMI: Global Environmental Monitoring Index
(Pinty és Verstraete 1991)

$$\text{GEMI} = \text{eta} * (1 - 0.25 * \text{eta}) - \frac{\text{red} - 0.125}{1 - \text{red}}$$

$$\text{ahol eta} = \frac{2 * (\text{NIR}^2 - \text{red}^2) + 1.5 * \text{NIR} + 0.5 * \text{red}}{\text{NIR} + \text{red} + 0.5}$$

ARVI: Atmospherically Resistant Vegetation Index
(Kaufman és Tanre 1992)

$$\text{ARVI} = \frac{\text{NIR} - \text{rb}}{\text{NIR} + \text{rb}}$$

ahol : rb = red - gamma*(red - blue) és gamma általában = 1

GVI: Green Vegetation Index (Jackson 1983, n sávra)

LANDSAT MSS esetén:

$$\text{GVI} = -0.29 * \text{MSS4} - 0.56 * \text{MSS5} + 0.60 * \text{MSS6} + 0.49 * \text{MSS7}$$

LANDSAT TM esetén:

$$\text{GVI} = -0.2848 * \text{TM1} - 0.2435 * \text{TM2} - 0.5436 * \text{TM3} + 0.7243 * \text{TM4} + 0.0840 * \text{TM5} - 0.1800 * \text{TM7}$$

6. Melléklet

Műholdak és az általuk hordozott szenzorok fontosabb jellemzői (forrás: Internet)

Műhold	Fejleszt. ország	Indítás éve	Szenzor típusa	Térbeli felbontás (a felszínen, m)					Adatszolg. terület (km)	Visszatérési idő (nap)
				PAN	VNIR	SWIR	TIR	SAR/sáv		
Landsat-5	USA	1984	TM		30	30	120		185	16
NOAA-10	USA	1985	AVHRR		1000	1000	1000		3000	0,5
IRS 1-A	India	1988	LISS 1		72				148	22
			LISS 2		36				74	22
Resurs-O1 N2	CIS	1988	MSU-SK		170		600		600	2-4
SPOT-2	France	1990	HRV	10	20				60	1-26
ERS-1	ESA	1991	AMI-SAR					30/C	100	16-35
			ATSR-1		1000	1000	50000		500	16-35
IRS 1-B	India	1991	LISS 1		72				148	22
			LISS 2		36				74x2	22
Meteosat-5	Europe	1991	VISSR	2500			5000		Hemisphere	0,02
NOAA-12	USA	1991	AVHRR/2	1100	1100	1100			3000	0,5
TOPEX/Poseidon	F/USA	1992	ALT					2000/K	NA	10
Meteosat-6	Europe	1993	VISSR	2500			5000		Hemisphere	0,02
GOES-8	USA	1994	Imager		1000, 4000				Hemisphere	0,02
			Sounder	10000	10000	10000			Hemisphere	0,02
IRS-P2	India	1994	LISS 2		36				132	24
NOAA-14	USA	1994	AVHRR/2		1000	1000	1000		3000	0,5
Resurs-O1 N3	CIS	1994	MSU-SK		170		600		600	2-4
ERS-2	ESA	1995	AMI-SAR					30/C	100	16-35
			ATSR-2		1000	1000	50000		500	16-35

Műhold	Fejleszt. ország	Indítás éve	Szenzor típusa	Térbeli felbontás (a felszínen, m)					Adatszolg. terület (km)	Visszatérési idő (nap)
				PAN	VNIR	SWIR	TIR	SAR/sáv		
GOES-9	USA	1995	Imager		1000, 4000				Hemisphere	0,02
			Sounder		10000	10000	10000		Hemisphere	0,02
IRS-1C	India	1995	PAN	6					70	5-24
			LISS 3		23	70			142-148	24
			WiFS		188	188			774	5-24
Radarsat	Canada	1995	SAR					10-100/C	45-500	4-6
IRS-P3	India	1996	MOS		500				200	5
			WiFS		188	188			770	5
Priroda/Mir	CIS	1996	MOMS-2P		6	16			44-88	14
			MSU-SK		120-300		600		350	14
IRS-1D	India	1997	PAN	6					70	5-24
			LISS 3		23	70			142-148	24
			WiFS		188	188			774	5-24
Meteosat-7	Europe	1997	VISSR	2500			5000		Hemisphere	0,02
OrbView-2 (SeaStar)	USA	1997	SeaWiFS		1100-4500				1500-2800	1-2
TRMM	USA Japan	1997	PR					4,3 km	220	0,067
			TMI					4-38 km	790	0,067
SPOT-4	France	1988	2x HRV-IR	10	10, 20	10, 20			60	3
			Vegetation		1000	1000			2200	1
Landsat 7	USA	1999	ETM+	15	30	30	30		185	16
Ikonos	USA	1999	Ikonos	1	4				300	11
CBERS	China	1999	CCD	20	20	20			120	3-26
			IR-MSS	80		80	80		120	26

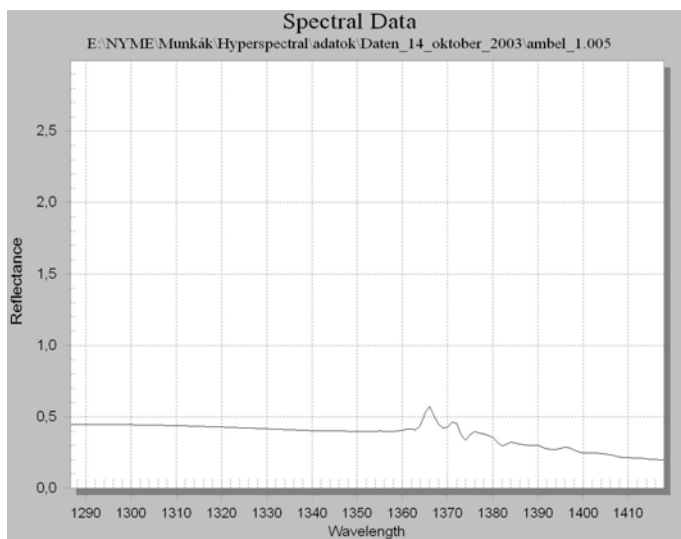
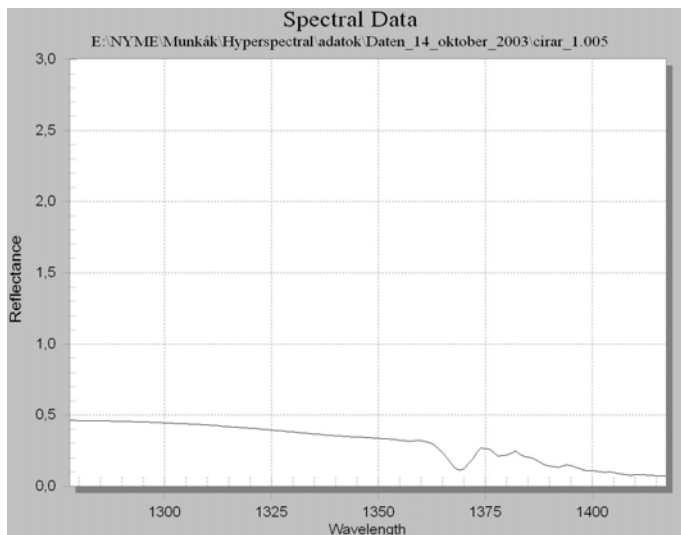
Műhold	Brazil		WFI		260	260			900	3-5
	Fejleszt. ország	Indítás éve	Szenzor típusa	Térbeli felbontás (a felszínen, m)					Adatszolg. terület (km)	Visszatérési idő (nap)
				PAN	VNIR	SWIR	TIR	SAR/sáv		
Terra (EOS AM-1)	USA	1999	ASTER		15	20	90		60	16
			MISR	240, 480, 960, 1900					304-408	2-9
	Japan	MODIS	250, 500, 1000					2300	2	
NOAA-L	USA	2000	AVHRR		1100	1100	1100		3000	0,5
OrbView-3	USA	(TBD)	Orbview-3	1	4				8	3
Aries-1	Australia	(TBD)	ARIES	10	30	30			15	7
Aqua (EOS PM-1)	USA	2002	MODIS	250, 500, 1000		500, 100	1000		2300	2
ENVISAT-1	ESA	2002	AATSR		1000	1000	1000		512	3
			ASAR					30/C	100	3
			MERIS		300, 1200				300, 575, 1150	3
Quickbird-2	USA	2001	Quickbird	1	4				22	1-5
NOAA-M	USA	2002	AVHRR		1100	1100	1100		3000	0,5
Radarsat-2	Canada	2003	SAR					3-100/C	10-500	4-6
Resource21	USA	2005	Resource21		10	20	100		?	7
ADEOS-2	Japan	2002	GLI		250	250	1000		1600	4
ALOS	Japan	2004	AVNIR-2	3	10-15				35-70	2,45
			PALSAR					10, 100/L	70-350	45
Resurs-O2	CIS	TBD	MSU-SK		170		600		600	2-4
SPOT-5a	France	2002	HRG	5	10	20			60	3
			Vegetation		1000	1000			2200	1
NOAA-N	USA	2003	AVHRR		1100	1100	1100		3000	0,5
SPOT-5b	France	2004	HRG	5	10	20			60	3

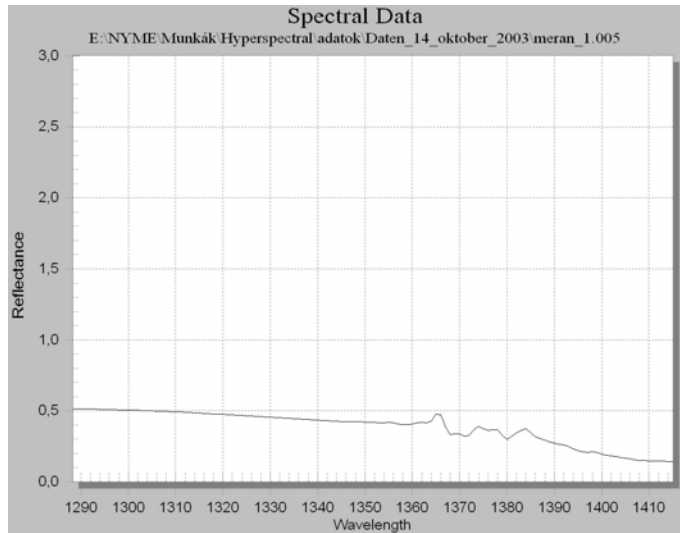
Műhold	Fejleszt. ország	Indítás éve	Vegetation	1000		1000	2200		1
			Szenzor típusa	Térbeli felbontás (a felszínen, m)					Adatszolg. terület (km)
			PAN	VNIR	SWIR	TIR	SAR/sáv		
EOS AM-2	USA	2004	MISR	240, 480, 960, 1900				304-408	9
			MODIS	250, 500, 1000	500, 1000	1000		2300	2
Almaz-1b	CIS	2005	MSU-E2	10				24	3
			MSU-SK	170			600	300	3
			SROMN	600	600	600		1100	3
			SAR-3				5-7/X	20-30	3
			SAR-10				5-30/S	20-170	3
			SAR-70				30/L	120-170	3
			SLR-3					5-700/X	450

- PAN: pankromatikus felvételi mód (Panchromatic)
 VIS: a látható spectrum (Visible)
 VNIR: látható közeli infravörös tartomány (Visible Near Infrared)
 SWIR: rövid hullámú infravörös (Short Wave Infrared)
 TIR: hosszúhullámú infravörös (Thermal Infrared)
 SAR: radarhullámok (C, K, L, P, S, X, Q, W: a különböző hullámhossz-tartományok)
 RIR: vörös közeli infra tartomány (Red Near Infrared)
 Alt: geoid- vagy tengerszint feletti magasság mérése (Altitude)
 CIS: Független Államok Közössége (Community of Independent States)
 ESA: Európai Űrügynökség (European Space Agency)
 Hemisphere: félteke

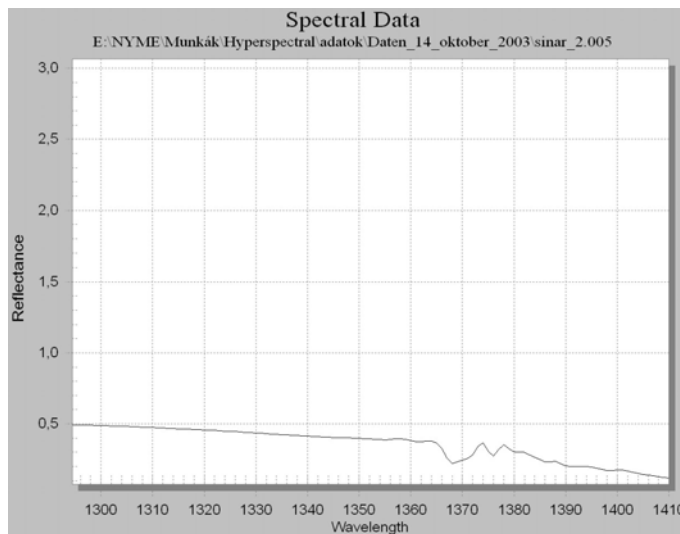
7. Melléklet

Egyes gyomfajok hiperspektrális reflexiós görbéi (Forrás: saját kísérlet)

*Ambrosia artemisiifolia**Cirsium arvense*



Mercurialis annua



Sinapis arvensis

Mérés: ASDI FieldSpecPro kézi spektrométerrel, az ábrákon a mért reflexiós görbék egy szakasza 1300 és 1400 nm között kinagyítva látható

A műszer 350 és 1050 nm között 1,4 nm,
1050 és 2500 nm között 2 nm-enként méri a reflexiót

8. Melléklet:

A Balázs-Ujvárosi cönológiai gyomfelvételezéshez felhasznált adatlap két oldala (Forrás: Reisinger és Kerekes)

Gyomfelvételezési eredménylap

Gazdaság vagy termelő neve:

Szektor: Kultúra:

Tábla száma, jele: Terület nagysága (ha):

Táblán belüli gyomfelvételezések száma:

Gyomfelvételezés ideje:

Gyomfelvételezést végezte:

Fenológiai állapot	Gyomnövény kódneve	Borítási %
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Reisinger P. doc.

