DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

BORSICZKY ISTVÁN

MOSONMAGYARÓVÁR
2018

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI TANSZÉK

WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI MULTIDISZCIPLINÁRIS DOKTORI ISKOLA

DOKTORI ISKOLA VEZETŐ:
DR. ÖRDÖG VINCE, DSC
EGYETEMI TANÁR

HABERLANDT GOTTLIEB NÖVÉNYTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

PROGRAMVEZETŐ:
DR. ÖRDÖG VINCE, DSC
EGYETEMI TANÁR

TÉMAVEZETŐ:
DR. REISINGER PÉTER, CSC
PROFESSOR EMERITUS

SZENZOR TECHNIKÁRA ALAPOZOTT HELYSPECIFIKUS GYOMSZABÁLYOZÁS HATÁSA A SZÁNTÓFÖLDI GYOMFLÓRA VÁLTOZÁSÁRA

KÉSZÍTETTE:
BORSICZKY ISTVÁN

MOSONMAGYARÓVÁR
2018

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

Szenzor technikára alapozott helyspecifikus gyomszabályozás hatása a szántóföldi gyomflóra változására

Írta:
BORSICZKY ISTVÁN

Készült a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola
Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Programja keretében

Témavezető: Prof. Dr. Reisinger Péter, CSc, professor emeritus

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

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

Mosonmagyaróvár, ……

…….
a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr. ……) igen/nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. ……) igen/nem

(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr. ……) igen/nem

(aláírás)

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

Mosonmagyaróvár, ……

A Bírálóbizottság elnöke

Doktori (PhD) oklevél minősítése……

Az EDT elnöke

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

Kivonat

A disszertáció a digitális mezőgazdaság egyik fontos témaköréről, a precíziós gyomszabályozás módszerfejlesztésének lehetőségeiről és irányairól szól. A szerző áttekintette a témához kapcsolódó hazai és nemzetközi kutatási eredményeket és megállapította, hogy számos előremutató kutatási eredmény mellett, sok területen a régi módszerek továbbfejlesztésére és a folyamat-irányítás újragondolására van szükség. Ezek érintik a térinformatikai, szenzortechnikai, terepi módszertani, adatáramlási, adatfeldolgozási és technológia-tervezési módszereket.

A kutatás eredményeként nemzetközileg is standardizálható gyomfelvételezési módszer jött létre, mely egy szabadalmazott, autonóm eszköz megtervezésében, megalkotásában és eredményes működésében testesült meg. Az őszi kalászosok terepi gyomfelvételezése a robottal időjárási tényezőktől függetlenül végezhető el, a nagy mintasűrűségű fotók kiértékelése herbológus szakember által, irodai körülmények között történik és az adatok elektronikus feldolgozása után flexibilis algoritmusok alkalmazásával elkészíthető a helyspecifikus gyomszabályozási technológia. Sok éves hazai és külföldi tapasztalatok alapján így 40-50 %-os herbicid megtakarítás érhető el, mely a gazdasági előnyökön túlmenően jelentős környezetvédelmi előnnyel is jár.

A szerző továbbá megvizsgálta a vegetációs index (NDVI) és a gyomosság összefüggését őszi gabonában. Megállapította, hogy a gyomnövények jelenléte az őszi gabonában torzítja a vegetációs index mérési eredményeit és ennek következtében hibás nitrogén fejtrágyázási technológia valósulhat meg.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A disszertációban leírt számos újszerűség mellett elsőként jelenik meg a „precíziós öko-gyomszabályozás” fogalma. A nagy pontosságú helymeghatározó eszközökkel vezérelt és optikai szenzorral kontrollált kultivátorral, valamint az arra szerelt ujjas gyomirtóval sikeresen oldották meg napraforgóban a herbicid-mentes, teljes mértékben mechanikai módszerekkel történő sor- és sorköz gyomszabályozást. A kísérletek során rámutattak arra, hogy a rendkívül nagy gyomosodási hajlammal rendelkező területeken az eredményes gyomirtási technológia elérésének melyek a kritikus pontjai. A napraforgóban végzett, pusztán mechanikai módszerekkel végrehajtott, eredményes gyomszabályozási technológia a jövőben alapul szolgálhat más tág térállású, öko-körülmények között termesztett növények gyomszabályozásához.

A dolgozatban leírtak nagymértékben hozzájárulnak a környezettudatos és jövedelmező digitális mezőgazdaság eredményeihez és a magyar agrárkutatás nemzetközi presztízsének növeléséhez.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

Abstract

The dissertation focuses on an important area of the digital agriculture, the development of site-specific weed control methods and directions. The author reviewed the relevant national and international research results and found that in addition to a number of forward-looking research results, in many areas the old methods should be improved, and a review of the process managements are required. These concern the field of GIS, sensor technology, methodological, data flow, data processing and technology-design practices.

As the result of the research an internationally standardizable weed mapping method has been created and demonstrated in the designing, creation and successful testing of a patented autonomous ground vehicle. Robotic weed mapping of winter cereals can be carried out almost regardless of weather conditions. The high-resolution photos can be evaluated by a professional in office conditions and after processing of data by flexible algorithms, the site-specific weed control technology can be created. Based on many years of domestic and foreign experience 40-50% herbicide savings can be achieved, which, in addition to the economic benefits have a significant environmental benefit too.

The author examined the relationship between the vegetation index (NDVI) and weed coverage in winter cereals. Found that the presence of weeds in winter cereals distorts the vegetation index measurements and the results can lead to a faulty nitrogen top-dressing technology.

In addition to the many novelties described in the dissertation appears in the term of "precision ecological weed control". The combination of GNSS tools and a highly accurate, sensor guided inter-row cultivator,

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

equipped with finger weeders proved to be a successful herbicide-free, fully mechanical weed control solution in organic sunflower. The experiments have demonstrated the critical points of an effective weed control technology on fields with high weed infestation potential. This effective, completely mechanical weed control technology, tested in sunflowers, can be adapted in ecological farming in other row-crops too in the future.

The novelties described in the thesis contribute to the results of the sustainable and profitable digital agriculture and increase the international prestige of the Hungarian agricultural research.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés 11

1.1. A kutatás előzményei, célkitűzések 14

1.2. A kutatási problémák meghatározása 14

1.2.1. Autonóm jármű használata a helyspecifikus gyomszabályozás off-line módszerének gyakorlati alkalmazhatóságának továbbfejlesztésében 15

1.2.2. Távérzékelésen és szenzortechnikán alapuló automatikus kijuttatásvezérlés 16

1.2.3. A precíziós öko-gazdálkodás feltételrendszere, valamint gyomszabályozási tapasztalatok bio-napraforgó termesztésében 16

1.3. Kutatási hipotézisek, kutatási célok 17

2. Irodalmi áttekintés 19

2.1. A precíziós mezőgazdaság létrejötte, fejlődése elsősorban a helyspecifikus gyomszabályozás szempontjából 19

2.2. A szenzortechnika és helymeghatározó eszközök alkalmazási területei a mezőgazdaságban és a gyomszabályozásban 23

2.2.1. Az elektromágneses spektrum, az elektromágneses hullámok reflexiója, abszorpciója és transzmissziója a növényi szövetekben 23

2.2.2. Fotokémiai reflektancia index, fluoreszcencia mérés 25

2.2.3. Vegetációs indexek 26

2.3. A szenzor- és műholdas technológia kutatásunkat érintő

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

alkalmazási területei 28

2.3.1. Képalkotó szenzorok által vezérelt autonóm járművek, műholdas navigációs rendszerek, valamint szenzorok által vezérelt erőgépek 28

2.4. Multispektrális szenzorok adatainak használata a munkagépek vezérlésében 31

2.4.1. Multispektrális, nem képalkotó szenzorok használata a gyomszabályozásban 33

2.4.2. Képalkotó szenzorok által vezérelt sorközművelő kultivátorok 34

2.5. A szenzortechnika fizikai alapjai, szín és alakfelismerés, különböző műszaki megoldások 38

2.5.1. Multi- és hiperspektrális szenzorok használata a gyakorlati gyomfelismerésben 38

2.5.2. Morfológiai vizsgálatok a gyomfelismerésben 40

2.6. Az alakfelismerésen alapuló rendszer alkotóelemei 41

2.6.1. Valós idejű, alakfelismerésen alapuló rendszerek 44

2.6.2. Felhő alapú, off-line gyomfelismerési technológia 46

2.6.3. Felhő alapú, valós idejű (on-line) gyomfelismerési technológia 48

2.6.4. Képminőség és gyomfelvételezés 49

2.7. Mintaszám, mintaméret és minta sűrűség problémái a gyomfelvételezés gyakorlatában 50

2.7.1. Technológiai fejlesztések és gyakorlat 51

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.8. Gyakorlati eredmények a helyspecifikus gyomszabályozásban 55

3. Anyag és módszer 61

3.1. Autonóm eszközök használata a helyspecifikus gyomszabályozás gyomfelvételezésének gyakorlatában ... 61

3.1.1. A gyomfelvételezés időpontja 61

3.1.2. Autonóm légi járművel végzett gyomfelvételezés 64

3.1.3. Állományban közlekedő autonóm járművel végzett gyomfelvételezés 70

3.1.4. Összehasonlító vizsgálatok az autonóm robot és a Balázs - Ujvárosi féle gyalogos gyomfelvételezési módszerek között. 75

3.2. Az NDVI index és a gyomosság összefüggései őszi búzában 79

3.2.1. Gyomfelvételezés és NDVI vegetációs index mérési vizsgálatok ismertetése 81

3.2.2. Mintaterületek NDVI vegetációs indexeinek mérései gyomtalanítás előtt és után- a vizsgálatok ismertetése..... 85

3.3. Gyomszabályozási vizsgálatok ökológiai gazdálkodásban termesztett napraforgóban 88

3.3.1. Agrotechnikai műveletek és csapadékviszonyok a táblán . 89

3.3.2. A precíziós vetés körülményei, fajta, vetési mélység, gép és robotpilóta rendszer..... 91

3.3.3. A kísérlet leírása 92

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.3.4. A sorközművelő kultivátor leírása 93

3.3.5. A sorközművelő kultivátor és ujjas gyomirtó beállítása 96

3.3.6. Első mechanikai gyomirtás a kísérleti területen 99

3.3.7. A kísérlet kiértékelésének módszere 101

3.3.8. Az abszolút kontroll területek kiértékelésének módszere 102

3.3.9. A kezelt területek mintaterületeinek méretének meghatározása és kiértékelése 105

3.3.10. Növénymagasság mérés a második mechanikai gyomirtás után a kísérleti területen 105

3.3.11. A kiértékelések matematikai módszere 106

4. Eredmények 108

4.1. Autonóm eszközök használata a helyspecifikus gyomszabályozás gyomfelvételezésének gyakorlatában . 108

4.1.1. A helyspecifikus gyomszabályozásra továbbfejlesztett Balázs-Ujvárosi gyomfelvételezés eredménye 108

4.1.2. Az autonóm robottal végzett gyomfelvételezés eredménye 110

4.2. Az NDVI vegetációs index és a gyomosság összefüggései őszi búzában 114

4.2.1. Gyomfelvételezés és NDVI vegetációs index mérés vizsgálatok eredményei 114

4.2.2. Mintaterületek NDVI vegetációs indexeinek mérései gyomtalanítás előtt és után, a kísérletek vizsgálatainak eredménye 121

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.3. Gyomszabályozási vizsgálatok eredményei ökológiai gazdálkodásban termesztett napraforgóban 125

4.3.1. Az abszolút kontroll kísérleti terület gyomviszonyainak értékelése..... 125

4.3.2. A kultivátorozott kísérleti terület gyomviszonyainak értékelése..... 132

4.3.3. Az ujjas gyomirtóval felszerelt kultivátorral kezelt kísérleti terület gyomviszonyainak értékelése 134

4.3.4. A kezelések összehasonlítása és matematikai elemzése .. 136

4.3.5. Kultúrnövény állomány magasságának mérése a második kezelés idején 140

4.3.6. Betakarítási eredmények 143

5. Következtetések és javaslatok..... 149

5.1. Autonóm eszközök használata a helyspecifikus gyomszabályozás gyomfelvételezésének gyakorlatában . 149

5.1.1. Autonóm légi járművel végzett gyomfelvételezés gyakorlati tapasztalatai..... 149

5.1.2. A növényállományban közlekedő autonóm járművel végzett gyomfelvételezés gyakorlati tapasztalatai..... 149

5.2. Az NDVI vegetációs index és a gyomosság összefüggései őszi búzában..... 151

5.2.1. Következtetések és javaslatok a gyomfelvételezés és NDVI vegetációs index mérési kísérleteinkből 151

5.2.2. Következtetés és javaslatok az őszi búza NDVI index és a

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

gyomosság összefüggéseinek vizsgálataiból 152

5.3. Gyomszabályozási vizsgálatok következtetései öko-gazdálkodásban termesztett napraforgóban 154

5.3.1. Műszaki feltételek 154

5.3.2. Gyombiológiai vonatkozások 157

5.3.3. Agronómiai vonatkozások 158

5.3.4. Ökonómiai vonatkozások 158

6. Összefoglalás 159

7. Új tudományos eredmények 163

8. Köszönetnyilvánítás 164

9. Irodalomjegyzék 165

10. Ábrajegyzék 178

11. Táblázatok jegyzéke 185

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

1. BEVEZETÉS

A prognózisok szerint 2050-re a Föld népessége elérheti a 9,1 milliárdot, mely 70%-kal nagyobb élelmiszerszükségletet jelent a jelenlegi előállítási szintnél (OERKE ET AL., 2010). A mezőgazdaságilag művelhető területek egyre nagyobb arányban csökkennek, a fenntartható fejlődéssel és környezetvédelemmel kapcsolatos elvárások, valamint a globális felmelegedés okozta változások és időjárási szélsőségek pedig egyre nagyobb kihívások elé állítják a termelőket. Válaszokat rendszerszemléletű, komplex megoldások adhatnak, melynek szerves része a precíziós gazdálkodás.

A technológia hazai terjedését tudományos munkák (NEMÉNYI ET AL., 2001; PECZE ZS, 2001, MESTERHÁZI PÁ, 2004), előadások és ismeretterjesztő rendezvények segítették. A precíziós gazdálkodás elméletéről és gyakorlatáról szóló hazai szakirodalom a 2000-es években jelent meg (KALMÁR, 2000; KALMÁR ÉS PECZE 2000), a nagyüzemi helyspecifikus tápanyag kijuttatás is a 2000-es évek elején lett része a gyakorlatnak (CZINEGE ET AL., 2000; PECZE ET AL., 2001).

A precíziós növényvédelem kialakulása a ’80-as évekig vezethető vissza, az első számítógépes gyomvizsgálatokig. A precíziós és helyspecifikus gyomszabályozás technológiai megoldásait a 2000-es évek elején mutatták be a hazai mezőgazdasági gyakorlatnak (REISINGER ÉS NAGY, 2002).

NAGY (2004) felhívja a figyelmet a precíziós növénytermesztési és növényvédelmi technológiák agrár-környezetgazdálkodási programokba történő integrálásának szükségességére, valamint a kutatásokhoz szükséges pályázati források fontosságára. A 2000-es évek közepétől szigetszerű technológiai fejlesztések és kutatások zajlottak, elsősorban

anyagi korlátok és a támogatások hiánya álltak a technológia fejlődésének útjában.

A hazai fejlődés azonban nem állt meg, a szakmai igények növekedésének hatására 2015-ben megrendezésre került hazánk első nagyszabású, kifejezetten precíziós gazdálkodással foglalkozó eseménye, a PREGA konferencia. 2016-ban fejlődés indult el a szolgáltatói szektorban is. Az élen járó multinacionális technológiai cégek (Limagrain, Monsanto, Syngenta, Timac Agro stb.) precíziós szaktanácsadási rendszerek fejlesztésébe, kialakításába kezdtek, elsősorban a helyspecifikus tápanyagutánpótlás és változó tőszámú vetéstechnológia területén, a talajmintavétel mellett nagymértékben távérzékelési adatokra támaszkodva. A Széchenyi Egyetem Mosonmagyaróvári Karán pedig 2017-ben elindult a precíziós szakmérnöki képzés. Mérföldkőnek tekinthető a 2017-ben megfogalmazott Digitális Agrárstratégia (DAS).

2017-ben az újonnan értékesített, felső kategóriájú erőgépek több mint 50%-a RTK robotpilótával felszerelten, további 20-25%-a pedig robotpilóta előkészítéssel kerül értékesítésre és ma már azt is elmondhatjuk, hogy az élvonalbeli munka- és erőgépek (Horsch, John Deere, Kverneland, Väderstad stb.) elektronikus rendszerei készen állnak a precíziós gazdálkodás feladatainak végrehajtására. Az újonnan értékesített kombájnok több mint 2/3-a hozamtérképezővel felszerelten, vagy hozamtérképezésre előkészítetten történik. A változó kijuttatásra nem képes munkagépek egy részének átalakítását is el lehet végezni korszerű és költséghatékony elektronikai eszközökkel.

Egy évtizeddel ezelőtt a precíziós technológia jövőbeni térhódítása még nem volt pontosan látható (NAGY, 2004). Az információtechnológia fejlődése azonban elindította a precíziós mezőgazdasági technológia

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

robbanásszerű fejlődését is.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

1.1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- Tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola keretén belül, a rendelkezésre álló tárgyi és személyi feltételek mellett a szerzőnek lehetősége nyílt a precíziós mezőgazdaság, a precíziós növényvédelem területén belül szenzor-technikai alapokon történő gyomszabályozási módszerek hatását vizsgálni a szántóföldi gyomflóra változására.

A kutatáshoz rendelkezésünkre álltak korszerű technológiai eszközök, a környezetünkben levő gazdaságok pedig önzetlen segítséget nyújtottak a munkánk elvégzéséhez.

1.2. A KUTATÁSI PROBLÉMÁK MEGHATÁROZÁSA

A mezőgazdaságilag művelt területek ökológiájával összefüggő heterogenitás egyidőben jelent kihívást és lehetőséget a gazdálkodók számára. A kihívást a heterogenitás feltérképezése jelenti, a lehetőséget pedig a helyspecifikus technológia alkalmazása biztosítja, a táblán belül differenciált dózisok kijuttatásának lehetőségével.

A precíziós mezőgazdaság eszközrendszere magasfokú automatizálást és adatrögzítést tesz lehetővé csaknem minden munkafolyamat esetében, legyen az adatgyűjtés, elemzés vagy végrehajtás. A folyamatok során keletkező elemezhető, masszív, többnyire rendszerezetlen információtömeget illeti BIG DATA névvel a szakirodalom.

Mivel a gazdálkodók egyre nagyobb mértékben támaszkodnak az eszközökben levő algoritmusokra és tudásra, emiatt fontosnak tartottuk a rendelkezésünkre álló eszközök használhatóságának körülményeit és feltételeit megvizsgálni.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

1.2.1. Autonóm jármű használata a helyspecifikus gyomszabályozás off-line módszerének gyakorlati alkalmazhatóságának továbbfejlesztésében

A gyomszabályozás területén 2000. évtől foglalkoztak behatóan a témakörrel kapcsolatos külföldi tapasztalatok áttekintésével és a más országokban kifejlesztett módszerek tanulmányozásával (REISINGER, 2001, REISINGER et al., 2001). Megvizsgálva azok magyarországi adaptációinak lehetőségét megállapították, hogy a Nyugat-Európában kifejlesztett, elsősorban on-line módszerek, a magyarországi viszonyokra alig alkalmazhatók az eltérő gyomflóra és a kutatások nagymértékű költségigénye miatt.

Gyomtérképezési módszerek tekintetében Magyarországon jól kidolgozott gyomtérképezési módszert használ a kutatás és a gyakorlat immár több, mint 70 éve, melyet adaptálni lehetett a precíziós technológiához (REISINGER et al., 2003). Kimunkálásra került a helyspecifikus gyomirtás komplett módszere. Optimalizálták a mintaterek méretét és sűrűségét, kiválasztásra kerültek a gyalogos gyomtérképezéshez és táblán való tájékozódáshoz szükséges eszközök. Az input adatok feldolgozása és a gyomszabályozási algoritmus létrehozása után végső fázisként a permetezőgép-vezérlési utasítás elkészítése is megvalósult.

A kidolgozott módszer továbbfejlesztésére a közelmúltban bekövetkezett robot-technikai fejlesztések biztosítottak lehetőséget. Az autonóm járművek megjelenésével egyidőben felvetődött a helyspecifikus technológiában való gyakorlati alkalmazhatóságuk vizsgálata.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

1.2.2. Távérzékelésen és szenzortechnikán alapuló automatikus kijuttatásvezérlés

A búza számára szükséges nitrogén fejtrágya dózist általában talaj- és levél-analízis vizsgálatokkal határozzák meg. A közelmúltban kifejlesztetett vegetációs index mérésen alapuló berendezések, az un. „N szenzorok" új lehetőségeket nyitottak meg a búza tavaszi nitrogén műtrágyázásának technológia-tervezésében.

A tavaszi első nitrogén fejtrágyázás időpontjában – amennyiben a búzaterületet ősszel nem részesítették vegyszeres gyomirtásban – a szenzor a gyomnövényzet tömegét is méri és ezzel valótlan eredményeket szolgáltathat a nitrogén tápanyagutánpótlás tervezéséhez.

Vizsgálatainkkal célunk az volt, hogy összefüggéseket állapítsunk meg arra vonatkozóan, hogy a gyomnövényzet milyen mértékben játszik szerepet a szenzoros mérések adatainak torzításában.

1.2.3. A precíziós öko-gazdálkodás feltételrendszere, valamint gyomszabályozási tapasztalatok bio-napraforgó termesztésében

Napjainkban erős törekvés irányul arra, hogy a növénytermesztésben drasztikusan csökkenjen a növényvédőszer felhasználás. Ez a tendencia érezhető a hivatalos szerveknek a peszticidekre vonatkozó deregulációs törekvéseiből (Európai Unió), amely sok esetben összecseng a fogyasztói igényekkel.

Az ökogazdálkodásra való áttérés korábban a kis területen termesztett, kertészeti kultúrákra irányult, mert a növényvédelmi problémákat egy család, elsősorban kézi munkaerő alkalmazásával meg tudta oldani. Az árutermelő jellegű biogazdálkodásnak számos problémával kell szembenéznie, melyek közül legfontosabb a terület hatékony

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

gyommentesítése.

A probléma megoldásában fordulatot hozott a térinformatika és szenzortechnika eszközeinek elterjedése a mezőgazdaságban. Egy új termelési irányzat jött létre, melyet precíziós ökogazdálkodásnak nevezünk. Ennek a termelési irányzatnak a feltételrendszerét vettük vizsgálat alá.

1.3. KUTATÁSI HIPOTÉZISEK, KUTATÁSI CÉLOK

A helyspecifikus gazdálkodás gyakorlatában egyre több az automatizmus és növekszik a valós időben működő szenzorok adataira támaszkodó döntéshozó algoritmusok száma. A precíziós gazdálkodás automatizált eszközei csökkentik a gépkezelők szellemi és fizikai terhelését, emiatt fokozottabban képesek figyelni a munkaeszközök által végzett munka minőségére, nem megfelelő munkavégzés vagy probléma esetén időben beavatkozhatnak.

Hipotéziseink

- az autonóm járművek hatékonyan beilleszthetők a helyspecifikus gyomszabályozási technológiába
- A szenzorokon (távérzékelésen) alapuló adatgyűjtés, döntéshozatal és gépvezérlés a precíziós mezőgazdasági termelés megvalósításának hatékony eszközei, azonban a szenzorok által mért adatokat a táblán levő gyomviszonyok ismeretében érdemes értelmezni, a hatékonyan működő off-line módszerek pedig alkalmasak a szoftveres automatizmusok hibáinak korrigálására
- a precíziós gazdálkodás elemei kombinálva a szenzorok által vezérelt munkaeszközökkel, hatékony és nyereséges technológiát jelentenek az

ökológiai gazdálkodásban.

Hazánkban egyre több korszerű üzemben állnak rendelkezésre a precíziós technológia eszközei, a differenciált kijuttatásra alkalmas, szenzor vagy helymeghatározó eszközök által vezérelt munkaeszközök, RTK pontosságú robotpilótával felszerelt erőgépek és hozamtérképezővel ellátott betakarítógépek.

A berendezések eredményes használatának feltétele a technológiai fegyelem, az adatok gyűjtéséhez, rendszerezéséhez és elemzéséhez pedig térinformatikai ismeretekkel rendelkező munkatársakra van szükség. A precíziós eszközök előnyeit akkor lehet igazán kihasználni, ha tisztában vagyunk a velük elérhető eredményekkel.

A robottechnika és az autonóm járművek megjelenése segítséget nyújthat a gazdálkodónak, de tisztában kell lenni a berendezések által nyújtott információ gyakorlati használhatóságával.

A disszertáció fő célkitűzései:

1. A Balázs – Ujvárosi gyomfelvételezési módszer autonóm járműre alapozott továbbfejlesztése
2. A gyomnövényzet torzító hatásának vizsgálata az NDVI vegetációs indexekre kalászos gabonában
3. A precíziós gazdálkodás eszközeinek vizsgálata az ökológiai gyomszabályozás gyakorlatában

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A precíziós mezőgazdaság interdiszciplináris tudományággá fejlődött az elmúlt évek során, a technológia robbanásszerű fejlődését az információtechnológia fejlődése segítette.

GYŐRFFY (2000) rámutatott a komplexitásra: „a precíziós mezőgazdaság magába foglalja a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, táblán belül változó technológiát, integrált növényvédelmet, a csúcstechnológiát, távérzékelést, térinformatikát, geostatisztikát, 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."

A téma fejlődésének főbb stádiumait, annak komplexitásából adódóan, áttekintő jelleggel lehetséges összefoglalni.

2.1. A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG LÉTREJÖTTE, FEJLŐDÉSE ELSŐSORBAN A HELYSPECIFIKUS GYOMSZABÁLYOZÁS SZEMPONTJÁBÓL

A kártevők elleni, jelenlegi precíziós védekezési technológia használatának lehetőségeit foglalták össze OERKE ET AL., (2010) *(1. táblázat)*.

Amint látható, jelenleg a legelőrehaladottabb fejlesztési stádiumban a gyomok elleni védekezés található. Az organizmusok mérete megkönnyíti a detektálásukat és felismerésüket, a nagyon alacsony mobilitásuk pedig lehetővé teszi a helyspecifikus off-line védekezési technológia alkalmazását ellenük.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

1. táblázat. A precíziós technológia használatának lehetősége különböző kártevőcsoportokon belül (OERKE ET AL., 2010)

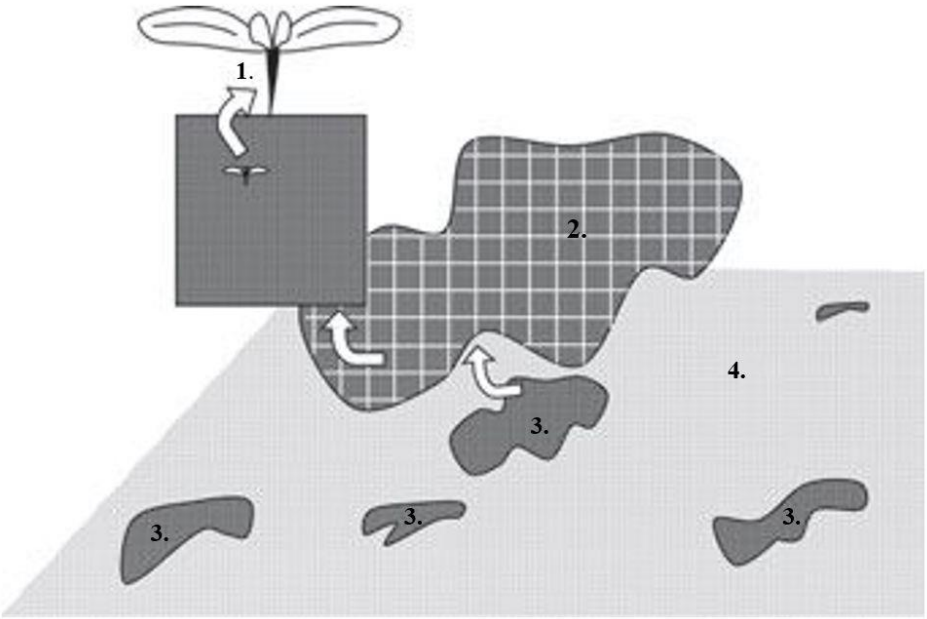
Jellegzetesség	Gyom	Nematodák	Rovarok	Patogének
Az organizmus mérete (mm)	1-1000	0,1-1	0,1-00	0,0001-1
Életciklus szezononként	1	1-5	1-8 (?)	1-9 (?)
Mobilitás	Nagyon alacsony	Alacsony	Alacsonytól a magasig	Magas
Táblán belüli heterogenitás	XX(X)	XX(X)	X(X)	X(-)
Detektálhatóság	Egyedek (XX)	Betegség tünetek	Egyedek, tünetek (X)	Betegség tünetek (X)
Azonosíthatóság	XX	-	?	?
Kvantifikálhatóság	XX	(X)	(X)	(X)
Prognosztizálhatóság	X(X)	X(X)		(X)
Adatkezelés	Off/On-line	Off-line		
Kijuttatási technológia	XX(X)	(X)	(X)	?

XX fejlett stádium; X első lépések, korlátozott ismeretek; ? Nem ismert, nem megvalósítható; - kevés ismeret

A precíziós gyomszabályozás a herbicidekre alapozott technológia és integrált növényvédelem tovább fejlődésével indult útjára. CHRISTENSEN (2009) négy gyomszabályozási szintet különböztetett meg. A térbeli lehetőségeket az *1. ábrán* láthatjuk, a táblaszintű (makró) kezeléstől az egyed kezelésének (mikró) szintjéig:

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

1. Egyedszintű kezelés
2. Rácsháló alapú kezelés
3. Táblarész kezelés
4. Táblaszintű kezelés



1. ábra. Gyomszabályozási lehetőségek térbeli felbontása (CHRISTENSEN ET AL., 2009).

A táblaszintű (**4**) homogén kezelés jelenleg is a legáltalánosabban használt módszernek tekinthető. Ennek a technológiának az alkalmazása jár a legkisebb kockázattal és a legkevesebb fáradtsággal a termelő és a szaktanácsadók számára, inputanyag oldalról nézve viszont ez a legköltségesebb.

A táblarész szintű kezelést (**3**) egyre gyakrabban használják a gazdálkodók, elsősorban a táblaszéleken jelentkező gyomnyomás megelőzésére. Ide sorolható még a táblában nagy, aggregált foltokban

megjelenő gyomnövények *(Cuscuta ssp.)* elleni védekezést, vagy akár a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia L.)* elleni lokális védekezéseket.

A rácsháló (**2**) alapú kezelés üzemi méretben eredményesen használható helyspecifikus technológia. Ennek a helyspecifikus gyomszabályozási módszernek hazai fejlesztését és üzemi szinten használható komplett technológiájának hazai kidolgozását REISINGER ET AL., 2003) végezték el a 2000-es évek elején.

Az egyedszintű (**1**) kezelések összekapcsolódnak a valós idejű, on-line módszerek fejlődésével. Alapjukat fajfelismerésen alapuló stabil technológia képezheti, jelenleg elsősorban a kertészeti kultúrákban használhatók.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.2. A SZENZORTECHNIKA ÉS HELYMEGHATÁROZÓ ESZKÖZÖK ALKALMAZÁSI TERÜLETEI A MEZŐGAZDASÁGBAN ÉS A GYOMSZABÁLYOZÁSBAN

A fotoszintézis hatékonysága alapvetően befolyásolja a termésmennyiséget. A távérzékelési módszerek lehetővé teszik a növények szöveteiben történő változások fiziológiai és biokémiai folyamatok nyomon követését (RASCHER IN OERKE ET AL., 2010).

A növényi vegetáció tulajdonságainak változásait legegyszerűbben megfigyeléssel követhetjük figyelemmel. A napsugárzás fénye visszaverődik a növényről, behatol a szembe, kölcsönhatásba lép a retinával, majd az ingerület eljut az agyba, elemzésre. A kapott eredmény nagymértékben függ a látási viszonyoktól, valamint a szemünk érzékenységétől.

A fenti példában az információ a látható fény, ami elektromágneses sugárzás formájában érkezik, az emberi szem pedig ennek a sugárzásnak az érzékelője (receptora). A mesterséges értékelők, melyek az elektromágneses sugárzás többi hullámhosszait érzékelik, jelentik az alapját szinte valamennyi távérzékelésen alapuló technológiának.

2.2.1. Az elektromágneses spektrum, az elektromágneses hullámok reflexiója, abszorpciója és transzmissziója a növényi szövetekben

Az elektromágneses spektrum széles frekvenciatartományra terjed ki, melyet feloszthatunk különböző, éles átmenet nélküli tartományokra (2. ábra). A mezőgazdasági gyakorlatban a spektrumnak csak keskeny frekvenciatartományát használjuk. Elsődleges az optikai, 10^{-3}-tól 10^{-8} terjedő hullámhossz tartomány.

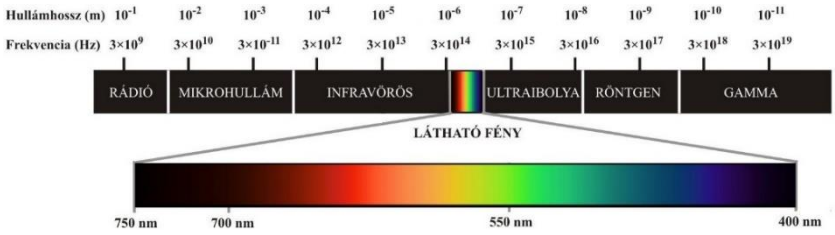
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A látható fény tartománya a 400-700 nm közötti sávra terjed ki. Az infravörös hullámok kisebb energiájúak, mint a látható fény és három tartományba sorolhatók (NÉMETH ET AL., 2007):

700-1300 nm: közeli infravörös tartomány

1300-2400 nm: középső infravörös tartomány

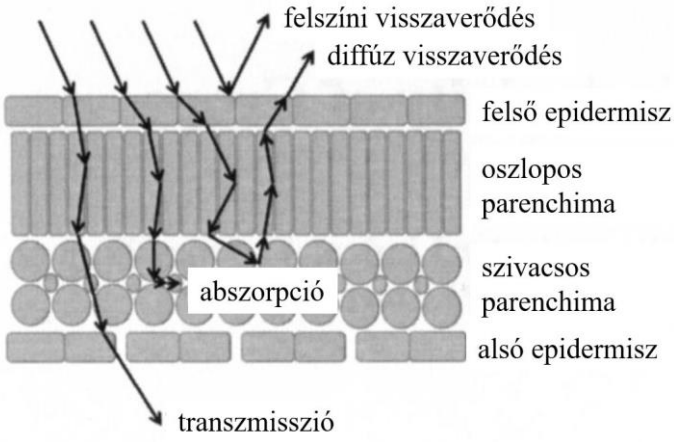
3000-100000 nm: termális, infravörös tartomány



2. ábra. Az elektromágneses spektrum (forrás: URL[1])

A parenchimában található növényi kloroplasztiszok elnyelik a látható fény tartományából az ibolya (380-420), a kék (420-490 nm) és a vörös (650-750 nm) hullámhosszú színeket. Az egészséges zöld növények epidermiszéről elsősorban a zöld (490-575 nm) és az infravörös közeli (700-1300 nm) hullámhossz verődik vissza *(3. ábra)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



3. ábra. Fény reflexió, abszorpció és transzmisszió sematikus ábrája az őszi búza (Triticum aestivum L.) levelén illusztrálva (RASCHER IN OERKE ET AL., 2010)

A különböző fajok, a különböző fenológiai állapotú növények, illetve a levelek változó víztartalma is megváltoztatja a növényi szövetek összetételének arányát és ennek következményeként megváltozik a visszaverődő sugárzás aránya is a növényekről (GAUSMAN ÉS ALLEN, 1973, JAQUEMOUD ÉS BARET, 1990).

A fotoszintézis aktivitása és annak mérése komplex feladat, mivel azonos fajon belül a környezeti tényezők hatása is rendkívüli módon befolyásolhatja (RASCHER ÉS NEDBAL, 2006). Azonos pigment összetétellel rendelkező, de különböző fajoknál is különböző lehet a fotoszintézis aktivitása (SCHNURR ET AL., 2006).

Kétféle távérzékelési módszert is használ a gyakorlat a pontosabb fotoszintézis aktivitás mérésére, a fotokémiai reflektancia indexet (PRI-Photochemical Reflectance Index) és a fluoreszcencia mérést.

2.2.2. Fotokémiai reflektancia index, fluoreszcencia mérés

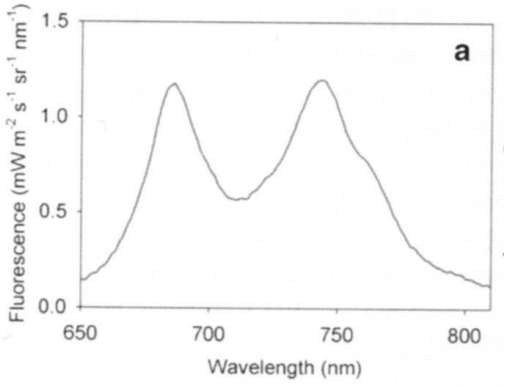
A fotokémiai reflektancia index (PRI) segítségével követhetjük a

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

fotoszintézis napi aktivitását. Két hullámhossz található a képletben, az 531 nm-es, mely a xantofill ciklusban részt vevő pigmentek kompozíciójával (DEMMIG ET AL., 1996) korrelál és a referenciaként használt 570nm-es hullámhossz (GAMON ET AL., 1992).

$$PRI=(R_{531}-R_{570})/(R_{531}+R_{570})$$

A fotoszintézis során a pigmentek által elnyelt fényenergia fluoreszkáló fény formájában részlegesen újra kisugárzódik. A sugárzási maximumokat a 685 nm és a 740 nm hullámhossz környékén mérhetjük (LICHTENTHALER ÉS RINDERLE, 1988). A spektrumcsúcsokat mutatja be a *4. ábra*.



4. ábra. Cukorrépa levél fluoreszcencia kibocsátási spektruma, (LICHTENTHALER ÉS RINDERLE IN OERKE ET AL., 2010).

2.2.3. Vegetációs indexek

A gyakorlatban két gyakran használt index az NDVI, Normalized Difference Vegetation Index (ROUSE ET AL., 1974) és a SAVI, Soil Adjusted Vegetation Index (HUETE, 1988).

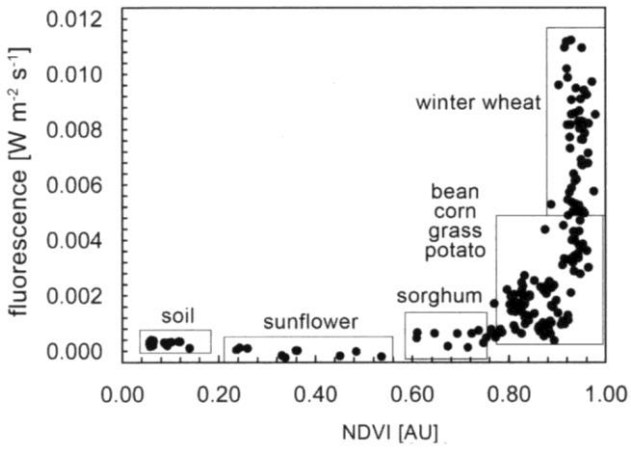
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

NDVI=(NIR-R)/(NIR+R)

SAVI=((NIR-R)/(NIR+R+L))×(1+L); L(0,1)

Amint az index neve és a képlet is mutatja, a SAVI az NDVI továbbfejlesztése, mely figyelembe veszi a talaj adatokat is. Nullához közeli L érték magas növény borítottságot takar. Célszerű lenne a SAVI indexet használni, mert míg a sűrű vetésű kalászos növényeknél az NDVI is megfelelő értéket adhat, addig tág térállású, még össze nem borult kultúránál az érték félrevezető lehet.

RASCHER ET AL., (2006) összehasonlították egy grafikonban a fluoreszcencia és NDVI összefüggését különböző fajoknál, melyből látható, hogy a növényállomány állapotának kifejezésére és a fotoszintézis aktivitásának méréséhez célszerű több adatot figyelembe venni *(5. ábra)*.



5. ábra. Összefüggésvizsgálat az NDVI vegetációs index és a fluoreszcencia sugárzás erőssége között különböző fajoknál (RASCHER IN OERKE ET AL., 2010).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.3. A SZENZOR- ÉS MŰHOLDAS TECHNOLÓGIA KUTATÁSUNKAT ÉRINTŐ ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

Az elmúlt évtizedekben a szenzorok és műholdas helymeghatározó berendezések által vezérelt rendszerek fejlődése hasonló üteművé vált, mint a többi számítástechnikai eszközé. A technológia megfizethetővé vált és elmondhatjuk, hogy hazánkban ma már szinte minden nagyobb méretű mezőgazdasági vállalkozásnak van legalább egy egyszerű párhuzamvezetője. Megjelentek a mezőgazdaságban az emberi irányítás nélküli, önvezető járművek, melyeket dolgozatunkban *autonóm* (teljesen automatizált) járműveknek nevezünk.

2.3.1. Képalkotó szenzorok által vezérelt autonóm járművek, műholdas navigációs rendszerek, valamint szenzorok által vezérelt erőgépek

Az autonóm mezőgazdasági munkaeszközök egyik ősének is tekinthető gépet HAGUE ET AL., 1996-ban mutatták be az Egyesült Királyságban, egy kizárólag optikai szenzorok által irányított, kertészeti kultúrában használható autonóm járművet *(6. ábra)*.

6. ábra. Képalkotó szenzor adatai által vezérelt autonóm jármű Autonomous Crop Treatment Vehicle, (HAGUE ET AL., 1997).

BLACKMORE ET AL., 1998-ban leírták az autonóm mezőgazdasági

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

eszközökkel való termelés feltételrendszerét.

A John Deere vállalat 2008-ban elindította a iTEC Pro műholdas navigáció alapú rendszerét mely segítségével automatizálta a táblaszéleken végzett műveleteket. Ezzel a megoldással lépést tett az autonóm járművek fejlesztésének irányába (MURRAY, 2008).

7. ábra. A vezető nélküli jármű tükrözi az előtte haladó műveleteit (Forrás: URL[2])

A következő jelentős lépést a Fendt, illetve az AGCO csoport tette, amikor 2011-ben bemutatta az autonóm járművét a hannoveri Agritechnica kiállításon (ANDREWS, 2012). A vezető nélküli erőgép tükrözte az előtte haladó, kezelő által vezetett jármű műveleteit *(7. ábra)*.

A technológia napjainkban már a teljesen autonóm erőgép- munkagép kapcsolatok használatánál tart *(*ATHERTON*, 2016)*. 2016-ban a Case IH Agriculture bemutatta a Case IH Autonomous Concept Vehicle erőgépet, illetve gépkapcsolatokat *(8. ábra)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

8. ábra. Case IH Autonomous Concept Vehicle autonóm erőgép és gépkapcsolat (forrás:URL[3])

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.4. MULTISPEKTRÁLIS SZENZOROK ADATAINAK HASZNÁLATA A MUNKAGÉPEK VEZÉRLÉSÉBEN

A vegetációs indexek elsődleges felhasználási területe jelenleg a tápanyagutánpótlásban van, de eredményesen alkalmazhatók az állományok fungicides kezelésénél, illetve segítségükkel kimutatható a növényállományt ért stressz hatása is (VOß, 2004). A növényeket a látható és az infravörös tartományban vizsgálva láthatóvá válik a növényi stressz, még mielőtt a betegség tünetei manifesztálódnak (SANKARAN ET AL., 2010).

Valós időben működő (on-line), *nem képalkotó* szenzorokkal felszerelt rendszert használ a Fritzmeyer cég Isaria nevű berendezése műtrágya kijuttatás vezérlése közben *(9. ábra*).

9. ábra. Fritzmeyer Isaria szenzor rendszer (Forrás: URL[4])

A távérzékelési technológia fejlődése, a műholdak és autonóm légi járművek (drónok) által szolgáltatott képi információ lehetővé teszi az állomány változásainak hatékony és gyakori monitorozását.

A vegetációs indexek használatán alapuló technológia gyommentes növényállományt igényel, ugyanis a gyomok jelenléte nagymértékben torzítja a kultúrnövény állományt jellemző tényleges vegetációs index

értékeket (BORSICZKY ET AL., 2017).

A multispektrális digitális felvételek, illetve az ebben a tartományban működő, nem képalkotó szenzorok adatai jelenleg elsősorban makró- és mezoszinten használatosak. Mind a digitális felvételek, mind a szenzorok jellemzően néhány hullámhossz tartományt használnak. Kombinálva ezeket az információkat, különböző indexeket lehet belőlük számolni, melyeket a gyakorlatban is hasznosíthatunk.

A különböző szűrőkkel ellátott digitális kamerákkal felszerelt autonóm légi járműveket is eredményesen lehet a tápanyagutánpótlásban használni. Az *10. ábrán* a bicsérdi B-Aranykorona Kft. Élésderék nevű táblájának tavaszi fejtrágyázáshoz készült vegetációs index térképét láthatjuk 2014-ből. A területen őszi búza állomány volt.

10. ábra. Autonóm légi jármű használatával készített NDVI vegetációs index térkép (Saját forrás).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.4.1. Multispektrális, nem képalkotó szenzorok használata a gyomszabályozásban

A nem képalkotó, vegetációs indexeket használó WeedSeeker® szenzorokkal felszerelt permetezőgépek *(11. ábra*) eredményesen használhatók a kalászosok tarlójának totális herbicidekkel történő vegyszertakarékos gyomirtására (REISINGER, 2008).

11. ábra. Vegyszertakarékos tarlókezelés WeedSeeker® szenzorokkal (REISINGER, 2008).

A WeedSeeker® szenzorokkal sikeres levél alá permetezési kísérleteket végeztünk *(12-13. ábra)* különböző fejlettségű kukorica állományban, totális hatású herbiciddel (BORSICZKY ET AL., 2008).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

12. ábra. Kezelés Cynodon dactylon (L.) Pers. ellen, a szerző saját felvétele (2008.06.11.)

13. ábra. Kezelés hatása kukoricában, a szerző saját felvétele (2008.07.19.)

2.4.2. Képalkotó szenzorok által vezérelt sorközművelő kultivátorok

A mechanikai módszerekkel történő gyommentesítésnek a tág térállású

kultúrákban régi hagyományai vannak. A széles sorközben általában tömegesen jelennek meg a gyomnövények, mert a kultúrnövénynek a fejlődés kezdeti szakaszában (akár 2-3 hónapig) nem rendelkeznek számottevő gyomelnyomó képességgel (REISINGER ET AL., 2006). A sorközművelő kultivátoroknak sok változatát használják még ma is a termelők, melyek lehetnek kézi, állati és gépi erővel működtetett változatok. A kultúrnövények soraiban a gyommentesítésre eddig a kézi kapálást vagy a gyomlálást alkalmazták.

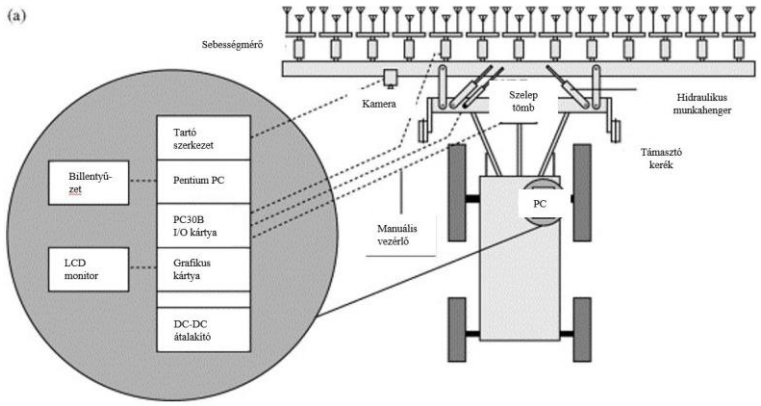
Az eredetileg USA-ból importált, sorközművelő kultivátorral kombinálható ujjas gyomirtó (BOWMAN, 1997, VAN DER SCHANS ET AL., 2006) kíméletesebb eszköz a gyomfésűnél, azonban hatékony használatának feltételeül a pontos sorvezetést és lassú munkasebességet említik meg (VAN DER WEIDE ET AL., 2008).

Az optikai vezérlésű jármű vezérlőrendszeréhez hasonló a munkaeszköz irányítása. A képalkotó szenzorok adatait elemzi a rendszer szoftvere és az adatok alapján avatkozik be az eszköz irányításába vagy vezérlésébe.

HAGUE ET AL., (1997) bemutatták az optikai vezérlésű autonóm járművet *(6. ábra)*. A jármű vezérlő rendszerének újra gondolásaként TILLETT ÉS HAGUE 1999-ben az optikai vezérléssel ellátott gabona sorközművelő kultivátor prototípusáról értekeztek.

WILTSHIRE ET AL., (2003) bemutatták az optikai sorvezérléssel ellátott GARFORD cukorrépa sorközművelő kultivátort, mely rövidesen kereskedelmi forgalomban is elérhetővé vált *(14-15. ábra)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



14. ábra. A sorvezérelt kultivátor komponensei (WILTSHIRE ET AL., 2003).

15. ábra. Sorvezérelt GARFORD prototípus kultivátor 2003-ból (WILTSHIRE ET AL., 2003).

A precíziós mechanikus gyomszabályozást a kertészeti kultúrákban is használják (RUCKELSHAUSEN ET AL., 2006). Általában saláta-félékben (fejessaláta) próbálkoztak un. szenzor vezérelt körbe-kapálással, melynek során a szenzor felismeri a kultúrnövényt és azt nagy biztonsággal körbe kapálja (O'DOGHERTY ET AL., 2007). A művelet során akár 94 %-os

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

gyommentességet is el lehet érni. A technológiának több kritikus pontja is van: az egyik a megfelelő tőtávolság, a másik pedig az, hogy a kapáló testeknek a csírázó gyomok ellen kell irányulnia, mert megerősödött gyomnövények ellen a technológia hatástalan (MELANDER ET AL., 2017).

Hazánkban az első optikai vezérlésű sorközművelő kultivátort 2005-ben értékesítették, majd a következő évtől kezdett a használata elterjedni, elsősorban a cukorrépa és szója termesztők körében *(16. ábra)*.

16. ábra. A bicsérdi Aranymező Zrt. 12 soros sorvezérelt GARFORD kultivátora 2006-ból (saját felvétel).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.5. A SZENZORTECHNIKA FIZIKAI ALAPJAI, SZÍN ÉS ALAKFELISMERÉS, KÜLÖNBÖZŐ MŰSZAKI MEGOLDÁSOK

A magyar agrobotanika kiemelkedő egyénisége, UJVÁROSI (1957) szerint a gyomirtás eredményét elsősorban az dönti el, egy adott területen mennyire ismerjük a gyomfajok előfordulásának faji és azon belül mennyiségi viszonyait. Az előbbi hipotézist tovább gondolva a helyspecifikusan végrehajtott gyomirtás eredménye attól függ, milyen pontos a táblán a gyomok lokális jelenlétének feltérképezése.

A növényeket tulajdonságaik alapján lehet felismerni. Elsődlegesen a alaktani tulajdonságokat vesszük szemre, amikor is a gyomokat morfológiájuk alapján határozzuk meg, de a növények élőhelye is fontos szempont a meghatározásnál *(*WEIS ÉS SÖKEFELD IN OERKE ET AL., 2010*)*. A *növények* a műszerekkel mérhető, spektrális tulajdonságaik alapján is különböznek.

2.5.1. Multi- és hiperspektrális szenzorok használata a gyakorlati gyomfelismerésben

A multi- és hiperspektrális szenzorok gyakorlati használhatóságával kapcsolatban megoszlanak a szakirodalmi vélemények.

ZWIGGELAAR (1998) nem találta elegendőnek a spektrális tulajdonságokat a gyomnövények megkülönböztetésére.

VRINDTS ET AL., (1999) beszámolnak 14 különböző gyomnövény és 4 kultúrnövény spektrális reflektancia méréseken és elemzésen alapuló megkülönböztetéséről, majd 2002-ben spektrométereket használva, a 480 - 820 nm közöti hullámhossz tartományban sikeresen megkülönböztetik a vizsgált cukorrépa és kukorica kultúrnövényeket a gyomnövényektől (VRINDTS ET AL., 2002).

KARDEVÁN ET AL., (2004) parlagfű detektálással kapcsolatos vizsgálataikban negatív tapasztalatokat fogalmaztak meg a hiperspektrométer használatával kapcsolatban.

Sárgarépa állományt és gyomnövényzetét vizsgáltak PIRON ET AL., (2008). Összesen 22 hullámhossz adatainak kiértékelése után hármat találtak optimálisnak: a 450, 550 és 700 nm-es hullámhosszt. A sárgarépákat 65%-os pontossággal, a gyomnövényeket 80%-os pontossággal sikerült osztályozni.

A multispektrális légifelvételek és a műholdas adatok hozzáférhetősége, IKONOS, Landsat, Quickbird, Sentinel több kutatást inspirált a távérzékelésre alapozott gyomfelismerési témában.

Az adatok használhatóságát vizsgálta LAMB ÉS BROWN (2001), majd arra a következtetésre jutottak, hogy a felvételek felbontása nem elegendő a táblaszint alatti vizsgálatok kivitelezésére.

KARDEVÁN ET AL., (2004) arra a megállapításra jutottak, hogy a műholdak által szolgáltatott digitális adatok nem alkalmasnak az *A. artemisiifolia* nagyobb gócainak kimutatására.

MILICS (2008) összefoglalta a hazai és nemzetközi távérzékelési tapasztalatokat. Felhívta a figyelmet BOGNÁR (2004) következtetéseire, miszerint a hozamok és a távérzékelési technológia segítségével előállított vegetációs indexek összefüggéseit feltételes módon szükséges kezelni, mivel a statisztikai átlagok jelentősen rontják a kiértékelések eredményeit. Munkájában megemlíti WRIGHT ET AL., (2003) kutatását és következtetését a költséghatékonyságra vonatkozóan, mely szerint „a felbontás javulása miatt nyert többletinformációk nem nyújtottak annyi többletet az eredményességben, mint amennyivel a műholdképek a költségeket megemelték.”

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A műholdas adatgyűjtés korlátaival kapcsolatban tett megállapítása, mely szerint a visszatérési idő és az esetleges felhőborítottság korlátozhatja a precíziós gazdálkodásban való használhatóságot, fokozottan érvényes a helyspecifikus gyomszabályozás esetében.

2.5.2. Morfológiai vizsgálatok a gyomfelismerésben

A morfológiai vizsgálatok jelentik a legrégebbi, de jelenleg is a legbiztonságosabbnak gyomfelismerési technológiát. A gyomok fenológiai állapotának megkülönböztetésének komplex feladatát a szakember végzi. Az emberi szem jól tudja kezelni az egymást átfedő vagy torzult alakú gyomok problémáját is, mely az automatikus gyomfelismerés egyik jelentős hátráltató tényezője.

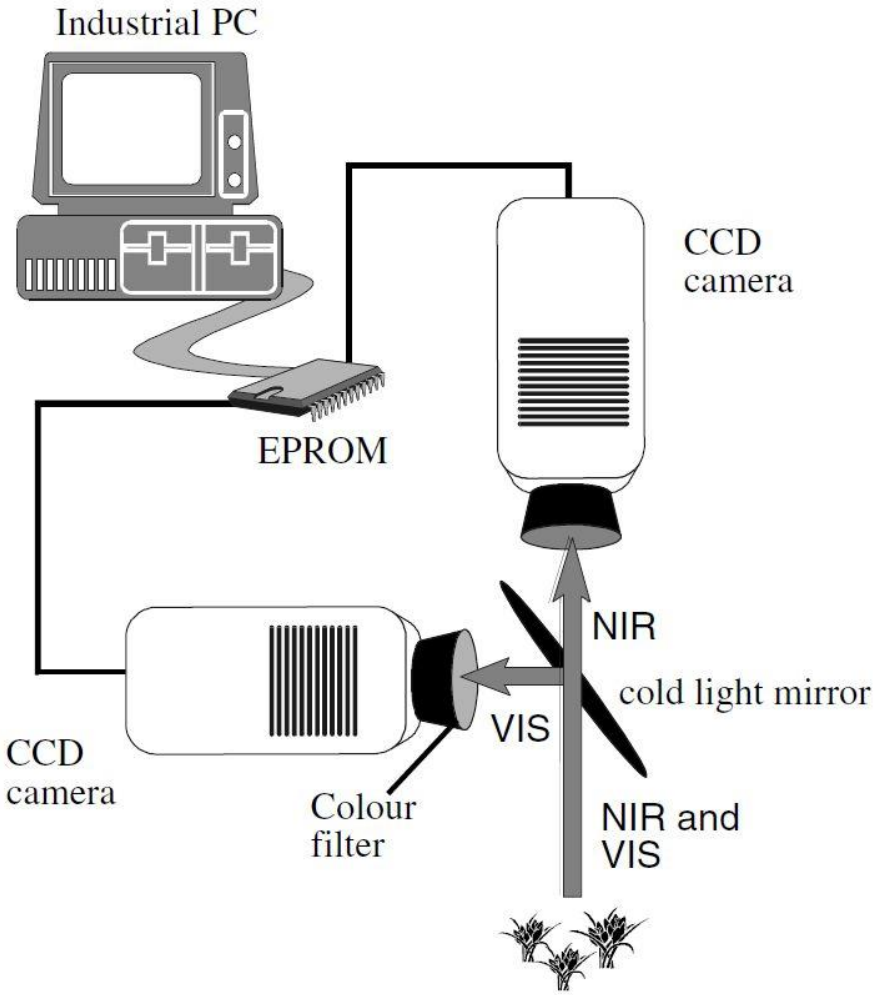
A hazai vizsgálatokat a gyomfelvételezési módszerek továbbfejlesztése témában 40 éve kezdték el (REISINGER, 1977).

Számos eszközt próbáltak ki a gyomtérképezésre (hőlégballon, motoros sárkányrepülő, helikopter, helikopter drón), de ezek közül egyik sem volt alkalmas a gyomfajok pontos felismerésére és mennyiségi viszonyainak megállapítására.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.6. AZ ALAKFELISMERÉSEN ALAPULÓ RENDSZER ALKOTÓELEMEI

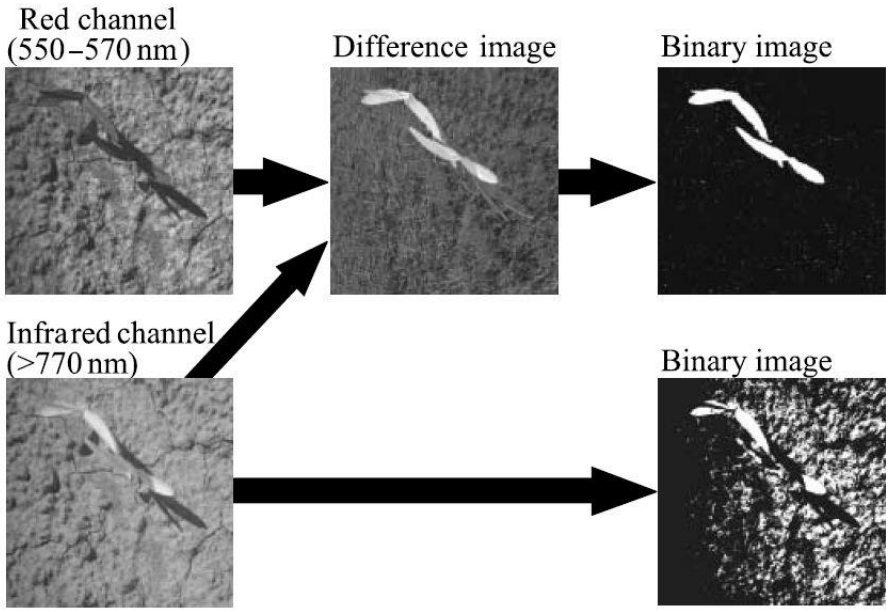
A digitális információ alapján végzett gyomfelismerés alkotóelemeinek sematikus ábráját láthatjuk az *17. ábrán* (GERHARDTS ÉS CHRISTENSEN, 2003).



17. ábra. Bi-spektrális kamera rendszer sematikus ábrája (GERHARDTS ÉS CHRISTENSEN, 2003).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

Számítógépes technológiát alkalmazva bináris kompozit képet készítettek a infravörös közeli tartományban (NIR) és a látható tartományban (VIS) készült képekből *(18. ábra)*. Ezzel a módszerrel kép-adatbázist készítettek, melybe 25 gyomfaj és 4 kultúrnövény faj, kukorica *(Zea mays L.)*, őszi búza (*Triticum aestivum L.*), őszi árpa (*Hordeum vulgare, L.*) és cukorrépa (*Beta vulgaris L.*) adatai kerültek. A rendszer 80%-os felismerési pontossággal működött.

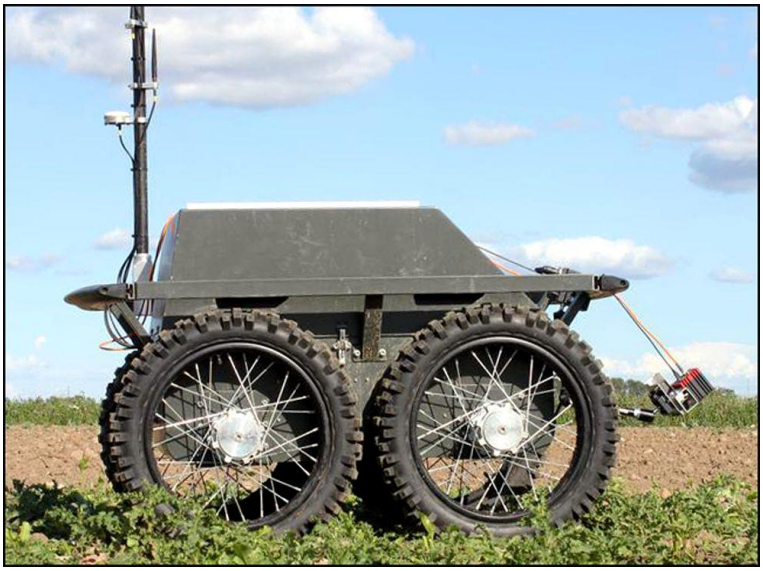


18. ábra. Bináris kép előállításának folyamata (GERHARDTS ÉS CHRISTENSEN, 2003).

Tág térállású kultúrában használható, autonóm járművekre alapozott rendszert és technológiát mutattak be dán kutatók 2013-ban (HANSEN ET AL., 2013).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

19. ábra. A terület előzetes feltérképezését végző, kamerarendszerrel ellátott autonóm légi jármű (HANSEN ET AL., 2013).



20. ábra. A területen levő gyomfajok beazonosítását végző, kamerarendszerrel ellátott autonóm jármű (HANSEN ET AL., 2013).

A rendszerben részt vevő autonóm légi jármű, UAV, (*19. ábra)* beazonosítja a területen található aggregált gyomfoltok helyzetét, azok koordinátáit, majd a rendszer átadja a szántóföldön közlekedő autonóm járműnek (UGV) a koordinátákat, az odamegy a folthoz és a rajta levő kamera és szoftver rendszerrel beazonosítja a gyomfajokat *(20. ábra)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.6.1. Valós idejű, alakfelismerésen alapuló rendszerek

REW ET AL., (2001) a valós idejű, digitális fajfelismerésen alapuló folyamatos adatgyűjtést javasolták a mintavételen alapuló módszerek helyett. A fejlesztést azonban több tényező is komolyan gátolta. Az alakfelismerésnek nagy a számítógépes hardverigénye, illetve az felismerés alapját képező, egyre növekvő adatbázis mérete is kezelhetetlen volt üzemi körülmények között. Ezek miatt a berendezések kis területteljesítményűeknek és rendkívül drágáknak bizonyultak.

Alakfelismerésen és reflektancia méréseken alapuló rendszert mutatott be 2014-ben a németországi AgriCon vállalat, H-Sensor néven, a magdeburgi DLG Feldtage rendezvényen *(21. ábra)*. A rendszer kompatibilis ISOBUS-os rendszerű permetezőgépekkel.

21. ábra. H-sensor, AgriCon GmbH (a szerző saját felvétele 2014-ből).

„Smart Spraying” néven került 2017-ben bemutatásra a hannoveri Agritechnica kiállításon a Bosch és Bayer cégek közös fejlesztése, egy valós idejű (real-time) gyomfelismerő és permetező rendszer *(22. és 23. ábrák)*. A rendszer alakfelismerés és reflektancia mérésének elvén

működik. Amint a felvételen is látható, komplett kamera és szenzorokból álló sort képzeltek el a tervezők, melyet a permetezőgép szórókeretére szerelnek. A tervezett kereskedelmi forgalmazás 2020-ra várható.

22. ábra. „Smart Spraying”, a Bosch és Bayer cégek közös fejlesztése a 2017-es hannoveri Agritechnica kiállításon (a szerző saját felvétele).

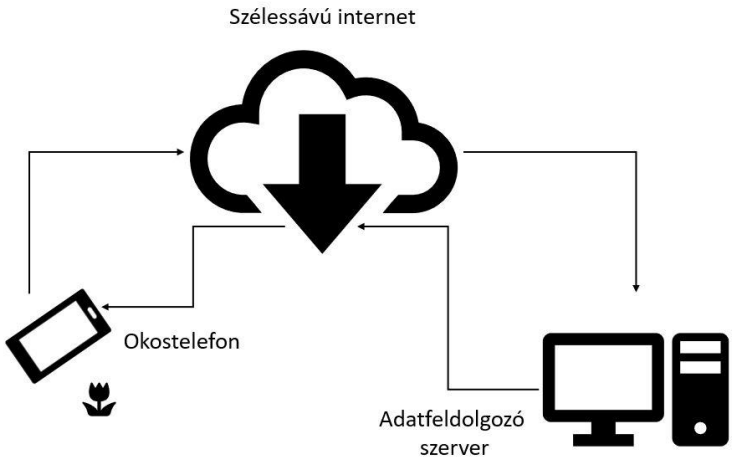
23. ábra. „Smart Spraying” rendszer tesztnövényei (a szerző saját felvétele, 2017).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.6.2. Felhő alapú, off-line gyomfelismerési technológia

A képfeldolgozás egyik gátja a komoly hardverigény, mivel csak nagy teljesítményű számítógépek képesek az információt rövid idő alatt feldolgozni. A másik gát pedig a rendelkezésre álló adatbázis mérete, illetve naprakészsége.

A felhő alapú technológia és a mobil szélessáv elterjedése azonban új lehetőségeket biztosít a fejlesztőknek. Használatával a tényleges kép- és adatfeldolgozást végző számítógép, valamint az adatbázis elválik a felvételező, illetve a felvételezés eredményeit megjelenítő eszköztől. Az off-line gyomfelismeréshez használt felhő alapú technológia sematikus ábrája látható az *24. ábrán*.



24. ábra. Felhőalapú, off-line gyomfelismerő rendszer, mobiltelefonos applikációval.

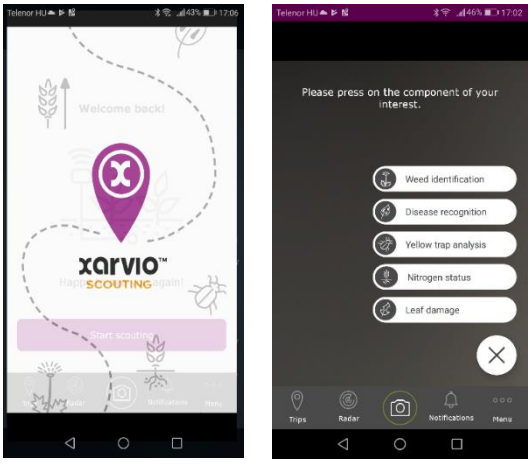
A felvételezést és megjelenítést költséghatékony eszközökkel, okostelefonokkal meg lehet oldani. A mobiltechnológia óriási ütemben fejlődik, a telefonokban található kamerarendszerek felbontása vetekszik a középkategóriás fényképezőgépekével. Fontos szempont, hogy az

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

okostelefonok átlagosan két évente lecserélődnek és emiatt szinte mindig a legújabb hardveren tudnak az applikációk futni. Az applikációkban elkészített, GPS koordinátákkal ellátott képek automatikus, szélessávú internet alapú transzferrel kerülnek a szerverekbe, melyek több ezer kilométerre is lehetnek a felvételezés helyétől.

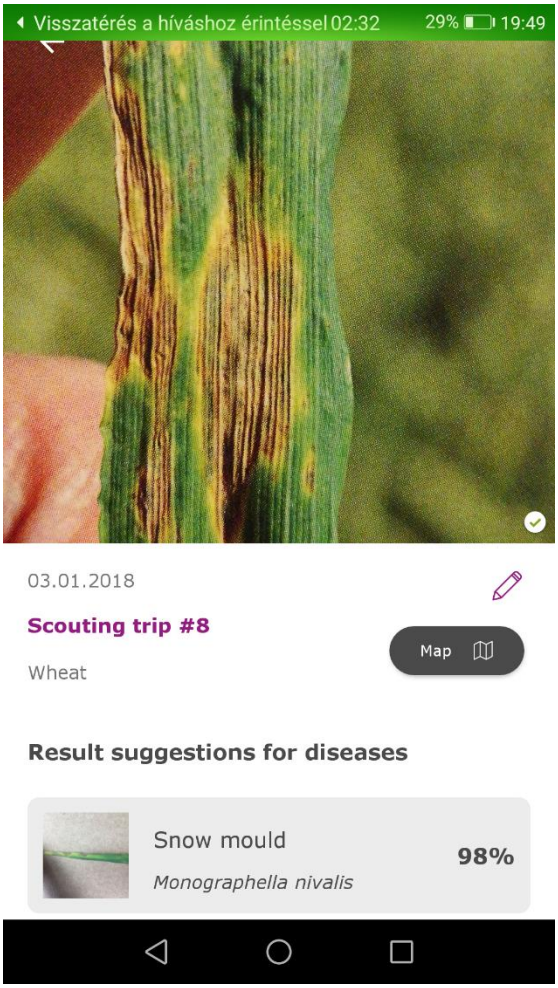
A szerverek nagy teljesítményű processzorai végzik el a képfeldolgozást. A szerverek teljesítménye és tároló adatbázis mérete bármikor bővíthető és fejleszthető, az információ pedig mindig naprakész. Arra is van lehetőség, hogy költséghatékonysági szempontból a képfeldolgozó szoftvereket bérelt szervereken futtassuk.

Egy komplex, közös fejlesztésű megoldást mutattak be a Bayer és Bosch cégek a 2017-es hannoveri Agritechnica vásáron. A felhő alapú Xarvio *(25. ábra)* nevű applikáció és rendszer képes a kártevőket képek alapján beazonosítani, alkalmas gyomok és betegségek felismerésére is *(26. ábra)*.



25. ábra. A Xarvio applikáció képernyőfotói (a szerző saját felvételei).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



26. ábra. Felhő alapú felismerés eredménye

2.6.3. Felhő alapú, valós idejű (on-line) gyomfelismerési technológia

A szélessávú mobilinternet hálózat jelenleg is egyre nagyobb lefedettséggel lehetőséget biztosít nagy sebességű adatátvitelre. Stabil kommunikáció esetén és megfelelő sávszélességgel elérhetővé válhat a valós idejű adatfeldolgozás is.

Ha a permetezőgépekre szerelt multispektrális kamerarendszer

képeinek továbbítása megfelelő sebességgel megoldható, akkor a feldolgozó szerverek kapacitása már jelenleg is meg tud birkózni a képfelismerés feladatával.

2.6.4. Képminőség és gyomfelvételezés

A képminőség kulcskérdés valamennyi digitális gyomfelismerési módszernél.

A területen levő gyomok ellen nem akkor kell védekezni, amikor a gyomok teljesen kifejlődnek, hanem amikor még esetleg csíranövény állapotban vannak. Ez a tényező jelentősen megnehezíti a valós idejű képfeldolgozást, mert tapasztalatunk szerint a legkisebb bemozdulás is használhatatlanná teszi a képi információt.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.7. MINTASZÁM, MINTAMÉRET ÉS MINTA SŰRŰSÉG PROBLÉMÁI A GYOMFELVÉTELEZÉS GYAKORLATÁBAN

A szántóföldi gyomfelvételezési módszerek a természetes vegetáció kutatására szolgáló eljárásokból nőttek ki, egyrészt egzakt, másrészt becslési módszerekre különíthetők el.

Az *egzakt* módszerek hátránya, hogy lassú, aprólékos munkát igényelnek, a mintatér legtöbb esetben a vizsgálat során tönkremegy és nem ismételhető meg a felvételezés. Az egzakt módszereket célszerűen lehet alkalmazni olyan kísérletekben, amelyek célja herbicidhatás, a kompetíció vagy a növényproduktivitás vizsgálata.

A *becslési* módszerek nem pontosak, de végrehajtásuk gyorsabb, egyszerűbb, gazdaságosabb és kellő begyakorlás után kellően pontos információhoz jutunk.

Az európai szántóföldi gyomkutatással foglalkozó publikációkban általában nem nevezik meg a szerzők a gyomfelvételezés módszerét. Általánosságban gyomnövényszámolást végeznek, igen kis területen, de előfordul borítottságbecslés is.

A helyspecifikus gyomszabályozásban a mintasűrűségnek és a mintatér nagyságának alapvető jelentősége van a védekezés sikere szempontjából. Mivel a gyomfelvételezés fárasztó és időigényes terepmunka, emiatt a mintavételek (gyomfelvételezések) számát úgy határozzák meg, hogy a legkisebb költséggel a legtöbb információhoz jussanak a felhasználók.

A mintaterek meghatározásának problémái a gyomnövények térbeli heterogenitásával függenek össze. A témával kapcsolatban több jelentős tanulmány foglalkozott.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.7.1. Technológiai fejlesztések és gyakorlat

JOHNSON ET AL., (1996) rámutattak arra, hogy a precíziós gyomszabályozás nyújtotta, nagymértékű herbicidmegtakarítással járó lehetőségeket a gazdálkodók azért nem használják ki eléggé, mert nincs standardizált módszer a gyomtérképek készítésére. Számos variációt próbáltak már ki, melyek között a néhány méteres osztásközű (5-7,5 m) rácshálóval szemben a nagyméretű (50-90 m) rácsháló szerkesztésére is volt példa. A vizsgált területeken 20×40 méteres rácsot hoztak létre a művelési iránnyal párhuzamosan. A rácspontokon gyomfelvételezést és gyomszámlálást végeztek. Az adatbázison egyszerű pont-krigelést és a távolsággal fordítottan arányos (IDW= Inverse Distance Weighting) interpolálást alkalmaztak. A 20×40 méteres rács 711 pontjának felhasználásával interpolálást végeztek IDW módszerrel. Két tesztnövényre terjedt ki a vizsgálat, a nagy kompetíciós képességű faj, de kis egyedszámmal szereplő *Galium aparine L.* és a kis kompetícióval rendelkező, de nagy egyedszámot mutató *Viola arvensis Murray* gyomfajra. A *G. aparine* a rácstávolság változására érzékenyebben reagált és az alacsony egyedszámú területeken a gyomtérképben veszteség keletkezett. A teljes adatbázis (20×40 m) pontjait megfelezték, majd további felezésekkel eljutottak a 80×80-as (93 felvételezés) térképéhez.

Őszi búza gyomosodási vizsgálatainak eredményeiről számoltak be HEISEL ET AL., 1996-ban. A mintaterületek kijelölésének geostatisztikai vizsgálataiban krigeléses becslési módszert használtak. 10×10 méteres rácsháló méretnél gyakorlati alkalmazhatóságra utaló összefüggéseket állapítottak meg a *Lamium ssp. és Veronica ssp.* fajoknál. Ugyanakkor felhívják a figyelmet a nagy mintasűrűségből adódó feldolgozás időigényességére és megjegyzik, hogy a bemutatott módszerük

használhatóságának feltétele az automatikus gyomfelvételezés.

REW ÉS COUSENS (2001) feldolgozták a gyomfelvételezésre használt mintavételi és analitikai módszereket, felhívták a figyelmet a statisztikai módszerek hibázási lehetőségeire és kiemelték, hogy a területek megfelelő alapossággal elvégzett gyomtérképezése jelentős időráfordítással és költségekkel jár.

A krigeléssel feldolgozott gyomfelvételezési adatok hibalehetőségeit elemezve, REW ET AL., (2001) a folyamatos adatgyűjtést javasolják a mintavételen alapuló módszerek helyett.

HAMOUZ ET AL., (2004, 2006) több éven át folytattak a gyompopuláció térbeli és időbeli állandóságát célzó vizsgálatokat. Megállapították, hogy a gyomtérképek minőségét és a helyspecifikus gyomszabályozás sikerét a rácsháló osztásközének nagysága, valamint a gyomfelvételezési mintaterület mérete befolyásolja elsősorban.

Általánosságban megállapítható, hogy a mintatér méretének megválasztása összefüggésben áll azzal, hogy a gyomfelvételezéseknél az egzakt, vagy a becslési módszereket használják. Az egzakt módszerek (pl. gyomszámlálás) végrehajtása időigényes és fáradságos, emiatt a kisebb mintaterületeket választják a kutatók. A precíziós gyomszabályozással foglalkozó külföldi szakirodalomban általában az 1 m^2 alatti mintaterületekre találunk példákat (LITTERSKI ÉS JÖRNS, 2004; KROHMANN ET AL., 2002). Első megközelítésben a kisméretű mintaterületet indokolja maga a módszer, nevezetesen a gyomnövény-egyedszámlálás. Másrészt REW ET AL., (2001) azt vallják, hogy a mintatér nagyságának kevesebb befolyása van a gyomtérkép minőségére, mint a rácsköznek.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A Magyarországon széleskörűen használt, becslésen alapuló gyomfelvételezés alapjait BALÁZS (1944) tette le. Módszerének lényege, hogy a terepi munka során a mintatereken a gyomfajok azonosítását szakember végzi, a gyomfajok mennyiségi viszonyait (terület fedettségét) pedig egy sajátos skála segítségével állapítjuk meg, mely a mintatér felezési elvén alapul.

BALÁZS FERENC pályatársa, UJVÁROSI MIKLÓS a magyar agrobotanika vezető személyisége a módszert kismértékben továbbfejlesztette, emiatt Balázs - Ujvárosi gyomfelvételezési módszerként vált ismertté a gyakorlatban.

A helyspecifikus gyomszabályozás előzményének a számítógépes tervezési rendszerek kialakulását kell tekintenünk. REISINGER 1977-es vizsgálataiban összehasonlította a gyomfelvételezés módszereit, majd elvégezte az első számítógépes gyomvizsgálatokat (REISINGER, 1979). 1982-ben bemutatta a gyomosságot és gyomirtási technológiát értékelő gépi programokat (REISINGER, 1982) és 1985-ben elvégezte a szója vegyszeres gyomirtásának tervezését számítógép segítségével (REISINGER, 1985). A cönológiai felvételezésekre alapozott gyomirtás tervezés logikai rendszerét búzában és kukoricában 1988-ban mutatta be (REISINGER, 1988) majd 1989-ben megjelent a technológia tervezési problémákról és korszerű megoldásaikról szóló dolgozata (REISINGER, 1989).

A helyspecifikus gyomszabályozás első hazai technológiai megoldásait a 2000-es évek elején mutatták be a mezőgazdasági gyakorlatnak. A veszélyes gyomfajok térinformatikai alapokon történő ábrázolása 2001-ben valósult meg (REISINGER ET AL., 2001).

Az off-line helyspecifikus gyomszabályozáshoz alkalmazható

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

gyomfelvételezési mintasűrűségre vonatkozó vizsgálatokat REISINGER ET AL., 2003-ban ismertették.

NAGY (2003a) bemutatja a gabonatarló térinformatikai alapokon történő gyomfelvételezését, valamint a helyspecifikus gyomszabályozás alapját jelentő gyomtérképek elkészítését (NAGY, 2003b), majd 2004-ben a helyspecifikus gyomszabályozás tervezésének részeként a Balázs - Ujvárosi gyomfelvételezési módszer objektív mérésekkel történő továbbfejlesztését.

REISINGER ET AL., (2006) bemutatják a gyomfelvételezési mintaterületek optimalizálásának modelljét.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2.8. GYAKORLATI EREDMÉNYEK A HELYSPECIFIKUS GYOMSZABÁLYOZÁSBAN

A helyspecifikus gyomszabályozási technológia üzemi szintű hazai bevezetése a zimányi Farkas Mezőgazdasági Kft-nél kezdődött (REISINGER ÉS CSUTORÁS, 2008). A gazdaság Somogy megyében található, heterogén domborzati és heterogén talajadottságokkal rendelkező területeken gazdálkodik.

A terepi munkavégzéshez a kezdeti időszakban szubméteres pontosságú Trimble és AgLeader terepi navigációs eszközöket használtak *(27. ábra)*. Később már az általuk létrehozott, okostelefonra épülő adaptációval végezték el a terepi munkát.

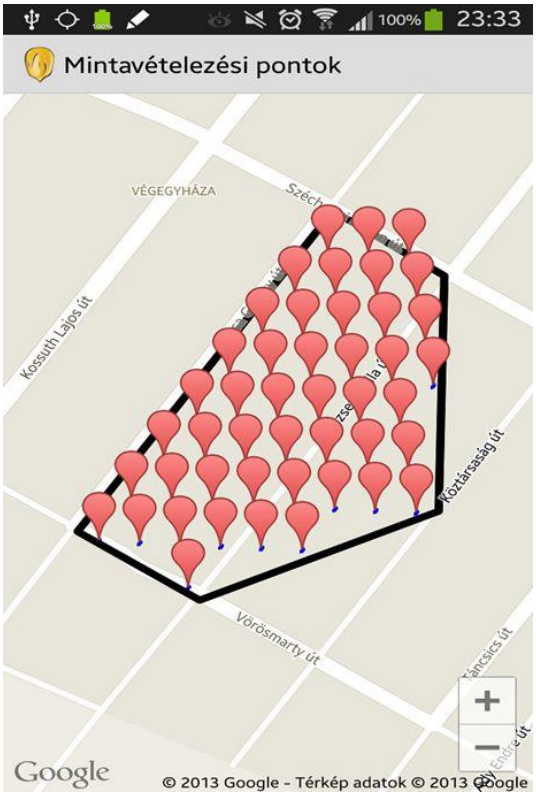
27. ábra. Gyomfelvételezéshez használt AgLeader terepi számítógép

Az okostelefonra kifejlesztett applikáció lényege *(28. ábra),* hogy a tábla körvonalához bejárással, vagy adatbázisból importálással jutunk. Egy utasítással létrehozzuk a rácshálót, majd sorszámmal látjuk el a

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

mintapontokat. Azokat navigációs funkcióban felkeresve elvégezzük a korábban ismertetett gyomfelvételezést.

Az okostelefon memóriájában 254 gyomfaj tudományos neve és életformája szerepel, a Balázs - Ujvárosi gyomtérképezési módszer borítottsági értékeivel együtt. A szántóföldi táblán a gördülő menőkből kell kiválasztani a fajok nevét és borítottsági %-át, majd egy gombnyomással megtörténik azok rögzítése.



28. ábra. Gyomfelvételező applikáció okostelefonra

A napi munka végeztével az okostelefont irodai körülmények között összekapcsoljuk az asztali számítógéppel, ahol automatikusan előáll az xls. táblázat. Egy algoritmus segítségével meghatároztuk azokat az

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

eseteket, amikor feltétlenül kezelni kell a területet, más körülményeknél figyelembe vettük az ökológia küszöbértékeket (ecology treshold), főként a T_1 életformacsoportba tartozó gyomfajoknál.

A gyomtérképek kidolgozását és a kijuttatási tervek elkészítését Microsoft Excel táblázatkezelővel és térinformatikai szoftverrel, AgLeader SMS-el végezték.

A technológia kivitelezéséhez egy módosított 2800 literes, 5 szakaszos, 18 méteres kerettel felszerelt Rau Spridotrain permetezőgépet használtak *(29. ábra)*. A gép eredeti elektronikus rendszerét átalakították és felszerelték két vegyszerinjektáló tartállyal is. A kijuttatási terv végrehajtását és a gép vezérlését egy AgLeader fedélzeti számítógép végezte. Az erőgépet robotpilóta irányította, 2 cm visszatérési pontosságú Trimble RTK állomás jelével.

29. ábra. Injektáló tartályokkal felszerelt Rau Spridotrain precíziós permetezőgép a Farkas Kft.-nél (REISINGER ÉS CSUTORÁS, 2008)

Az átalakított gép az alábbi 4 kezelési variációra volt képes:

a. A permetlé tartályból (2800 lit.) szárszilárdítót tartalmazó permetlét juttatott ki, herbicidek nélkül.

b. A szárszilárdítót tartalmazó permetléhez az „A” tartályból kétszikűirtó herbicid párosult
c. A szárszilárdítót tartalmazó permetléhez az „B” tartályból egyszikűirtó herbicid adódott
d. A szárszilárdítót tartalmazó permetléhez az „A” és a „B” tartályból egyszikűirtó és kétszikűirtó herbicid injektálódott

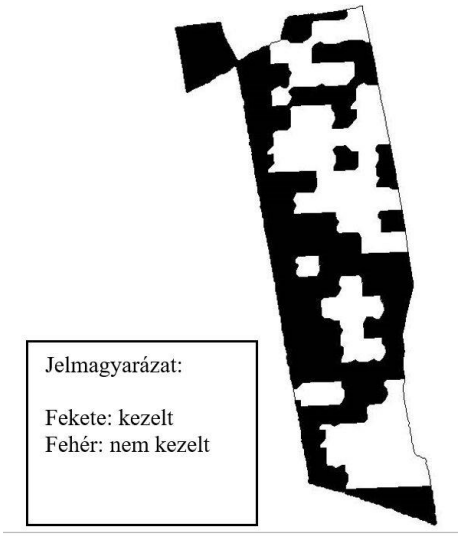
A négyféle variációs lehetőség eredményeképpen egy menetben meg lehetett oldani a helyspecifikus védekezést mind az egyszikű, mind a kétszikű gyomnövények ellen.

2008-ban sikeresnek bizonyult a zimányi Farkas Mezőgazdasági Kft.-nél 6 táblán, összesen 184 hektáron végzett üzemi technológia (REISINGER ÉS CSUTORÁS, 2008)

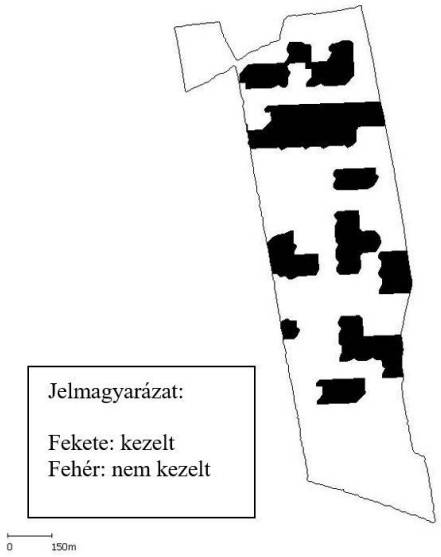
A technológia hatékonyságát kívánja szemléltetni a *30. és 31. ábra.* A Vadépuszta nevű (Lat. 46.611771; Long. 17.791038), 71,16 hektár területű tábláról rögzített adatok alapján megállapították, hogy az Aurora Super SG-vel (1kg/ha) kezelt terület 40,54 hektárt tett ki, amely az összes terület 57 %-át képezi. Az Axial One-nal (1l/ha) kezelt terület 18,71 ha (24 %).

A tábla teljes területén történő kezeléssel szemben az Aurora Super SG esetében 43 %-os, az Axial One-nál pedig 76 %-os mértékű herbicid megtakarítást értek el (*30. és 31. ábrák)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



30. ábra. Aurora Super SG herbiciddel (1kg/ha) kezelt/nem kezelt terület megoszlása



31. ábra. Axial One herbiciddel (1l/ha) kezelt/ nem kezelt terület megoszlása

A búzatáblát a betakarítás előtt részletesen bejárva megállapították, hogy gyomosságból eredő kártétel nem fordult elő, a táblát gyommentesnek minősíthették (REISINGER ÉS CSUTORÁS, 2008).

Az őszi búza precíziós gyomszabályozásának tapasztalatairól és eredményeiről REISINGER ÉS KŐMÍVES (2012) számoltak be. A technológia eredményességét a következő évek tapasztalatai is igazolták (REISINGER ÉS BORSICZKY, 2013). A 2008 és 2016 közötti eredményeket az *2. táblázat* szemlélteti.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

2. táblázat. A Farkas Mezőgazdasági Kft területén végzett precíziós gyomszabályozás eredményei (2008-2016).

Year	Terület	Táblák száma	Gyomfelvételezések száma	Kezeletlen terület%
2008	184	6	368	68
2009	195	3	390	76
2010	102	3	204	38
2011	177	4	342	51
2012	119	4	237	65
2013	126	4	241	55
2014	170	10	335	31
2015	69	2	141	25
2016	95	2	201	52
Összesen	**1237**	**38**	**2459**	**51**

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. AUTONÓM ESZKÖZÖK HASZNÁLATA A HELYSPECIFIKUS GYOMSZABÁLYOZÁS GYOMFELVÉTELEZÉSÉNEK GYAKORLATÁBAN

„A precíziós mezőgazdaság definíciója műszaki-informatikai szempontból alapvetően a helyspecifikus, pozícionált (adott helyre vonatkozó) információgyűjtésre és kezelésre épül. Nem szabad csupán a precíziós (precíz) fogalom értelmezésére támaszkodni, hiszen lehet a technológia nagyon pontos, mégsem ebbe a fogalomba tartozik akkor, ha egy adott termelési egységben (táblán) belül az eltérő körülményeket nem veszi figyelembe, és nem annak megfelelően változtatja a kezelések jellemzőit" (NEMÉNYI IN NÉMETH ET AL., 2007).

UJVÁROSI (1957) szerint a gyomirtás eredményességét elsősorban az dönti el, egy adott területen mennyire ismerjük a gyomfajok előfordulásának faji és azon belül mennyiségi viszonyait, és a helyspecifikus gyomszabályozás eredményessége a feltérképezett mintaterületek adatainak pontosságától függ.

Az előbbi hipotézist tovább gondolva a helyspecifikusan végrehajtott gyomirtás eredménye attól függ, milyen pontos és gyors a táblán a gyomok lokális jelenlétének feltérképezése.

3.1.1. A gyomfelvételezés időpontja

Az őszi kalászos gabonák gyomfelvételezésének optimális időpontja a kultúrnövény fejlettségi állapotától függ. Amennyiben a bokrosodás végi fenológiai állapotban (BBCH 29) végrehajtott gyomfelvételezés idején nem találunk csírázó gyomnövényeket, biztosak lehetünk abban, hogy a későbbiekben sem lesz a területen kompetíciót előidéző gyomnövényzet. Ebben az időpontban már regisztrálható az évelő kétszikű *C. arvense* is,

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

mert hidegtűrő tulajdonsága révén már tél végén megjelennek tőlevélrózsái.

A kora tavaszi gyomfelvételezés naptári időpontja a kitavaszodástól függően március 10. és április 10. közötti időintervallumban van. A N fejtrágyázását követően a gabona intenzív vegetatív növekedésnek indul, melynek következtében a terület olyan mértékben árnyékolódik, hogy az esetlegesen később csírázó gyomnövények gyenge asszimilációs produktivitásuk miatt el is pusztulhatnak. Ez a megfigyelés csak a jó kondícióban lévő, kellő állománysűrűséggel rendelkező, vetéshibáktól mentes, zárt gabona állományokra vonatkozik. Ellenkező esetben a gabona gyomelnyomó hatása nem érvényesül és már a melegebb tavaszi napokon tömegesen csírázhatnak a T_4 életforma típusba tartozó gyomnövények. Ezek a melegkedvelő gyomnövények megnehezíthetik a betakarítást és jelentős termésveszteséget okozhatnak. Ez a tény is megerősíti azt a tapasztalatunkat, hogy egy gazdaság akkor jár el helyesen, ha a növénytermesztés legtöbb munkafázisát (tápanyag-utánpótlás, vetés stb.) precíziósan végzi.

A fenti típus-eseten túlmenően külön kell foglalkoznunk a kalászos gabonák őszi preemergens és korai posztemergens gyomirtásának problémakörével. A gabonák őszi vegyszeres gyomirtása hazánkban ma még elhanyagolható (kb.10 %) nagyságrenden történik, de a globális felmelegedéssel járó enyhe telek miatt ez az arány növekedni fog. Néhány veszélyes, T_2-es életformatípusba tartozó gyomnövény már ősszel csírázik és az enyhe teleken olyan mértékben megerősödik, hogy a tavasszal használatos herbicidek hatástalanok velük szemben. Két veszélyes gyomfajt kell megemlítenünk: az egyéves egyszikű *Apera spica-venti (L.) P. Beauv.*-t és az egyéves kétszikű *G. aparine*-t. A rendszeres

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

gyomfelvételezés során a gabona szakaszban ezen fajok jelenléte archiválásra kerül és egy későbbi gabona szakaszban a gyomirtás tervezésénél az adatbázisból a szükséges adatok előhívhatók és az őszi gyomirtószeres kezelésnél felhasználhatók. Ez lehetséges a gyomfajok viszonylagos helyzeti állandósága miatt.

A tág térállású (un. kapás kultúrák) gyomfelvételezésénél abból az alapvető tényből kell kiindulni, hogy a kultúrnövény kezdeti fejlődési állapotában (ez növényfajtól függően 6-8 hét) nagy a növénymentes talaj felület, mely egyértelműen kedvez a gyomosodásnak. A hazai talajok rendkívül nagy gyommag- és vegetatív szaporító képlet tartalma miatt a tág térállású kultúrák kezdeti fejlődési állapotukban jelentős mértékben gyomosodnak és az ember gyomirtó tevékenysége nélkül e kultúrák nem termeszthetők eredményesen. Joggal feltételezhetjük azt, hogy a tág térállású kultúráknál a gyomszabályozás valamelyik módjának (pl. mechanikai, vegyszeres stb.) alkalmazása kötelező technológiai elem.

A tág térállású kultúrák gyomszabályozására számos herbicides, herbicidektől mentes és e kettő módszer variációi léteznek. Ezek közül kiemeljük a preemergens (vetés után-kelés előtti), a posztemergens (állományban történő) vegyszeres és mechanikai kezeléseket. A tág térállású kultúrák gyomirtás tervezésénél adódik számos precíziós kezelés variáns, melyekben szerepet kapnak a szenzor-vezérelt mechanikai és vegyszeres, elsősorban online (valós idejű) megoldások.

A tág térállású növények gyomszabályozásánál is figyelembe kell venni a gyomnövények életforma, ill. morfo-ökológiai tulajdonságait.

Az egyéves egy- és kétszikű gyomnövény csoportok esetében több, hatékony megoldás létezik, ellenben az évelő egy- és kétszikű gyomok eltávolítása bonyolultabb megoldásokat feltételeznek. Ez vonatkozik az

eszköz kiválasztásra, a beavatkozási időpontra és több éven át tartó jól átgondolt koncepcióra.

A tág térállású kultúrákban a gyomszabályozási technológia tervezésére a hagyományos Balázs - Ujvárosi módszert ritkán használja a gyakorlat. A vegyszeres gyomirtás tervezésénél a korábbi évek tapasztalatait veszik figyelembe a termelők, a precíziós megoldásoknál külön szabály-rendszer van kialakulóban, ezek általában on-line típusúak.

Az eredményes gyomszabályozás és okszerű növényvédelem alapfeltétele az alapos határszemle: a terület, a területen levő kultúrnövények állapotának felmérése, a területen élő gyomflóra és egyéb kártevők ismerete és beazonosítása.

A kártevők heterogén térbeli eloszlást mutatnak, emiatt a feltérképezésükhöz módszeresen végig kell járni a területet, amely nagy területeknél fáradtságos és folyamatos koncentrációt igénylő feladat.

Az autonóm eszközök megjelenésével ez a feladat gépek által kivitelezhető.

3.1.2. Autonóm légi járművel végzett gyomfelvételezés

A 2015.03.25.-én elvégzett gyomfelvételezési kísérlet helyszínének a Farkas Mezőgazdasági Kft. vadépusztai tábláját választottuk (Lat:46.612222, Long:17.785797) (*32. ábra*). Az összesen 121 hektár területű táblán, jól megközelíthető helyen kijelöltünk egy 2,5 hektár nagyságú kísérleti területet. Időjárási körülmények: 13 ^{o}C, 9 m/s-os széllökésekkel.

A területet jó kondícióban levő lévő őszi búza állomány borította, BBCH (15-27) közötti fenológiai állapotban *(33. ábra.).*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

32. ábra. A vadépusztai hexakopteres kísérlet helyszíne, 2015.

33. ábra. A vadépusztai hexakopteres kísérlet növényállománya, 2015.

DJI S900 típusú, professzionális, hexakopter drónt használtunk. A gép csúcskategóriás vezérlőrendszere (DJI A2), 4,2 kg-os terhelhetősége és széllökésekkel szemben bizonyított stabilitása alkalmassá tette a feladat elvégzésére (*34. ábra*).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

34. ábra. Kamerával felszerelt DJI S900-as hexakopter

Képalkotásra optikai képstabilizátorral is ellátott, 12 megapixel felbontású Canon PowerShot SX260 HS kamerát használtunk, mely rezgéscsillapítóval ellátott tartón keresztül kapcsolódott a hexakopter szerkezetéhez.

Többféle repülési tervet készítettünk, 5, 10, 20 50 méteres repülési magasságokkal *(35. ábra)*. 5 méteres magasság volt a rendszer minimuma, ütközésveszély miatt nem volt lehetséges kisebb magassággal dolgozni.

A képek készítése közben a drón egyhelyben lebegett.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

35. ábra. A DJI S900-as autonóm hexakopter egyik repülési útvonala, a számítógép kijelzőjén. 18 méteres fogások, 5 méteres repülési magasság

Az öt méteres magasságból rögzített képek zárt felhőzet mellett készültek. A képeken elkülöníthetők egymástól a kultúrnövények, látszanak a nagyobb és aggregált gyomnövények, azonban a biztonságos beazonosításuk nem sikerült. A csíranövény állapotú gyomok biztonságos felismerése egyáltalán nem volt lehetséges *(36. és 37. ábrák)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

36. ábra. Öt méteres magasságból készült képek

37. ábra. Öt méteres magasságból készült kép, kinagyított részlet

Napsütésben készültek a 10 és 20 méteres magasságból fényképezett képek. A csírázó gyomnövényeket nem sikerült felismerni (*38. és 39. ábrák)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

38. ábra. Tíz méteres magasságból készült kép

39. ábra. Húsz méteres magasságból készült kép

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.1.3. Állományban közlekedő autonóm járművel végzett gyomfelvételezés

Gyomfelvételezési tapasztalatainkat összegezve, 2016 nyarán elkezdtük az állományban közlekedő gyomfelvételező robot fejlesztését.

Az első pillanatától kezdve a legrégebbi, de az általunk jelenleg a legbiztonságosabbnak tartott gyomfelismerési technológiát helyeztük előtérbe: a növények morfológiai tulajdonságainak felismerésére koncentráltunk.

A gyomok fenológiai állapotának megkülönböztetésének komplex feladatát a szakember szeme és agya másodpercek törtrésze alatt elvégzi. Az emberi szem jól tudja kezelni az egymást átfedő vagy torzult alakú gyomok problémáját is, mely az automatikus gyomfelismerés egyik jelentős hátráltató tényezője (HANSEN ET AL., 2013).

Digitális képek készítése

A Balázs - Ujvárosi gyomfelvételezési módszert használva kiindulási alapként a fejlesztések kezdeti fázisában megvizsgáltuk a gyomfelvételezésre alkalmas képek készítésének feltételeit.

Több sorozatot készítettünk különböző felbontású és kivitelű fényképezőgépekkel a gyomfelvételezés szemmagasságából, 100-120 cm-ről. A képek felbontásának és minőségének elemzése után megállapítottuk, hogy 10-12 megapixeles, bemozdulástól mentes képek alkalmasak a gyomfelismerésre. A készített képeken be tudtuk azonosítani a csírázó gyomokat is.

Az autonóm gyomfelvételező robot fejlesztése

Az eredményesen használható gyomfelvételező eszközzel és

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

munkájával kapcsolatos elvárásainkat a következőképpen fogalmaztuk meg:

- Tökéletes minőségű, a látható színtartományban készülő nagy felbontású felvételek
- Autonóm működés
- Vibrációmentes állapot a képek készítése közben
- Jó domborzatkövetés
- Időjárástól, főleg széltől való függetlenség
- Taposási károk minimalizálása
- Alacsony energiafelhasználás
- Mobilitás, szállíthatóság

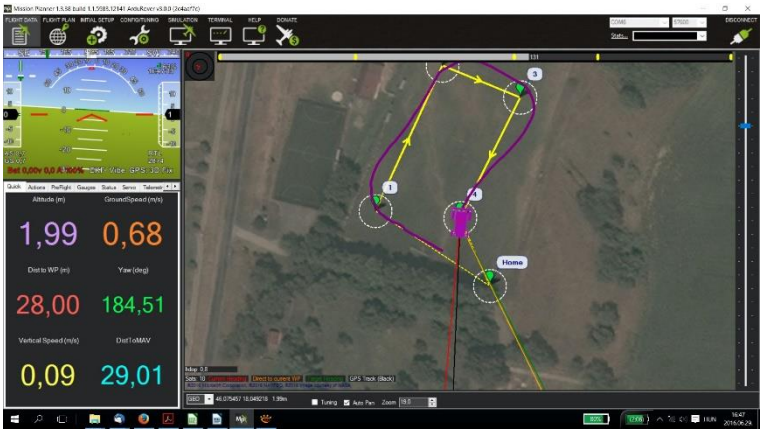
Kiindulási alapnak elektromos kerékpárt használtunk, mely később több szempontból is jó döntésnek bizonyul. A járművet átalakítottuk és felszereltük autonóm irányítórendszerrel (BORSICZKY ÉS REISINGER, 2017).

A autonóm irányítórendszerként a PIXHAWK platformot, független és nyílt hardvert használtuk (FORRÁS: URL[5]). A rendszer egy nagyon hatékony, valós idejű operációs rendszert futtat (RTOS, real-time operating system) (PIXHAWK.ORG). Az eszköz pozícionálására és irányítására szubméteres pontosságú Novatel antennát használtunk.

A rendszert a Mission Planner nevű, nyílt forráskódú szoftver felületén keresztül irányítottuk (FORRÁS: URL[6]), mely nemcsak az irányítást végzi, hanem rögzíti a telemetriai adatokat is (*40. ábra).*

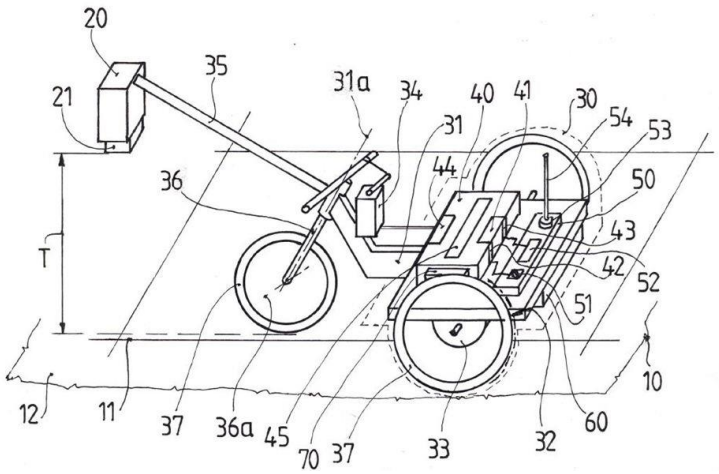
A gyomfelvételező eszköz méretét úgy alakítottuk ki, hogy pick-up kisteherautóban szállítani lehessen, biztosítva a technológia mobilitását.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



40. ábra. Az első útvonalterv a Mission Planner felületén (saját forrás)

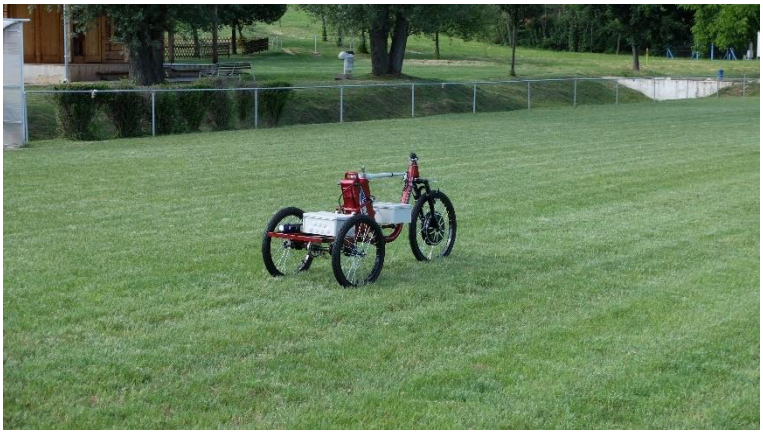
A *41. ábrán* láthatók a gyomfelvételező robot főbb alkotóelemei és a hivatkozási jelek jegyzéke *(3. táblázat*).



41. ábra. Autonóm gyomfelvételező robot ábrája a szabadalmi leírásból

3. táblázat. Hivatkozási jelek jegyzéke

Jel	Hivatkozási jelek jegyzéke
10	Kezelendő terület
11	Terület darabja
12	Talaj
20	Képfelvételező egység
21	Optikai tag
30	Képfelvételezőt hordozó egység
31	Vázszerkezet
31a	Vázszerkezet főtengelye
32	Helyváltoztatásra alkalmas egység
33	Hajtómű
34	Mozgásirány beállító részegység
35	Távtartó elem
36	Elfordítható kerékvilla
36a	Elfordítható kerékvilla forgástengelye
37	Forgó tagok (legalább 3)
40	Vezérlő egység
41	Bejövő adatkezelő kapu
42	Utasító kimenet
43	Vezérlőadat bemenet
44	Vezérlő egység utasító kimenet
45	Programozható processzor
50	Rádiófrekvenciás adatforgalmazó egység
51	Helymeghatározó alegység (GPS modul)
52	Távvezérlő alegység
53	Adó-vevő
54	Antenna
60	Energiaforrás
70	Adattároló részegység
T	Távköz



42. ábra. Az első próba a bodai sportpályán 2016.06.29.-én (saját forrás)

A jármű első, még kamera nélküli próbájára 2016.06.29.-én került sor *(42. ábra)*, majd rövidesen tesztelni kezdtük szántóföldi körülmények között is, többféle kultúrában: őszi búza, repce, őszi árpa, durumbúza és

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

borsó.

A képek rögzítésének technikáját folyamatosan tökéletesítettük, míg eljutottunk a kívánt minőségig (*43. és 44. ábrák*).

43. ábra. Autonóm jármű által készített felvétel a mintaterületről

44. ábra. Számítógép kijelzőjén kinagyított részlet az autonóm jármű által készített felvétel a mintaterületről

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A *43. és 44. ábrákon* látható rácshálót Fiji szoftverrel készítettük, mely az ImageJ nevű, nyílt forráskódú Java képfeldolgozó program egyik disztribúciója (SCHINDELIN ET AL., 2012).

A rácsháló segít a borítottság becslésében, ugyanis a rácsháló celláinak mérete megegyezik a teljes kép felületének a 3,12%-val, ami a Balázs - Ujvárosi skála egyik fontos mértéke.

3.1.4. Összehasonlító vizsgálatok az autonóm robot és a Balázs -Ujvárosi féle gyalogos gyomfelvételezési módszerek között.

Magyarországon legelterjedtebb a szántóföldi területeken a Balázs – Ujvárosi gyomfelvételezési módszer. Számos előnye mellet egyik legnagyobb hátránya, hogy a terepi munka fáradságos gyaloglással jár. Többször felvetődik emellett a mintasűrűség kérdése is, ugyanis 0,5 hektáronként egy 2×2 méteres mintatér adatait terjesztjük ki 5000 m^2- es területre.

Bár léteznek gyakorlati praktikák ez utóbbi probléma mérséklésére, mégis érdemes megvizsgálni azt, hogy a kisebb, de sűrűbb mintatér megbízhatóbb eredményeket ad-e a terület gyomnövényzetének textúrájáról.

A kísérlet a bicsérdi B-Aranykorona Kft. Boda község határában levő őszi árpa táblájának kiválasztásával kezdődött. A tábla neve Rétszél, mérete: 32,3 ha (Lat. 46,064771, Long. 18,049144). Talaja középkötött vályogtalaj. A tábla a vetés előtt talajtani szaktanács alapján részesült tápanyag visszapótlásban. Az ősz árpát 2016. október 9-10.-én vetették el, 190 kg/ha vetőmag mennyiséggel. A fajta neve: KWS Gigga, középérésű, 6-soros őszi árpa.

A növényállomány jól vészelte át a telet és a kitavaszodás idejére

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

egyenletesen fejlett, vetéshibáktól mentes, jó kondíciójú állományt mutatott.

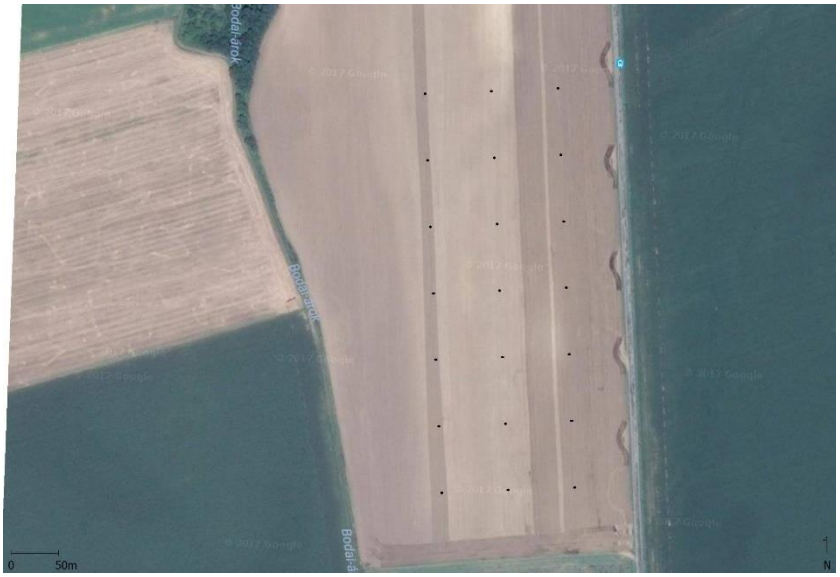
A táblán digitálisan kijelöltünk egy téglalap alakú táblarészt, melynek területét 10,97 hektárban határoztuk meg. A kísérlet végrehajtásának megkönnyítése végett a táblarész a közeli közút mentén jelöltük ki *(45. ábra)*.

45. ábra. Kísérleti terület a bicsérdi B-Aranykorona Kft. Rétszél nevű táblájában

Ezt követően elvégeztük a mintakiosztást 71×71 méteres és ugyanezen a területen 18×18 méteres rácsháló szerint. Mind a két esetben a rácsháló celláinak középpontjába jelöltük ki a mintatereket *(46. ábra)*.

A Balázs-Ujvárosi felvételeket 2017.03.24-én végeztük el, ugyanazon a területen két személy alkalmazásával a 21 mintatér felvételezése 2 órát vett igénybe. Az adatokat xls. táblázatba rögzítettük.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



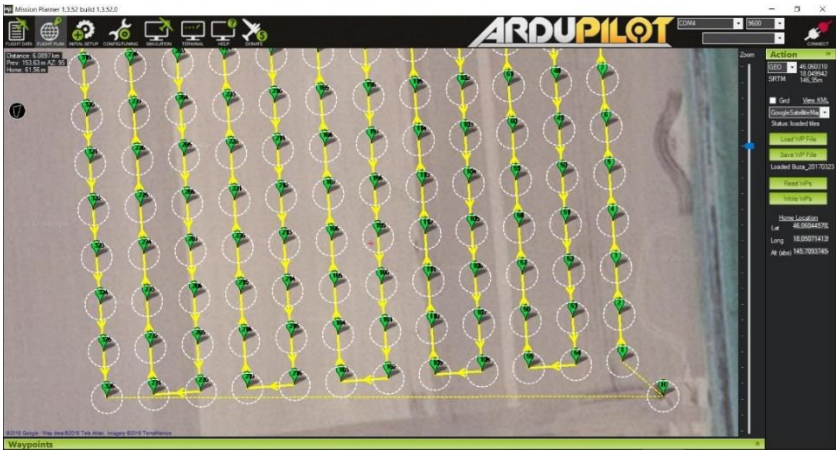
46. ábra. Mintaterület kiosztás az AgLeader SMS szoftver segítségével a Balázs - Ujvárosi-féle gyomfelvételezés elvégzéséhez

A kísérleti terület kijelölésére és a mintaterületek kiosztására AgLeader SMS Advanced térinformatikai szoftvert használtunk. Terepi navigációra Leica Icon PDA-t használtunk, AgLeader SMS Mobile szoftverrel.

Az autonóm robottal készített felvételek időpontja 2017.03.25.-én (12:15-13:56) volt. A kísérleti terület kijelölésére és a 326 mintaterület kiosztására a Mission Planner nevű szoftvert használtuk, mely az eszköz irányítását is végezte *(47. ábra).*

A nettó munka 71 percet vett igénybe. Az időjárási körülmények kedvezőek voltak a munka végzésére, a levegő hőmérséklete 19 ºC volt, a széllökések 10m/s értéket mutattak. A mintaterületek száma 326 volt.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



47. ábra. Az autonóm jármű gyomfelvételezési útvonalának kinagyított részlete

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.2. AZ NDVI INDEX ÉS A GYOMOSSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEI ŐSZI BÚZÁBAN

Az őszi búza tápanyagellátására – hasonlóan a többi termesztett növényünkhöz – többféle modellt dolgoztak ki az elmúlt évtizedekben. A kísérletek és a termelői tapasztalatok egyértelműen igazolják, hogy a tavaszi egy, vagy két különböző időpontban elvégzett nitrogén fejtrágyázásnak jelentős termésnövelő és minőségjavító hatása van. A növény számára optimális mennyiségű nitrogén műtrágya adagolása csökkentheti a gabonatáblák aratás előtti megdőlését is.

A szükséges nitrogén dózist általában az ásványi N (N min. módszer) és levél-analízis vizsgálatokkal határozzák meg. A levélanalízisen alapuló nitrogén fejtrágyázás tervezés hátránya a tetemes vizsgálati költség, mely behatárolja a minták számát és a kapott eredmények többnyire csak táblaszinten értelmezhetőek.

A precíziós tápanyag-ellátási módszerek kifejlesztésével (NÉMETH ET AL., 2007) megnyílott a lehetőség a lokális kezelésekre, melyek más típusú input adatgyűjtést és mintavizsgálatot igényelnek.

A közelmúltban létrehozott és forgalomba került N szenzor lehetőséget teremt a táblán belüli eltérő növényállapot mérésére és az un. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) index alapján történő nitrogén műtrágya adagok kijuttatására.

A vegetációs index (NDVI) egy 0-1-ig terjedő, dimenzió nélküli mérőszám, amely egy adott terület vegetációs aktivitását fejezi ki (EREDICS, 2007). Az NDVI korrelál a területet takaró növényzet fajlagos klorofill tartalmával és fejlettségi állapotával is. Az NDVI index ezen tulajdonságát használhatjuk tápanyag utánpótlási dózisok kiszámítására.

Az NDVI indexre vonatkozó elméleti vizsgálatok az Egyesült Államokban az 1970-es évek elején kezdődtek. COLWELL (1974) kutatásai

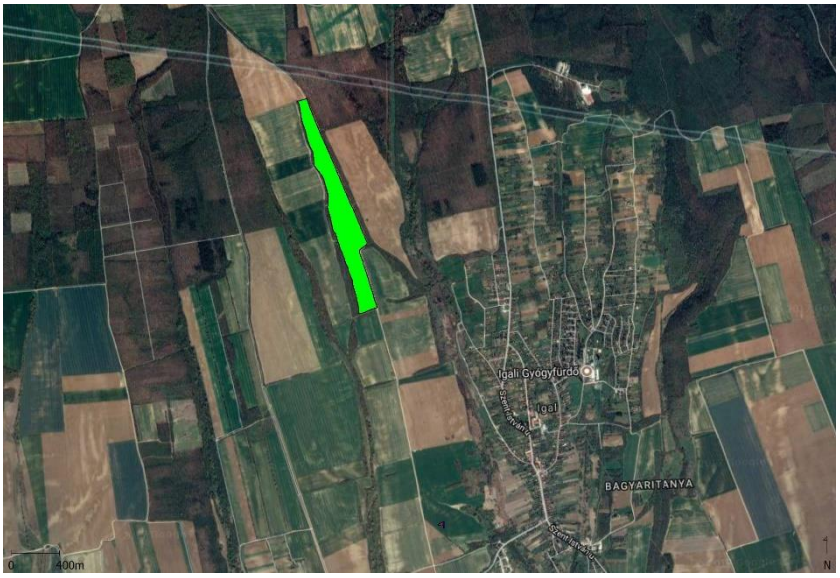
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

során megállapította, hogy a növényzet mennyisége, morfológiai és fiziológiai állapota és az általa visszavert vörös és infravörös közeli sugárzás között szoros kapcsolat áll fenn. A külföldi vizsgálatok elsősorban a műholdas távérzékelésre irányultak és az ide vonatkozó irodalmi források nagy része is ebben a témakörben jöttek létre. Korábbi hazai vizsgálatoknál a növényzet és a talaj közötti spektrális viszonyokat vizsgálták földközeli módszerekkel (TAMÁS ÉS REISINGER, 2004). A magyarországi ez irányú kutatásokat a parlagfű (*A. artemisiifolia*) elleni mentesítési programok motiválták (KARDEVÁN ET AL., 2004; KŐMÍVES ET AL., 2006). Átfogó tanulmány jelent meg a nyári hőhullámnak a fenológiára gyakorolt hatására, valamint a távérzékelési módszerekkel mért vegetációs index értékeinek változásának összefüggésére Magyarországon (KERN ET AL., 2008).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.2.1. Gyomfelvételezés és NDVI vegetációs index mérési vizsgálatok ismertetése

Kísérletünket 2013. év tavaszán állítottuk be a Somogy megyei Zimány községben, a Farkas Kft. Igal 2 nevű 26,94 hektáros búzatábláján. A tábla Kaposvártól ÉK-i irányban található a Somogyi dombságban. A talaj típusa Raman-féle barna erdőtalaj. A talaj átlagos kémhatása 6,1 pH (a táblán belül heterogén eloszlást mutat, 4,2-6,8 pH), az átlagos Arany-féle kötöttségi szám 42 (39 és 43 között változik). Az átlagos humusztartalom 1,5% (1,2 és 2,1 között változik). A terület nagyobbrészt sík fekvésű, elkeskenyedő részén nyugati irányban enyhén lejtős *(48. ábra)*.



48. ábra. A Farkas Kft igali táblája

A táblán 2012-ben kukoricát termesztettek. A kukorica betakarítása után a korábban elvégzett talajanalízisre alapozott trágyázási tanács-szolgáltatás szerint Timac NP 38 (N 8, P 30) műtrágyát juttattak ki 151 kg/ha mennyiségben, melyet 94 kg/ha MAS (mészammon salétrom) és 118 kg/ha Kálisó (60 %-os) műtrágya követett. A forgatás nélküli talajművelést

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

Kverneland CTS eszközzel végezték el október 17-én. A búza vetését a rá következő napon, optimális időben és talajállapotban hajtották végre II. fokú Assano őszi búza fajtával, 230 kg/ha vetőmag mennyiséggel. Az őszi búza az évjáratnak megfelelően, még októberben csírázott és jó kondícióban, egyenletes állományban indult a télbe.

A gyomfelvételezéseket 2013. 04. 12-én végeztük el Balázs-Ujvárosi-féle cönológiai módszer alkalmazásával (BALÁZS, 1944) úgy, hogy a mintatereket megjelöltük GNSS azonosítókkal. Erre a feladatra az AgLeader típusú terepi PDA számítógépet alkalmaztunk *(49. ábra)*.

49. ábra. AgLeader terepi számítógéppel végzett gyomfelvételezés és NDVI mérés, hordozható Trimble Green Seeker-rel

A gyomfelvételezések munkamenete a tábla határvonalának meghatározásával kezdődött. Ennek birtokában az AgLeader készülék a táblát 0,5 hektáros cellákra osztotta fel, egy raszter háló segítségével. A háló négyzeteinek középpontjában helyeztük el az 54 db. 2×2 méteres gyomfelvételezési mintaterületeinket. A mátrix középpontjába helyezett

mintapontokat sorszámmal láttuk el, majd meghatároztuk a gyomfelvételezés végrehajtásához szükséges kezdési pontot és a táblán belüli haladási irányt.

Ezt követően a készüléket navigációs funkcióba helyeztük és megkezdtük az első mintahelyen a gyomfelvételezés végrehajtását. A gyomfelvételezést általában a legnagyobb borítottsággal szereplő gyomfajjal kezdtük, majd mindaddig folytattuk, míg a mintaterületen található összes gyomfaj borítottságát megállapítottuk. Megbecsültük az őszi búza felületborítottságát, majd a gyomfajok és az őszi búza borítottságának értékeit összeadtuk és számítással meghatároztuk a növényzettel nem fedett talajfelszín mértékét.

A gyomfelvételezési mintaterületeken egyidejűleg megmértük az NDVI értékeket is. Az eszköz elektronikus jelek formájában tárolta a koordinátákat és az NDVI értékeket. Az NDVI vegetációs index mérésére Trimble GreenSeeker típusú hordozható eszközt használtunk.

Az adatokat az Excel táblázatban úgy rendeztük, hogy az oszlopokba kerültek a minta sorszáma, a helyazonosítók (longitude, latitude), a különböző gyomfajok gyomborítottság értékei és az NDVI értékek. A táblázat soraiban szerepeltek az aktuális mintára vonatkozó mennyiségi adatok. A statisztikai elemzéseket a Statistica (version 11; StatSoft, Inc. 1984-2012) szoftverrel végeztük. Megnéztük a gyommentes és a gyomos búza területekről vett minták jellemzőit (elemszám, átlag, minimum, maximum, szórás, standard hiba). Lineáris összefüggést kerestünk a növényborítottság és az ott mért NDVI értékek között gyommentes, valamint a gyomos búza esetében is. Először ábrázoltuk a növényborítottság (független változó) függvényében az NDVI értékeket (függő változó) mindkét esetben. A kapott ponthalmazokra lineáris

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

regressziós egyenest illesztettünk a legkisebb négyzetes eltérés módszerével. A regressziós kapcsolatot a regressziós egyenlettel írtuk le.

Meghatároztuk a regresszió jellemzőit: a (Spearman-féle) lineáris korrelációs együtthatót (r), ennek négyzetét (r^2), vagyis a determinációs együtthatót, amely azt mutatja meg, hogy a független változó milyen arányban befolyásolja a függő változót, majd elvégeztük a megfelelő szignifikancia vizsgálatokat.

Hipotézisvizsgálatot végeztünk annak igazolására, hogy a gyommentes és a gyomos területeken mért NDVI értékek ($NDVI_1$, $NDVI_2$) szignifikánsan eltérnek-e egymástól (t-próba) (RENCHER, 2003; SVÁB, 1973).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.2.2. Mintaterületek NDVI vegetációs indexeinek mérései gyomtalanítás előtt és után- a vizsgálatok ismertetése

Kísérletünket 2014. év tavaszán, 03.13.-án állítottuk be a Somogy megyei Zimány községben, a Farkas Kft. Orci 42 nevű, 42 hektáros búzatábláján. A tábla Kaposvártól ÉK-i irányban található a Somogyi dombságban. A talaj típusa Raman-féle barna erdőtalaj, a terület nagyobbrészt sík fekvésű *(50. ábra)*.

50. ábra. A Farkas Kft Orci nevű táblája

A táblán 2013-ban őszi káposztarepcét termesztettek. A repce betakarítása után a korábban elvégzett talajanalízisre alapozott trágyázási szaktanácsadás szerint helyspecifikusan juttatták ki a műtrágyát. A forgatás nélküli talajművelést Kverneland CTS eszközzel végezték el október 17-én. A búza vetését a rá következő napon, optimális időben és talajállapotban hajtották végre II. fokú Babona őszi búza fajtával, 210 kg/ha vetőmag mennyiséggel. Az őszi búza az évjáratnak megfelelően, még októberben csírázott és jó kondícióban, egyenletes állományban

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

indult a télbe.

A kiválasztott búzatáblán, véletlenszerű elrendezésben kiválasztottunk 20 db 1×1 méteres mintaterületet, majd minden esetben megmértük az NDVI indexet egy Trimble GreenSeeker Handheld típusú eszközzel *(51. ábra*). Ezt követően kézzel eltávolítottuk a mintaterületeken található gyomfajokat és ismét NDVI mérést végeztünk. A mintaterületeken rögzítettük a mintavételezés helyének helyazonosító koordinátáit is (52. ábra).

51. ábra. NDVI index mérése gyomlálás előtt

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

52. ábra. A mintaterületek kézi gyomtalanítása

A szenzorok által mért NDVI értékeket elsősorban a helyspecifikus, differenciált nitrogén fejtrágyázás gyakorlatában hasznosíthatjuk. A differenciált kijuttatás eszközei rendelkezésre állnak - súlymérős műtrágyaszóró a szilárd műtrágya kijuttatására, illetve olyan permetezőgépek, melyeknek elektronikus vezérlése differenciált kijuttatásra alkalmas. A gyakorlatban rendelkezésre állnak NDVI alapú faj- illetve fajtaspecifikus tápanyag utánpótlási algoritmusok is. Az általunk mért értékekhez az Oklahoma State University által, őszi búzára kifejlesztett algoritmust rendeltük (RAUN ET AL., 2001). A területen a tervezett termésmennyiség 8 tonna/ha; a referencia sáv NDVI értéke 0,89; a talaj NDVI értéke pedig 0,15-nek bizonyult.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.3. GYOMSZABÁLYOZÁSI VIZSGÁLATOK ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁSBAN TERMESZTETT NAPRAFORGÓBAN

Napjainkban erős törekvés irányul arra, hogy a növénytermesztésben drasztikusan csökkenjen a növényvédő szer felhasználás. Ez a tendencia érezhető a hivatalos szerveknek (Európai Unió) a peszticidekre vonatkozó deregulációs törekvéseiből, amely sok esetben összecseng a fogyasztói igényekkel. Az öko-gazdálkodásra való áttérés korábban a kis területen termesztett, kertészeti kultúrákra irányult, mert a növényvédelmi problémákat egy család, elsősorban kézi munkaerő alkalmazásával meg tudta oldani. Az árutermelő jellegű bio-gazdálkodásnak számos problémával kellett szembenézni, melyek közül legfontosabb a terület gyommentesítése.

A probléma megoldásában fordulatot hozott a térinformatika és szenzortechnika elterjedése a mezőgazdaságban. Egy új termelési irányzat jött létre, melyet precíziós öko-gazdálkodásnak nevezünk.

A nagymértékű peszticid korlátozási programok (EU) arra ösztönözik a mezőgazdasági termelőket, hogy más, alternatív módszereket keressenek a növényvédelmi problémák megoldására. Az utóbbi évtizedekben számos térinformatikai és szenzortechnikai fejlesztés történt a világon, ezek az eredmények a mezőgazdaságban is elterjedőben vannak.

Dolgozatunkban a széles sortávolságú, tág térállású szántóföldi kultúrák, így a napraforgó felé irányítottuk figyelmünket, mert úgy tapasztaltuk, hogy a bio-élelmiszeripar egyre nagyobb mennyiségű nyersanyagot igényel.

Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk, milyen lehetőségei vannak a bio-napraforgóban a szenzor vezérelt sorköz-kultivátorozásnak és az un. ujjas gyomirtóval történő sorművelésnek.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

Kísérletünket 2017.05.14.-én állítottuk be a Bicsérdi Bio Kft. Vizér nevű tábláján (Lat. 46.033597, Long. 18.084934.). A bio-blokk tábla területe 106,5 ha volt, melyből 37 ha-t tett ki a napraforgó *(53. ábra)*. Az üzem Pécstől nyugatra 15 km távolságra fekszik, a Pécs természetes ívóvízbázisát alkotó ún. tortyogói területen. A tábla sík területen fekszik és talaja homogénnek mondható. A talaj genetikai talajtípusa réti talaj, K_A 39-41 közötti Arany-féle kötöttségi számmal és semleges, 7 körüli pH-val. Az elővetemény kukorica volt.

53. ábra. A Bicsérdi Bio Kft Vizér nevű táblája

3.3.1. Agrotechnikai műveletek és csapadékviszonyok a táblán

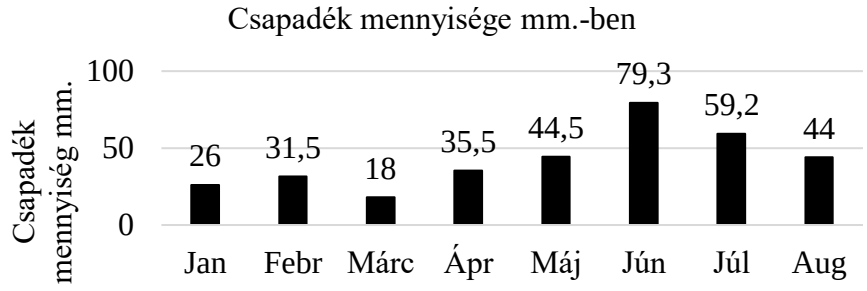
Az agrotechnikai műveleteket az *4. táblázat* tartalmazza, időrendi sorrendben:

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4. táblázat. A kísérleti területen végzett agrotechnikai műveletek

Művelet	Dátum	Munkamélység	Géptípus
Hígtrágyázás	2016.11.20	10 cm	Samson tartálykocsi és sávos kijuttató
Szántás	2016.11.20	26-32 cm	Váltvaforgató eke
Mészizap szórás	2017.03.18	0	Annaburger röpítőtárcsás szóró
Magágykészítés	2017.03.29		Vaderstad NZ kombinátor
Vetés	2017.04.03	4 cm	Kverneland Optima e-drive 8 soros precíziós szemenkénti vetőgép
Sor-és sorközművelés	2017.05.14	4 cm	Garford Robocrop 8 soros optikai vezérlésű sorközművelő kultivátor + ujjas gyomirtó
Sorközművelés	2017.05.30	4 cm	Garford Robocrop 8 soros optikai vezérlésű sorközművelő kultivátor

A 2017. évben januártól augusztusig a csapadék havi mennyiségei az *54. ábra* szerint alakultak:



54. ábra. A lehullott csapadék mennyisége havi bontásban

Az év elejétől egészen a vetésig 75,5 mm csapadékot mértünk. A vetés után hullott csapadék erős cserepesedést okozott, amelyet a kultivátorral és ujjas gyomirtóval végzett művelet fellazított.

3.3.2. A precíziós vetés körülményei, fajta, vetési mélység, gép és robotpilóta rendszer

A 75 cm-es kultúrák szemenkénti vetésre a gazdaság egy hidraulikusan csukható, 8 soros, ISOBUS-os rendszerű Kverneland Optima e-drive típusú precíziós vetőgépet használt. A vetőkocsik elektromotoros hajtással rendelkeztek, melyek biztosították a terv szerinti tőszám differenciálás és automatikus sorelzárás lehetőségét. A munka vezérlését a gyári, ISOBUS rendszerű Kverneland Tellus monitor végezte.

A vetőgépet egy középméretű, 160 LE teljesítményű, front hidraulikával felszerelt John Deere 6170M típusú erőgép üzemeltette. Az erőgépben ISOBUS rendszerű, RTK pontosságú Leica mojoXact elektromos robotpilóta volt, mely a vetőgéphez hasonlóan a Kverneland Tellus terminált használta megjelenítőként.

A gazdaság többi erőgépében is az előbbiekben említett RTK pontosságú, ISOBUS rendszerű Leica mojoXact elektromos robotpilóta rendszerek üzemeltek, melyek a gazdaság saját tulajdonában levő, Leica mojoRTK bázisállomásának a pontosító jelét használták. A teljes rendszer felhő alapú, a bázisállomás és az erőgépek robotpilótái is szélessávú mobilinternetet használtak az egymás közötti kommunikációra.

A vetés 2017.04.03.-án történt, derült időben és 20 ^{o}C hőmérsékletnél, optimális talajkörülmények mellett. A gazdaság Limagrain LG 56.55 nap-

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

raforgóhibridet használt, mely a nemesítőház szerint hagyományos gyomirtási technológiával termeszthető, nagy termésbiztonságú hibrid és vethető ökológiai termesztésben is. Homogén tőszámmal, 24 cm-es tőtávolsággal és 4 cm-es a vetési mélységgel dolgoztunk. A magágykészítés és a vetés között négy nap telt el.

3.3.3. A kísérlet leírása

A kísérlettel a 8 soros szemenkénti vetőgép munkaszélességéhez alkalmazkodtunk, így a parcellák méreteit 6 × 6 méterben állapítottuk meg. A 3 kezelésből és 10 ismétlésből álló kísérlet kiosztását az 55. *ábrán* szemléltetjük, a kísérlet teljes területe 1.440 m^2 volt.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

d	kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor	kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor	kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor
c	kultivátor + ujjas gyomirtó	kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Absz kontroll	kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	kultivátor + ujjas gyomirtó
b	Kultivátor	Absz kontroll	kultivátor + ujjas gyomirtó	kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Absz kontroll	kultivátor + ujjas gyomirtó	kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll
a	Absz kontroll	kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor	kultivátor + ujjas gyomirtó	kultivátor + ujjas gyomirtó	kultivátor + ujjas gyomirtó	kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	kultivátor + ujjas gyomirtó
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

55. ábra. A 6×6 méteres kísérleti cellák elhelyezkedése

A kísérletben a három kezelés az alábbiak szerint történt:

- abszolút kontroll
- kizárólag sorköz kultivátorozás (robotpilótával és szenzor vezérelt kultivátorral)
- sorköz kultivátorozással egy menetben sorgyomirtás ujjas gyomirtóval (robotpilótával és szenzor vezérelt kultivátorral)

3.3.4. A sorközművelő kultivátor leírása

A kísérlethez Garford Robocrop nyolc soros sorközművelő kultivátort használtunk, mely ujjas gyomirtóval is fel volt szerelve *(56. ábra)*. Az eszköz soronként négy darab, speciális állítható szárú rugóskapával volt ellátva. A munkaeszközön hidraulikus súlyáthelyező rendszer is volt, mely biztosította az egyenletes művelési mélységet.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A kultivátort egy újszerű állapotú, zárt központú hidraulikarendszerrel rendelkező New Holland T6070 típusú erőgép üzemeltette.

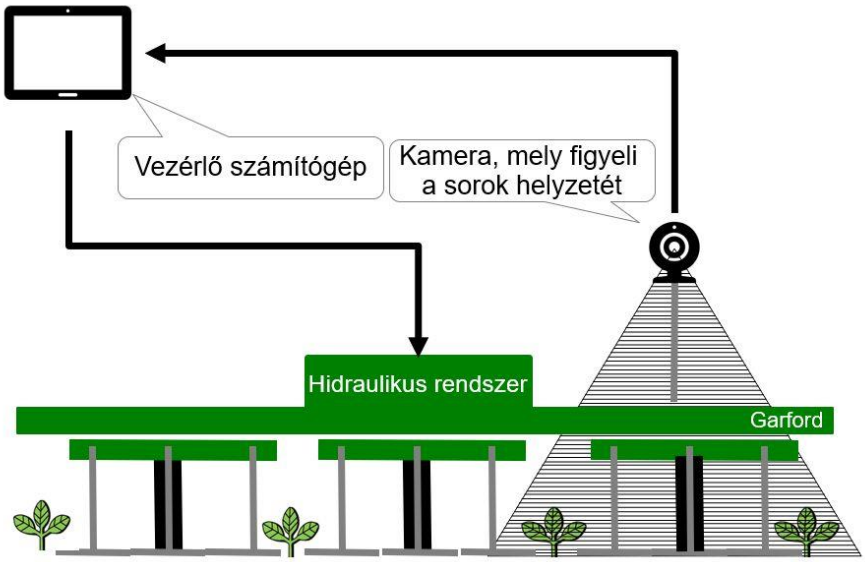
56. ábra. Az ujjas gyomirtók pozíciója a kísérlet beállítása során

A Garford Robocrop sorközművelő kultivátor rendszerek optikai kamerákat és elektrohidraulikus vezérlést alkalmaznak a sorok követésére. A rendszer - a kamera által közvetített kép alapján - 2,5 m^2-es területen elhelyezkedő növényállományt elemez és a vezérlő rendszerében beállított sortávolságnak megfelelő növénysorokat keres. A mi esetünkben a sortávolság 75 cm volt, a gép 6. és 7. sorokat használta a vezérléshez.

A rendszer képes volt kompenzálni a tőhiányokat, illetve megállapíthattuk, hogy probléma nélkül üzemelt meglehetősen nagy gyomborítottság esetén is. A gyártó a rendszer biztonságos működésének feltételéül megjelölte, hogy a gyomnövények borítottsága ne haladja meg a kultúrnövény borítottságát, de tapasztalataink szerint a rendszer még sokszor a 80% fölötti gyomborítottság esetén sem mutatott működési rendellenességet. Az

eredményességhez nagymértékben hozzájárult az állomány egyenletes kelése.

A kísérlethez használt optikai vezérlésű 8 soros Garford Robocrop 2 sorközművelő kultivátor átlagos napi teljesítménye 40 és 60 hektár között kalkulálható, átlagos gyomviszonyokat figyelembe véve. A sorvezérlő rendszer fontos szerepet játszott a hatékony gyomszabályozásban, mivel az ujjas gyomirtók hatékonyságának egyik kulcsa a sortól való minimális állandó távolság (VAN DER WEIDE ET AL., 2008).



57. ábra. A Garford Robocrop kultivátor működési elve

Tapasztalatunk szerint az ujjas gyomirtó hatékony működtetéséhez kívánt pontosságot kizárólag RTK alapú robotpilóta rendszerrel nem lehet elérni. A Garford Robocrop sorvezérelt kultivátor működési elvét az *57. ábrán* szemléltetjük.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

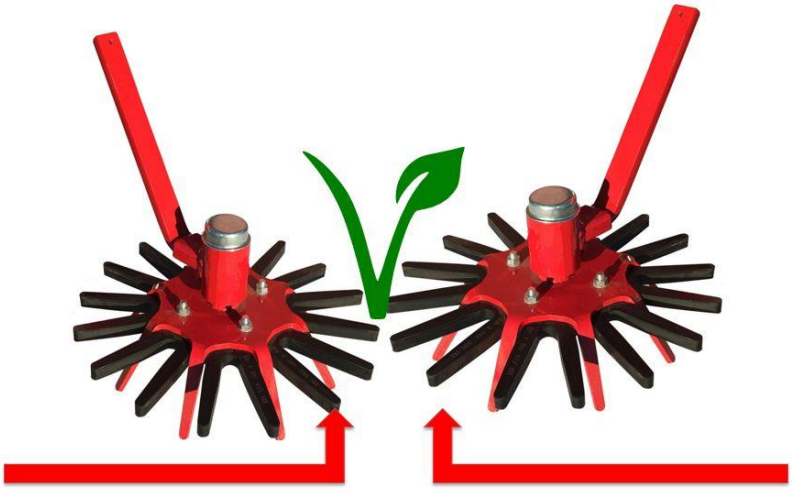
3.3.5. A sorközművelő kultivátor és ujjas gyomirtó beállítása

Az öko-terület és a benne elhelyezkedő kísérlet gyomirtását megelőzően hosszasan kísérleteztünk a művelőelemek optimális beállításával a gazdaság konvencionális termesztésben levő kukorica és napraforgó tábláin. Ezt fontosnak és elengedhetetlennek gondoljuk a jövőben is a gyommentes öko-termesztés szempontjából, mivel a beállításkor elkövetett hibák később nehezen, vagy egyáltalán nem korrigálhatók *(58. ábra)*.

58. ábra. A nyolc soros Garford Robocrop kultivátor beállítása

Az ujjas gyomirtó munkája két részből tevődik össze. A *fém ujjak* a talajba hatolnak, a haladástól forgásba jönnek és rendkívül agresszív, totális gyomirtó hatást fejtenek ki a sorok között (*59. ábra*). Agresszivitásukra jellemző, hogy még a kemény rögöket is felaprítják, aprómorzsás területet hagynak maguk után. Beállításkor a fém ujjak közötti távolságot 16,8 cm szélességűre állítottuk, oldalanként 8,4 cm-re.

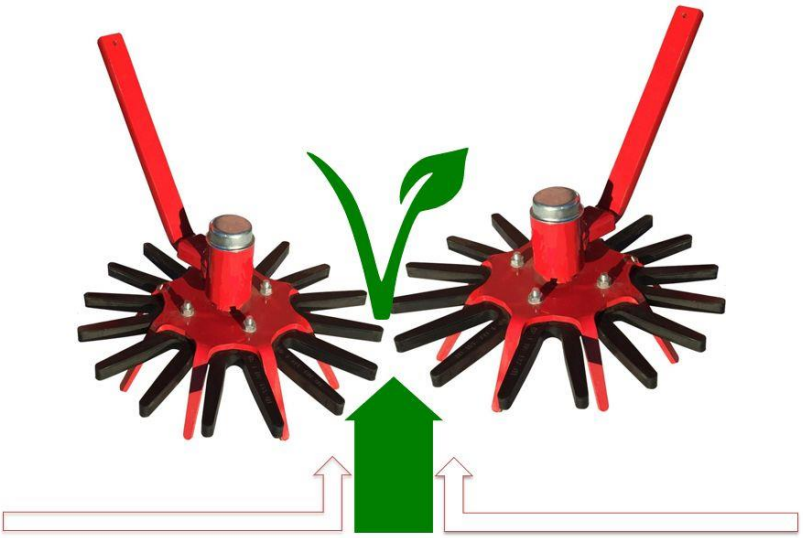
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



59. ábra. Az ujjas gyomirtó agresszív működési zónája

Az ujjas gyomirtó műagyagból készült *flexibilis ujjai* a kíméletes zónában dolgoznak és az állomány soraiban található csírázó, illetve már éppen kikelt, kezdeti fejlődési stádiumban levő gyomnövényekre fejtenek ki jó gyomirtó hatást *(60. ábra)*. A leghatékonyabb hatást összeérő ujjakkal értük el, melyek kimozdították a csírázó gyomnövényeket a helyükről és annak ellenére, hogy az ujjak hozzáértek a kultúrnövények szárához, illetve gyökeréhez, nem tapasztaltunk károsító hatás kifejtését. Az ujjas gyomirtó azonban a megerősödött gyomnövényeket nem képes elmozdítani a helyükről, emiatt javasoljuk az állomány többszöri kultivátorozását.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



60. ábra. Az ujjas gyomirtó kíméletes működési zónája

Negatív tapasztalatok is gyűjthetők az ujjas gyomirtó használatával kapcsolatban. Ha az állomány megerősödik és 4-6 leveles állapotban (BBCH 13-15) kezdjük használni az ujjas gyomirtóval felszerelt sorközművelő kultivátort, akkor a sorok között felszaporodó apró szulák (*Convolvulus arvensis L.*) rövid időn belül feltekeredhet az ujjas gyomirtóra, megállíthatja forgásában és ellehetetleníti annak munkáját. A vizsgálataink eredményeiből látható, hogy a kultivátorozott területen a kompetíciós nyomás csökkenése után megjelent *C. arvense* viszont az ujjas gyomitóval művelt parcellákon elpusztult.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.3.6. Első mechanikai gyomirtás a kísérleti területen

A napraforgó kultivátorozását mindenképpen célszerű elkezdeni az első valódi levelek megjelenésekor (BBCH 12-14) sorvédő lemezek felszerelésével (*61. ábra*).

61. ábra. A Garford Robocrop sorvédő lemezei

A sorvédő lemezek megfelelő védelmet nyújtanak a kultúrnövényeknek, használatukkal a kapák nem temetik be a sorokat (BORSICZKY, 2016). A csírázó gyomokat lehet a legkönnyebben elpusztítani.

Az első mechanikai gyomirtás a táblán 2017.05.14.-én történt, napsütésben és 20 ^{o}C hőmérsékletnél. Az állományt egyenletes fenológia (BBCH 15-17) jellemezte, a talajállapot ideálisnak volt mondtató. A növények átlagosan 15 cm magasságúak voltak (*62. ábra*).

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

62. ábra. A kísérlet beállítása 2017.05.14.-én

Az első sorközművelő kultivátorozásnál felszerelt terelőlemezek nem teszik lehetővé az ujjas gyomirtók használatát. Emiatt a sorokban nem történik mechanikai gyomirtás. A gazdálkodónak a helyszínen kell eldöntenie, hogy melyik megoldást választja: sorköz kultivátorozást végez terelőlemezzel, vagy az első kezelést a kultivátorozással egymenetben végzi, felszerelt ujjas gyomirtókkal. A döntést a napraforgó fenológiai állapotához viszonyított gyomosodás mértéke befolyásolhatja.

Sorvédő lemezzel történő kultivátorozás után, optimális körülmények között, a napraforgó állomány általában intenzív fejlődésnek indul és pár nap alatt képes egy, de akár két fenológiai fejlődési fokozatot is előre lépni, BBCH 12-ről BBCH 14-re. Mivel a gyomnövények is hasonló intenzitással reagálnak a kezelésre, emiatt a második, immár ujjas gyomirtóval kiegészített kultivátorozást célszerű legkésőbb egy héten belül elvégezni.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.3.7. A kísérlet kiértékelésének módszere

A mintaterületek gyomtalanításának meghatározásánál arra törekedtünk, hogy a kézi munkával gyomtalanított területek mérete megegyezzen valamennyi kezelés esetében. Mindhárom kezelésből 4 mintaterületet választottunk ki, véletlenszerűen.

- Abszolút kontroll esetében: parcellánkként 1m^2 -t gyomtalanítottunk, összesen 4m^2
- A sorközművelő kultivátor esetében: parcellánkként egy teljes sort, azaz 6 folyóméter területet gyomtalanítottunk kézi módszerrel. Mivel a sorközművelő kultivátornál oldalanként 8,4 cm-es (összesen 16,8 cm) védőtávolságot állítottuk be, emiatt a kézzel gyomtalanított terület mérete 6m × 0,168 m = 1 m^2. Összesen 4 parcellát gyomtalanítottunk, melyből kézzel 24 folyómétert, összesen 4 m^2 területet. Fontos megjegyezni, hogy a begyűjtött gyommennyiség összesen 18 m^2 szántóföldi terület gyomviszonyát jellemzi, mivel 75 cm-es sortávolságú vetőgéppel dolgoztunk. (4 parcella × 6 folyóméter × 0,75 sortáv)
- Az kultivátor + ujjas gyomirtó esetében is a fenti logika szerint jártunk el.

A kultivátorozott, illetve kultivátor + ujjas gyomirtóval művelt terület kiértékelésénél mindkét kezelésből 4 m^2, azaz 24 folyóméter gyomnövényt gyűjtöttünk be.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.3.8. Az abszolút kontroll területek kiértékelésének módszere

A kísérlet kiértékelését 2017.05.27.-én a kezelés utáni 13. napon végeztük el. A *63. ábrán* fekete alapszínnel jelölt abszolút kontroll parcellákból véletlenszerűen kiválasztottunk négyet, majd az 1×1 méteres keret által lehatárolt területről begyűjtöttük az összes gyomnövényt (*64.-65. ábra*). Az abszolút kontroll parcellákon lévő nagyszámú gyomnövényzet miatt döntöttünk az 1×1 méteres mintaterekről, ugyanis az egész parcella kigyomlálása és kiértékelése nagy időigénnyel járt volna.

A begyűjtött mintákat még aznap kiértékeltük laboratóriumi körülmények között (*66.-67. ábra*).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor
c	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó
b	Kultivátor	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll
a	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Kultivátor + ujjas gyomirtó

63. ábra. Az abszolút kontroll parcellák elhelyezkedése a kísérleti területen

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

64. ábra. 1 m^2-es abszolút kontroll terület gyomtalanítás előtt

65. ábra. A gyomok eltávolítása a mintaterületről

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

66. ábra. A begyűjtött gyomnövények osztályozása

67. ábra. A gyomnövények mérése és számolása

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

3.3.9. A kezelt területek mintaterületeinek méretének meghatározása és kiértékelése

Még ezen a napon (2017.05.27.-én) végeztük el a kiértékelést a sorköz kultivátorozott és a kultivátor + ujjas gyomirtóval végzett parcellákon is. Véletlenszerűen kiválasztottunk mindkét kezelésből 4 - 4 parcellát és minden parcellában gyomtalanítottunk egy-egy teljes sort (24 folyóméter/ kezelés). A begyűjtött gyomnövényeket fajok szerinti bontásban, laboratóriumi körülmények között tovább vizsgáltuk, fajonkénti gyomszámlálást végeztünk, majd megmértük a gyomnövények tömegét is.

3.3.10. Növénymagasság mérés a második mechanikai gyomirtás után a kísérleti területen

68. ábra. Második kultivátorozás utáni állapot

Az állomány második kultivátorozása 2017.05.30.-án történt, BBCH 32-33 fenológiai állapotnál *(68. ábra)*.

A következő időpontban, 2017.06.12.-én, megmértük a napraforgó növények magasságát az *69. ábrán* bejelölt parcellákon. Minden parcellának a negyedik sorát mértük meg.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Kultivátor+ ujjas gyomirtó	Kultivátor	Kultivátor+ ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor
c	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor+ ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor+ ujjas gyomirtó
b	Kultivátor	Absz kontroll	Kultivátor+ ujjas gyomirtó	Kultivátor+ ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor+ ujjas gyomirtó	Absz kontroll
a	Absz kontroll	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Kultivátor + ujjas gyomirtó	Absz kontroll	Kultivátor	Kultivátor + ujjas gyomirtó

69. ábra. A napraforgó magasságának mérésében részt vevő parcellák (fekete alappal)

3.3.11. A kiértékelések matematikai módszere

Az adatokat a Dell Statistica 13.2 (1984-2016) programmal elemeztük.

Hipotézisvizsgálatokat végeztünk a napraforgó magassága, a tányérátmérő és a tányértömeg átlagainak egyenlőségére a három gyomirtási mód (kultivátor, kultivátor + ujjas gyomirtó, abszolút kontroll) esetén, valamint az öt domináns gyomfaj átlagos gyomszám egyenlőségére, kultivátor és kultivátor + ujjas gyomirtó alkalmazása esetén. Nullhipotézisként feltettük, hogy a vizsgált sokasági szórások egyenlőek, ellenhipotézisként, hogy különböznek egymástól. Ezt F próbával vizsgáltuk, az eredmények a táblázatok második felében találhatóak. Ennek megfelelően a sokasági átlagok egyenlőségének elemzését t próbával végeztük el (táblázatok első

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

fele). Mindkét tesztet p=0,1, vagyis 10% hibaszázalék mellett néztük meg. Az elemzéseket grafikonokon is szemléltettük.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4. EREDMÉNYEK

4.1. AUTONÓM ESZKÖZÖK HASZNÁLATA A HELYSPECIFIKUS GYOMSZABÁLYOZÁS GYOMFELVÉTELEZÉSÉNEK GYAKORLATÁBAN

4.1.1. A helyspecifikus gyomszabályozásra továbbfejlesztett Balázs-Ujvárosi gyomfelvételezés eredménye

A 21 mintaterület ($21\times4m^2=84\ m^2$) elvégzett gyomfelvételezés szerint mindössze 4 gyomfajt találtunk, melyek a *Veronica hederifolia L.*, *Tripleurospermum inodorum (Matricaria inodora) (L.) Sch.Bip., Lamium amplexicaule L.* és *Papaver rhoeas L.* A növényállományról NDVI vegetációs index méréseket is végeztünk Trimble GreenSeeker Handheld eszközzel, de ezeket a mérési adatokat a munkánk során nem használtuk fel.

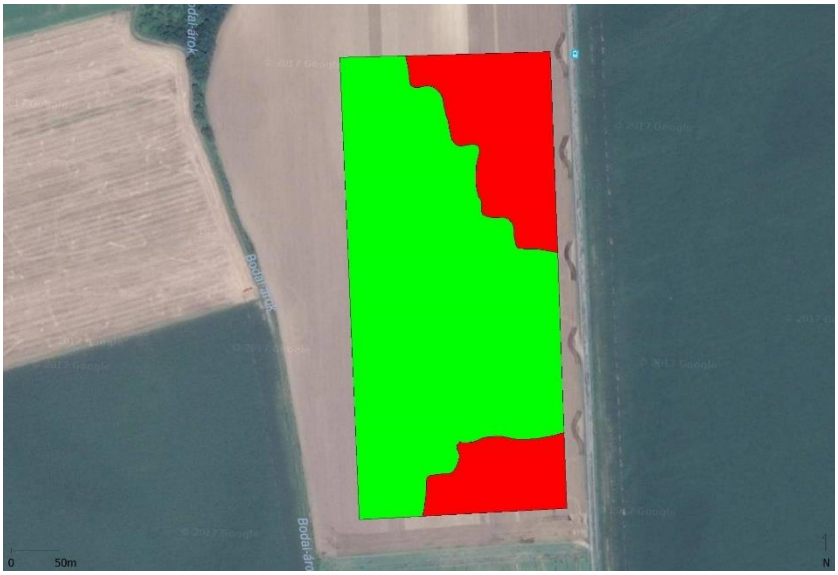
A gyomszabályozást vezérlő algoritmus szerint a *T. inodorum* (*M. inodora)* és a *P. rhoeas* gyomfajokat a veszélyes gyomfajok közé soroltuk, ennek megfelelően puszta előfordulásuk a mintában a védekezést szükségessé teszik. A *V. hederifolia* és a *L. amplexicaule*, mint T_1-es életformacsoportba tartozó gyomfajoknál min. 5%-os borítottsági maximumot határoztunk meg a védekezés küszöbértékeként. Ezt az értéket egyik faj borítottsága sem érte el (*5. táblázat*).

5. táblázat. A Balázs - Ujvárosi gyomfelvételezés adatai

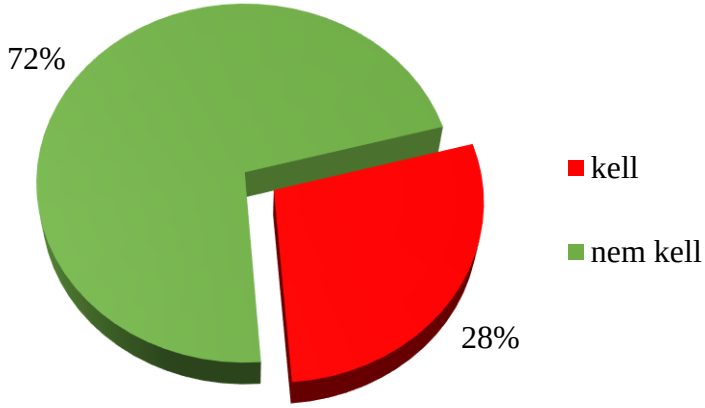
No	Hosszúság	Szélesség	NDVI	MATIN	PAPRH	LAMAM	VERHE	Vezérlés
1	18,049683	46,064662	0,57	0,1	0,1	0,1	0	1
2	18,048807	46,064577	0,51	0	0,1	0	0	1
3	18,047862	46,064508	0,81	0	0	0	0	0
4	18,047913	46,063940	0,47	0	0	0	0	0
5	18,048827	46,063988	0,80	0	0	0,1	0	0
6	18,049780	46,064038	0,56	0	0,1	0	0	1
7	18,049853	46,063405	0,62	0,1	0	0	0	1
8	18,048940	46,063323	0,56	0	0	0	0	0
9	18,048043	46,063255	0,52	0	0	0,1	0	0
10	18,048093	46,062075	0,58	0	0	0	0	0
11	18,048993	46,062732	0,57	0	0	0,1	1,87	0
12	18,499220	46,062767	0,68	0	0	0	0	0
13	18,049975	46,062110	0,59	0	0	0	0	0
14	18,049095	46,062067	0,62	0	0	0	0	0
15	18,048188	46,062015	0,53	0	0	0	0	0
16	18,042750	46,061393	0,48	0	0	0	0	0
17	18,049105	46,061161	0,48	0	0	0	1,87	0
18	18,050320	46,061468	0,64	0	0	0	0	0
19	18,050125	46,060868	0,54	0,1	0	0	0	1
20	18,049248	46,060807	0,50	0,1	0	0	0	1
21	18,048327	46,060722	0,44	0	0	0	0	0

Magyarázat: „Vezérlés” oszlopnál: 1 érték= gyomirtani szükséges, 0 érték= nem szükséges gyomirtani.

Ennek megfelelően a 21 mintatérből 6 cellában írtunk elő gyomirtásra vonatkozó utasítást (*70. ábra*), amely annyit jelentett, hogy a terület 28 %-án, 3 hektáron kellett elvégezni a vegyszeres gyomszabályozást (*71. ábra*).



70. ábra. Balázs - Ujvárosi felvételezés szerinti helyspecifikus gyomszabályozási térkép



71. ábra. Balázs - Ujvárosi felvételezés szerinti, gyomszabályozásra javasolt (kell) és nem javasolt (nem kell) terület aránya

4.1.2. Az autonóm robottal végzett gyomfelvételezés eredménye

A kijelölt mintaterek száma 326 volt (1,1m^2×326=356m^2), melyen egy

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

fajjal többet találtunk, mint a Balázs-Ujvárosi módszer esetében *(72. ábra)*. Ez a gyomfaj a *Consolida regalis Gray*. A két módszer korrekt összehasonlítása végett ugyanazt az algoritmust használtuk.

72. ábra. Mintaterület kiosztás az autonóm jármű által elvégzendő gyomfelvételezéshez

A *C. regalis* fajnál is a min. 5%-os borítottsági maximumot határoztunk meg a védekezés küszöbértékeként. Az adatok feldolgozása után *(6. táblázat)* a veszélyes gyomfajok jelenléte miatt a 326 cellából 53 mintatéren írtuk elő a gyomirtószeres kezelést *(73. ábra).*

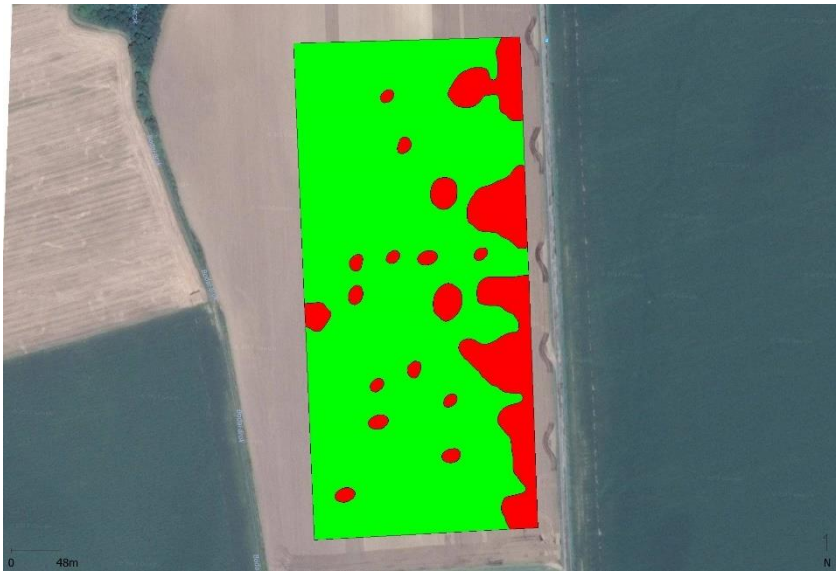
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

6. táblázat. A Balázs - Ujvárosi gyomfelvételezés adatai (rövidített táblázat)

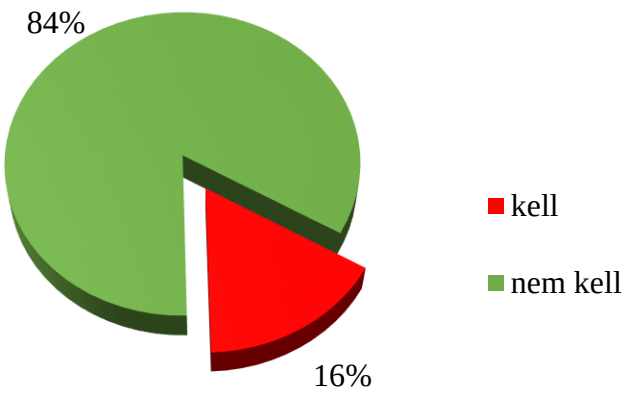
No	Szélesség	Hosszúság	MATIN	LAMAM	PAPRH	CONRE	VERHE	Vezérlés
1	46.060565	18.050513	0,1	0	0	0	0	1
2	46.060727	18.050497	0,1	0,1	0	0	0	1
3	46.060888	18.050481	0	0	0	0	0	0
4	46.061050	18.050464	0,1	0	0	0	0	1
5	46.061211	18.050448	0,1	0	0,1	0	0	1
6	46.061373	18.050431	0,1	0	0	0	0	1
7	46.061534	18.050415	0,1	0	0	0	0	1
8	46.061696	18.050399	0	0	0	0	0	0
9	46.061857	18.050382	0,1	0	0	0	0	1
10	46.062019	18.050366	0,1	0	0	0	0	1
316	46.062054	18.047797	0	0	0	0	0	0
317	46.061893	18.047814	0	0	0	0	0	0
318	46.061731	18.047830	0	0	0	0	0	0
319	46.061570	18.047847	0	0	0	0	0	0
320	46.061408	18.047863	0	0	0	0	0	0
321	46.061247	18.047879	0	0	0	0	0	0
322	46.061085	18.047896	0	0	0	0	0	0
323	46.060924	18.047912	0	0	0	0	0	0
324	46.060762	18.047929	0	0	0	0	0	0
325	46.060601	18.047945	0	0	0	0	0	0
326	46.060439	18.047962	0	0	0	0	0	0

A T_1-es fajok sehol sem érték el az 5 %-os borítottságot. Ennek megfelelően a terület 16,2 % -án kell vegyszeresen gyomirtani, amely 1,71 hektárt jelent *(74. ábra).*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



73. ábra. Autonóm jármű adatai szerinti helyspecifikus gyomszabályozási térkép



74. ábra. Autonóm jármű felvételeinek kiértékelése után gyomszabályozásra javasolt (kell) és nem javasolt (nem kell) terület aránya

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.2. AZ NDVI VEGETÁCIÓS INDEX ÉS A GYOMOSSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEI ŐSZI BÚZÁBAN

4.2.1. Gyomfelvételezés és NDVI vegetációs index mérés vizsgálatok eredményei

A kísérleti táblán 13 gyomfajt felvételeztünk, melyek átlagos borítottsági értékeit és előfordulási gyakoriságukat a 7. *táblázatba* rendeztük.

7. táblázat. A gyomfajok dominancia sorrendje

Sor-szám	A gyomnövény neve	Borítási % (átlag)	Min.-Max értékek	Elő-fordulási gyakori-ság %
1.	*Veronica hederifolia L.*	6,220	0 – 62,5	57,5
2.	*Stellaria media (L.) Vill.*	0,665	0 - 3,12	54,0
3.	*Matricaria inodora (L.) Sch.Bip.*	0,287	0 – 3,12	25,0
4.	*Cirsium arvense L.*	0,023	0 – 0,62	3,7
5.	*Galium aparine L.*	0,021	0 – 0,36	9,2
6.	*Consolida regalis Gray*	0.015	0 - 0,62	5,5
7.	*Brassica napus L.*	0,015	0 – 0,1	12,9
8.	*Lamium amplexicaule L.*	0,007	0 - 0,1	7,4
9.	*Anthemis arvensis L.*	0,006	0 - 0,1	5,5
10.	*Capsella bursa-pastoris (L.) Medik*	0,004	0 - 0,1	3,7
11.	*Thlaspi arvense L.*	0,004	0 – 0,1	3,7
12.	*Sinapis arvensis L.*	0,002	0 – 0,1	1,8
13.	*Papaver rhoeas L.*	0,002	0 - 0,1	1,8
	Összesen:	7,27		

A fenti táblázatból egyértelműen látható, hogy a *V. hederifolia* volt a domináns gyomfaj. Ez az egy faj adta az összes gyomborítottság 86 %-át,

előfordulási gyakorisága pedig a mintaterületek 57,5 %-ára terjedt ki. Különösen figyelemre méltó, hogy egyes mintaterületeken igen nagy (62,5 %) borítottsággal is előfordult. A Magyarországon az eddig 5 időpontban elvégzett szántóföldi gyomfelvételezés adatai szerint az őszi búza tavaszi gyomfelvételezési időpontjában (NOVÁK ET AL., 2009) a *V. hederifolia* jelentősége növekszik (*8. táblázat*).

8. táblázat. A V. hederifolia fontossági sorrendjének alakulása 1947 és 2008 között.

Időpont	1947-1953	1969-1971	1987-1988	1996-1997	2007-2008
V. hederifolia fontossági sorrendje	101	70	21	24	17

A *V. hederifolia* nagymértékű jelenléte az őszi búzaterületeken több okra vezethető vissza. Ősszel csírázik, az enyhébb téli napokon jelentősen növeli vegetatív tömegét és a tél végén már virágzik. A kora-tavaszi vegyszeres gyomirtás idejére már magot érlel és érzéketlen a legtöbb gyomirtó szer hatóanyagra. A generatív fázisban lévő *V. hederifolia* sárgás színű, levelei az elöregedés jeleit mutatták, mely körülmény is hatással lehetett az NDVI értékekre.

A növényborítottságot 10, illetve 44 mintaterületen becsültük meg a Balázs-Ujvárosi módszer szerint, valamint NDVI vegetációs indexet mértünk gyommentes és gyomos búza esetében. A mintákra jellemző elemszám, átlag, minimum, maximum, szórás, standard hiba értékeket az *9. táblázat* tartalmazza. Az adatokat megvizsgálva láthatjuk, hogy a növényborítottsági és NDVI minimum értékek mind gyommentes és a gyomos adatnál közel egyformák voltak (50-50; 0,54-0,55), látható eltérést

tapasztalunk azonban a maximum (93,8-98,1; 0,84-0,88) és az átlag értékeknél (66,6-72,3; 0,67-0,75). A nagyobb számokat a növényborítottságra és az NDVI-ra is a gyomos búza jellemzői adták, ezért indokoltnak látszik összefüggést keresni a növényborítottság és az NDVI értékek között. A standard hibára gyommentes búzánál lényegesen nagyobb értékeket kaptunk, mint gyomos búzánál mindkét becsült adatra (növényborítottság, NDVI) nézve (5,1; 0,03 és 1,8; 0,01).

9. táblázat. Leíró statisztika (elemszám, átlag, minimum, maximum, szórás, standard hiba)

Variable	Descriptive Statistics (IGAL 2 wheat 2013 04 12)					
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Standard Error
Wheat without weed (%)	10	66,6	50,0	93,8	16,3	5,15
$NDVI_1$	10	0,7	0,5	0,8	0,1	0,03
Wheat with weed (%)	44	72,3	50,0	98,1	12,0	1,81
$NDVI_2$	44	0,7	0,6	0,9	0,1	0,01

A kapott értékeket elemezve két vizsgálat látszott indokoltnak:

a. Lineáris kapcsolatot kerestünk a növényborítottság és az NDVI között gyommentes és gyomos búza vizsgálatakor.
b. Statisztikai próbával megvizsgáltuk, hogy az NDVI értékek átlagai közötti eltérés a két esetben szignifikánsnak tekinthető-e.

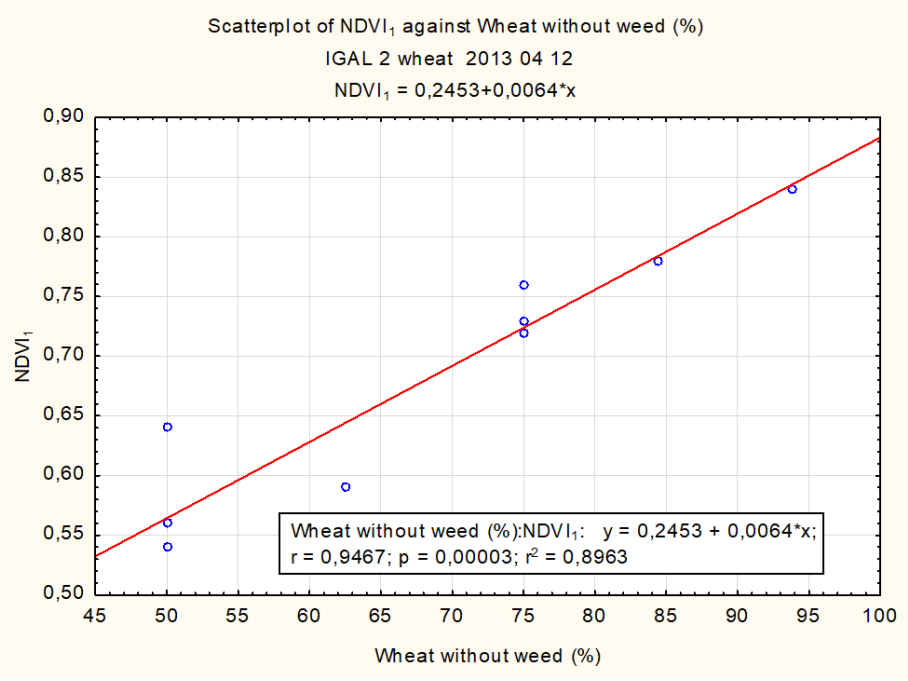
Elsőként a gyommentes búza növényborítottsága és az ugyanezen területeken mért NDVI közötti kapcsolatot elemeztük. Az illesztett lineáris regressziós egyenes vizsgálatából azt kapjuk, hogy a lineáris kapcsolat a két változó között szignifikáns (p=0,00003; a becslés hibája 0,0375), igen szoros (r=0,9467), a növényborítottság 89,6 %-ban határozza meg az NDVI-t *(10.táblázat)*.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

10. táblázat. Lineáris regressziós összefüggés vizsgálat a gyommentes búza növényborítottsága (%) és az $NDVI_1$ között.

N=10	Regression Summary for Dependent Variable: NDVI $_1$ (IGAL 2 búza) R= ,94672223 R2= ,89628299 Adjusted R2= ,88331836 F(1,8)=69,133 p<,00003 Std.Error of estimate: ,03749					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(8)	p-value
Intercept			0,2453	0,0524	4,6789	0,00158
Wheat without weed (%)	0,9467	0,1139	0,0064	0,0008	8,3146	0,00003

A regressziós együttható (b=0,0064) azt fejezi ki, hogy a növényborítottság egységnyi változása az $NDVI_1$ érték 0,0064 változását vonja maga után *(75. ábra)*.

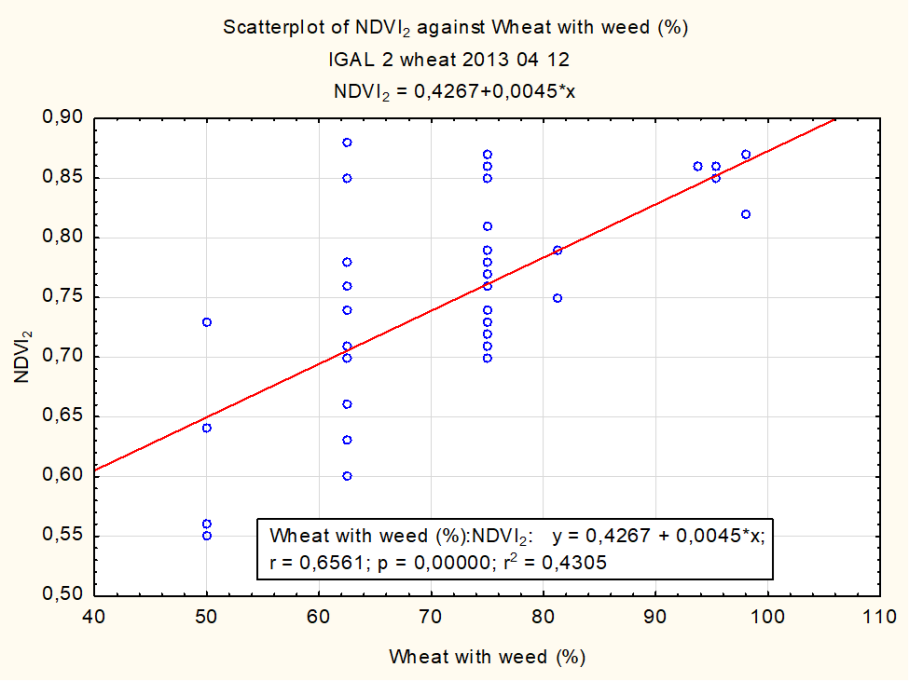


75. ábra. Lineáris összefüggés a gyommentes búza növényborítottsága (%) és az $NDVI_1$ között

Hasonlóan elvégeztük az ábrázolást (*76. ábra*) és a statisztikai elemzést

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

a gyomos búza növényborítottsága (%) és az ott mért $NDVI_2$ között is.



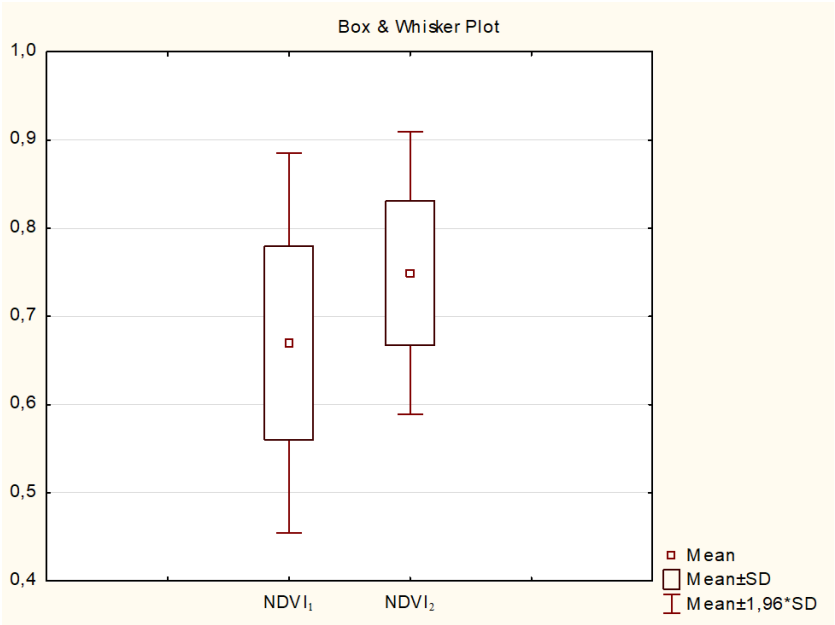
76. ábra. Lineáris összefüggés a gyomos búza növényborítottsága (%) és az $NDVI_2$ között

Az elemzésből azt kaptuk, hogy a két mért változó közötti lineáris kapcsolat közepesen erős (r=0,6561), szignifikáns (p=0,000001; a becslés hibája 0,624), a növényborítottság 43%-ban határozza meg az NDVI-t. A regressziós együttható (b=0,0045) pedig azt mutatja, hogy a növényborítottság egységnyi változása az NDVI 0,0045 változását vonja maga után *(11. táblázat)*.

11. táblázat. Lineáris regressziós összefüggés vizsgálat a gyomos búza növényborítottsága (%) és az $NDVI_2$ között.

N=44	Regression Summary for Dependent Variable: NDVI 2 (IGAL 2 búza) R= ,65612999 R2= ,43050657 Adjusted R2= ,41694720 F(1,42)=31,750 p<,00000 Std.Error of estimate: ,06242					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(42)	p-value
Intercept			0,4267	0,0580	7,3585	0,000000004
Wheat with weed (%)	0,6561	0,1164	0,0045	0,0008	5,6347	0,000001330

Ezután ábrázoltuk a gyommentes és a gyomos területeken mért NDVI értékek átlagait a szokott módon (átlag a standard hibával és annak 1,96 szorosával) *(77. ábra)*.



77. ábra. Gyommentes ($NDVI_1$) és gyomos búza ($NDVI_2$) területek NDVI értékeinek jellemzői

Végezetül hipotézisvizsgálatot végeztünk annak igazolására, hogy a kétfajta területen mért NDVI értékek szignifikánsan eltérnek-e egymástól. A két változó átlagai 0,67 és 0,75 szórásai pedig 0,11 és 0,08 voltak. Először nullhipotézisként feltettük, hogy a két változó szórása egyenlő,

ellenhipotézisként pedig azt, hogy eltérőek 95%-os valószínűséggel. Az elvégzett F próba azt igazolta, hogy nincs szignifikáns eltérés a változók szórásai között (p=0,191; p>0,05). Ennek ismeretében feltettük, hogy az átlagok sem térnek el egymástól szignifikánsan 95 %-os valószínűséggel. A t-próba eredménye az lett, hogy a nullhipotézis ebben az esetben téves (p=0,012; p <0,05), vagyis az $NDVI_1$ és az $NDVI_2$ eltérése szignifikáns, statisztikailag igazolható az NDVI eltérése a gyommentes és a gyomos búza területeken (*12. táblázat*).

12. táblázat. Hipotézisvizsgálat a gyommentes és a gyomos búza területeken mért NDVI értékek között

	T-test for Independent Samples (IGAL 2 wheat 2013 04 12) Note: Variables were treated as independent samples									
Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
$NDVI_1$ vs. $NDVI_2$	0,67	0,75	-2,59	52	0,012	10	44	0,11	0,08	1,80	0,191

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.2.2. Mintaterületek NDVI vegetációs indexeinek mérései gyomtalanítás előtt és után, a kísérletek vizsgálatainak eredménye

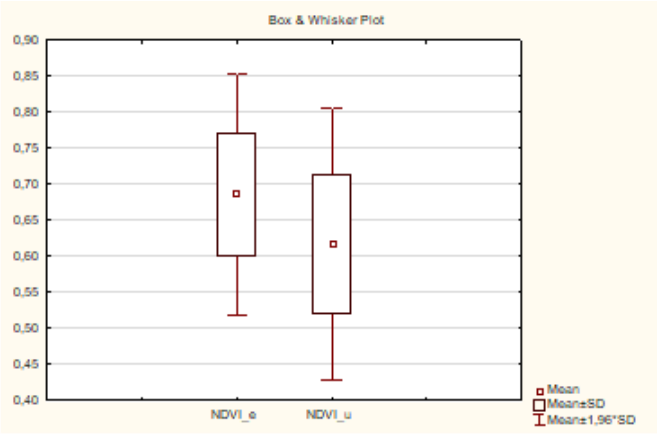
A *13. táblázatban* foglaltuk össze a mérés eredményeit. Itt tartjuk szükségesnek megjegyezni, hogy a területen az uralkodó gyomfajok a T_1 életforma típusúak voltak, közülük is domináns volt a *V. hederifolia.*

13. táblázat. NDVI vegetációs index mérési adatok gyomlálás előtt és után.

Minta	Koordináta hosszúság (Lat)	Koordináta szélesség (Long)	NDVI_ mérési eredmény gyomlálás előtt	NDVI_ mérési eredmény gyomlálás után
1	46.255645	17.516343	**0,79**	**0,72**
2	46.255675	17.516654	**0,42**	**0,40**
3	46.255713	17.516743	**0,61**	**0,51**
4	46.255777	17.516872	**0,74**	**0,69**
5	46.255339	17.516982	**0,73**	**0,70**
6	46.255902	17.517055	**0,61**	**0,52**
7	46.255928	17.517124	**0,60**	**0,42**
8	46.256011	17.517165	**0,66**	**0,63**
9	46.256052	17.517250	**0,71**	**0,62**
10	46.256096	17.516729	**0,63**	**0,60**
11	46.256178	17.516902	**0,71**	**0,56**
12	46.256251	17.517038	**0,72**	**0,67**
13	46.256330	17.517154	**0,65**	**0,64**
14	46.256442	17.517278	**0,71**	**0,66**
15	46.256597	17.517377	**0,76**	**0,72**
16	46.256866	17.517693	**0,73**	**0,67**
17	46.256987	17.517824	**0,72**	**0,67**
18	46.257087	17.517976	**0,79**	**0,76**
19	46.256517	17.518431	**0,74**	**0,63**
20	46.256442	17.518422	**0,70**	**0,60**
		Átlagok:	**0,685875**	**0,617125**

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

Ábrázoltuk a gyommentes és a gyomos területeken mért NDVI értékek átlagait a szokott módon (átlag a standard hibával és annak 1,96 szorosával) *(78. ábra)*.



78. ábra. Gyommentes és gyomos búza területek NDVI értékeinek (NDVI_e; NDVI_u) jellemzői

Megjegyzés: NDVI e = NDVI értékek gyomlálás előtt, NDVI u = NDVI értékek gyomlálás után

Hipotézisvizsgálatot végeztünk annak igazolására, hogy a kétfajta területen mért NDVI értékek szignifikánsan eltérnek-e egymástól. A két változó átlagai 0,69 és 0,62 szórásai pedig 0,09 és 0,10 voltak *(14. táblázat)*.

Először nullhipotézisként feltettük, hogy a két változó szórása egyenlő, ellenhipotézisként pedig azt, hogy eltérőek 95%-os valószínűséggel. Az elvégzett F próba azt igazolta, hogy nincs szignifikáns eltérés a változók szórásai között ($p=0,61$; $p>0,05$). Ennek ismeretében feltettük, hogy az átlagok sem térnek el egymástól szignifikánsan 95 %-os valószínűséggel.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

14. táblázat. Hipotézisvizsgálat a gyommentes és a gyomos búza területeken mért NDVI értékek között

	T-test for Independent Samples (Orci NDVI Gyom) Note: Variables were treated as independent samples										
Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-val.	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Var.	p Var.
NDVI_e vs. NDVI_u	0,69	0,62	2,39	38	0,02	20	20	0,09	0,10	1,27	0,61

A t-próba eredménye az lett, hogy a nullhipotézis ebben az esetben téves (p=0,02; p <0,05), vagyis az NDVI_e és az NDVI_u eltérése szignifikáns, tehát statisztikailag igazolható az NDVI értékek eltérése a gyommentes és a gyomos búza területeken.

A szenzorok által mért NDVI értékeket elsősorban a helyspecifikus, differenciált nitrogén fejtrágyázás gyakorlatában hasznosíthatjuk. A differenciált kijuttatás eszközei rendelkezésre állnak, súlymérős műtrágyaszóró a szilárd műtrágya kijuttatására, illetve olyan permetezőgépek, melyeknek elektronikus vezérlése differenciált kijuttatásra alkalmas. A gyakorlatban rendelkezésre állnak NDVI alapú faj- illetve fajtaspecifikus tápanyag utánpótlási algoritmusok is. Az általunk mért értékekhez az Oklahoma State University által, őszi búzára kifejlesztett algoritmust rendeltük (RAUN ET AL., 2001). A területen a tervezett termésmennyiség 8 tonna/ha; a referencia sáv NDVI értéke 0,89; a talaj NDVI értéke pedig 0,15-nek bizonyult.

A *15. táblázat* szemlélteti a mérési eredményeinket, a dózisok hatóanyag kg/ha-ban értendőek.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

15. táblázat. Az NDVI mérésekre alapozott N műtrágya dózis javaslatok

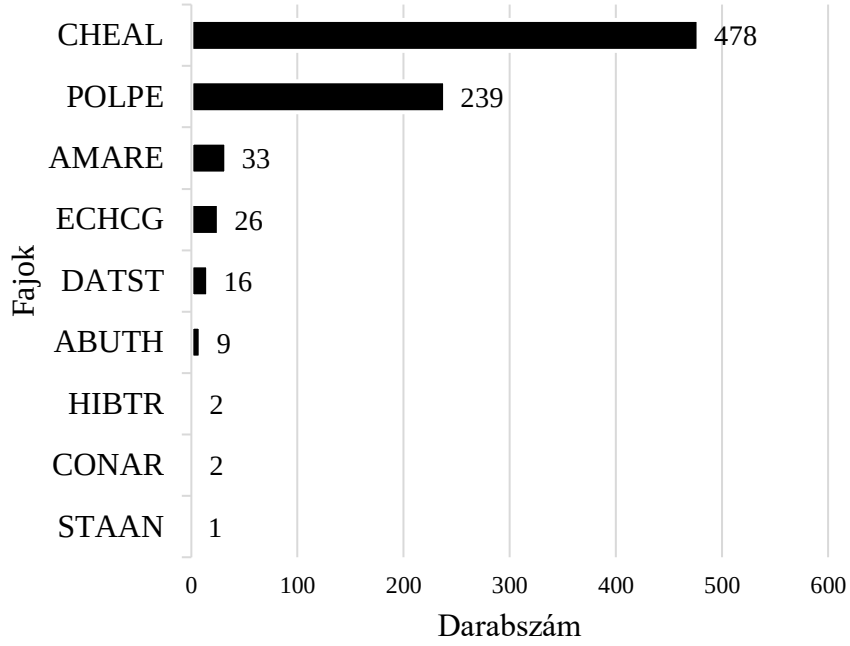
Minta	NDVI gyomtalanítás előtt	N hatóanyag dózis kg/ha	NDVI gyomtalanítás után	N hatóanyag dózis kg/ha	N dózis különbség kg/ha
1	0,79	**39,60**	0,72	**77,90**	**-38,30**
2	0,42	**230,60**	0,40	**235,30**	**-4,70**
3	0,61	**145,80**	0,51	**199,10**	**-53,30**
4	0,74	**66,20**	0,69	**96,10**	**-29,90**
5	0,73	**72,00**	0,70	**89,90**	**-17,90**
6	0,61	**145,80**	0,52	**194,50**	**-48,70**
7	0,60	**151,80**	0,42	**230,60**	**-78,80**
8	0,66	**114,80**	0,63	**133,60**	**-18,80**
9	0,71	**83,80**	0,62	**139,70**	**-55,90**
10	0,63	**133,60**	0,60	**151,80**	**-18,20**
11	0,71	**83,80**	0,56	**174,50**	**-90,70**
12	0,72	**77,90**	0,67	**108,60**	**-30,70**
13	0,65	**121,10**	0,64	**127,40**	**-6,30**
14	0,71	**83,80**	0,66	**114,80**	**-31,0**
15	0,76	**55,10**	0,72	**77,90**	**-22,80**
16	0,73	**72,00**	0,67	**108,60**	**-36,60**
17	0,72	**77,90**	0,67	**108,60**	**-30,70**
18	0,79	**39,60**	0,76	**55,10**	**-15,50**
19	0,74	**66,20**	0,63	**133,60**	**-67,40**
20	0,70	**89,90**	0,60	**151,80**	**-61,90**
Átlagok	0,69	**97,57**	0,62	**135,47**	**-37,90**

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.3. GYOMSZABÁLYOZÁSI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁSBAN TERMESZTETT NAPRAFORGÓBAN

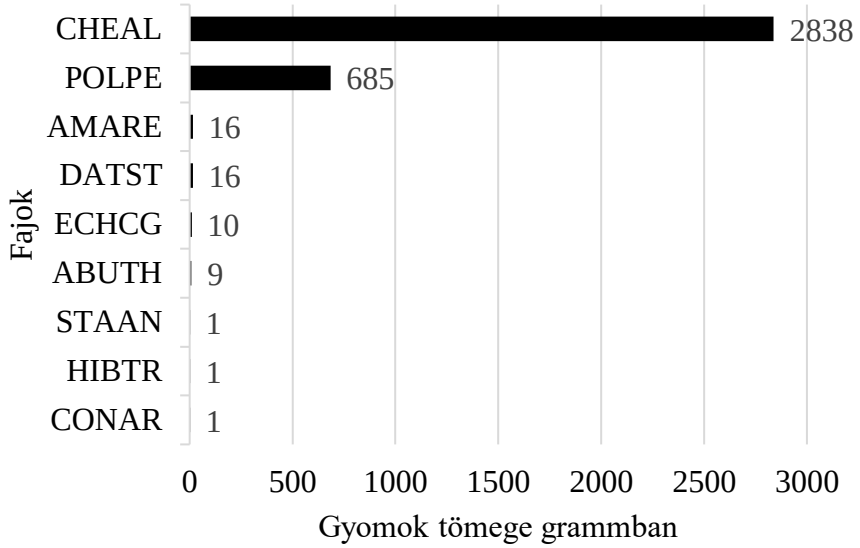
4.3.1. Az abszolút kontroll kísérleti terület gyomviszonyainak értékelése

A gyomviszonyok értékelésénél az abszolút kontroll területek eredményeit vettük figyelembe. A fajgazdagság nem jellemző, mindössze 9 gyomfajt találtunk. A 9 gyomfaj sorrendjét a *79. és 80. ábrákon* szemléltetjük.



79. ábra. 4 m² abszolút kontroll területeken lévő gyomnövények darabszáma

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



80. ábra. 4 m² abszolút kontroll területeken lévő gyomnövények nedves tömege

Megfigyelésre érdemes, hogy a konvencionális termesztésben a napraforgóban gyakori parlagfű (*A. artemisiifolia*) a kontroll területen nem volt megtalálható, ami az ökotermesztésben tapasztalható intraspecifikus kompetícióra utal. A mezei acat (*C. arvense*) sem volt megtalálható meg az abszolút kontroll mintái között.

A gyomfajok életforma megoszlását vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a T_4-es (nyárutói egyévesek) csoport tagjai 99,75%-ban dominálnak a területen.

A morfológiai-ökológiai spektrum szerinti értékelést a *81. ábrán* mutatjuk be. Mint ismeretes a gyomnövények morfológiai-ökológiai spektruma (röviden: morfo-ökológiai spektrum) négy osztályból áll (egyéves egyszikűek, egyéves kétszikűek, évelő egyszikűek, évelő kétszikűek).

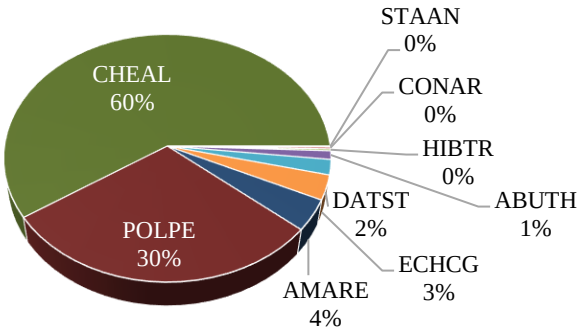
DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

81. ábra. A gyomfajok morfológiai- ökológiai spektruma abszolút kontroll területeken

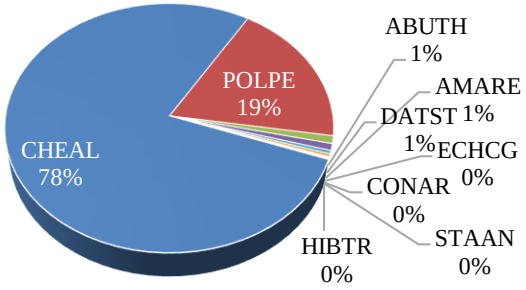
A gyomfajok fenti csoportosítása a védekezés módjának kiválasztásában ad fontos információkat. Ebben az esetben is az egyéves gyomcsoport az uralkodó, amely elleni védekezés a mechanikai megoldások hatásfokát emelheti. A domináns gyomfajok tulajdonságainak részletesebb vizsgálata hozzásegít bennünket ahhoz, hogy jobban megismerjük a gyombiológia, gyomökológia és a védekezés bonyolult összefüggés-rendszerét.

Domináns fajok voltak a *C. album,* valamint a második helyen levő *Polygonum persicaria S.F.Gray*. Ezen két faj adta a területen levő gyomok darabszámának a 90%-át *(82. ábra)* és a tömegének a 97%-át *(83. ábra.)*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



82. ábra. A kontroll területen található gyomfajok egyedszámának aránya



83. ábra. Abszolút kontroll területről begyűjtött gyomok tömegének egy négyzetméter területre vetített aránya

Megállapíthatjuk, hogy a kísérleti terület domináns gyomnövénye egyértelműen a *C. album*.

Az I-V. Országos gyomfelvételezés feldolgozott adatai alapján a *C. album* fontossági sorrendje az alábbi *16. táblázat* szerint alakult (NOVÁK ET AL., 2009, REISINGER ET AL., 2012):

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

16. táblázat. A C. album fontossági sorrendje és borítottsági %-a a kukorica nyáreleji gyomfelvételezése alapján

Név	1964		1969-71		1987-88		1996-97		2007-2008	
	Fsor	Borít %	Fsor	Borít %	Fsor	Borít %	Fsor	Borít %	Fsor	Borít %
C. album	4.	1,47	2.	2,91	3.	3,45	4.	3,17	3.	5,19

Megjegyzés: Fsor = fontossági sorrend, Borít % = borítottsági %

A fenti táblázatból látható, hogy az elmúlt 50 évben a gyomfaj borítottsága a 2. és a 4. fontossági sorrendet foglalta el és a borítottság egyre növekvő tendenciát mutat. A borítottság mellett érdemes lett volna megvizsgálni a gyakorisági értékeket (frekvencia) azaz, a gyomfaj a mintaterek hány százalékában fordult elő. Sokirányú megfigyeléseink és tapasztalataink alapján kijelenthető, hogy a *C. album* az országban a legáltalánosabban és a leggyakrabban előforduló gyomfaj.

A *C. album*, mint domináns gyomnövény nagymértékű magprodukcióval rendelkezik, egy-egy kifejlett növény akár 50-60 ezer magot is teremhet. A magvak többsége az első évben csírázik, de jelentős a dormans magok száma is. A csírázáshoz a 10-12 ^{0}C fok hőmérséklet, nedvesség és fény is szükséges, ugyanis a magban lévő fényérzékelő fitokróm indítja el a csírázási folyamatot. A fehér libatop magja és az endospermiuma kisméretű, melyből következik, hogy a csírázási folyamathoz szükséges energia is kevés. A növény ezért pusztán 2-5 mm talajmélységből csírázik.

A csírázáskor két oválisan elnyújtott, lisztes-szerű bevonatot tartalmazó sziklevele jön elő a talajból. Közben kialakul a gyökérzet és a fogyóban

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

lévő endospermium energiáját pótolja a sziklevél asszimiláció és a gyökérzet tápanyag felvétele. A mechanikus védekezés kritikus pontja annak az időpontnak az időzítése, amikor elfogy az endospermium energiája, de még az asszimiláció és a gyökér tápanyagfelvétele nem alakult ki.

Ez a védekezés szempontjából kritikus időszak, 1-2 napban határozható meg a talajfelszín vizsgálatával. Ennek elmulasztása és a késlekedés eredménytelenséghez vezet, ugyanis a gyomnövény gyorsan legyökerezik és a finom, precíziós mechanikus technikákkal már nem távolítható el a kultúrnövény soraiból.

A *P. persicaria (Pesicaria maculosa*), baracklevelű keserűfű fontossági sorrendjét és borítottsági %-át, az I-V. Országos kukorica nyáreleji gyomfelvételezés feldolgozott adatai alapján a *17. táblázat* tartalmazza.

17. táblázat. A P. persicaria fontossági sorrendje és borítottsági %-a a kukorica nyáreleji gyomfelvételezése alapján

Név	1964		1969-71		1987-88		1996-97		2007-2008	
	Fsor	Borít %	Fsor	Borít %	Fsor	Borít %	Fsor	Borít %	Fsor	Borít %
P. persicaria	70.	0,01	25.	0,15	37.	0,10	25.	0,21	27.	0,29

Megjegyzés: Fsor = fontossági sorrend, Borít % = borítottsági %

A táblázat adataiból jól látható, hogy a faj jelentősége lényegesen kisebb a fehér libatopnál. A kísérleti területen mégis nagy tömegben fordult elő. Az I-V. Országos szántóföldi gyomfelvételezés adatsorából kitűnik, hogy a *P. persicaria* borítottsági %-a is egyenletesen nőtt az évek során.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A gyomnövény viszonylag erősebb gyökérrendszerrel rendelkezik és a kelés után hamarosan kifejleszti oldalágait. Mechanikai irtása nehezebben valósítható meg, mint ahogyan azt a *C. album*-nál tapasztaltuk.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.3.2. A kultivátorozott kísérleti terület gyomviszonyainak értékelése

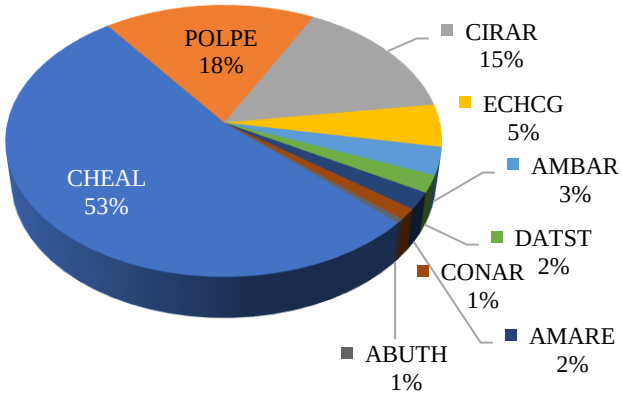
A kultivátoros gyomszabályozás után megváltozott a területet borító növények fajösszetétele és a gyomfajok tömegének aránya (*84. és 85. ábra*). A libatop aránya csökkent, megjelent a parlagfű (*A. artemisiifolia*) 1,7 db/m^2 borítottsággal, a kakaslábfű *(E. crus-galli)* és jelentős darabszámban a mezei acat *(C. arvense).* A mintaterületeken megjelent az apró szulák (*C. arvensis*) is.

Az apró szulák jelenléte és esetleges elszaporodása különösen kedvezőtlen a sorközművelés szempontjából, mivel a művelőelemekre tekeredő növények miatt rendkívüli módon lelassulhat a gyomszabályozás, napi 40-60 hektár teljesítményről visszaeshet akár 5-10 hektár/napra.

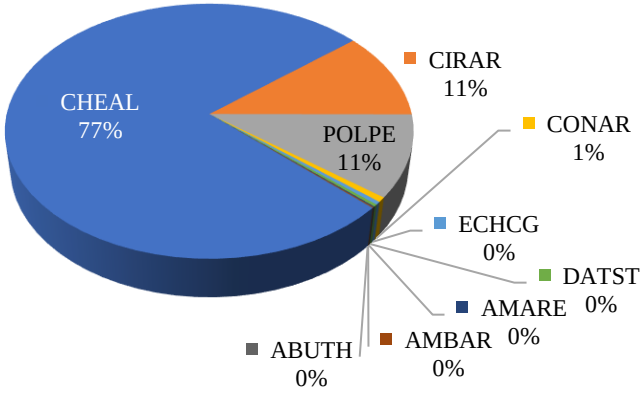
Szintén rendkívül kedvezőtlen a mezei acat *(C. arvense)* nagy tömegű, 15%-os megjelenése. Mivel ezek a gyomok a sorokban jelentek meg, elpusztításuk csak kézi munkaerővel, vagy vegetáción kívüli speciális gyommentesítési programmal lehetséges a későbbiekben.

A *84. és a 85. ábrák* az *egyszeri* sorközművelő kultivátorozás után megmaradt gyomfajstruktúrát szemléltetik.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



84. ábra. Kultivátorozott területről begyűjtött gyomok darabszámának aránya

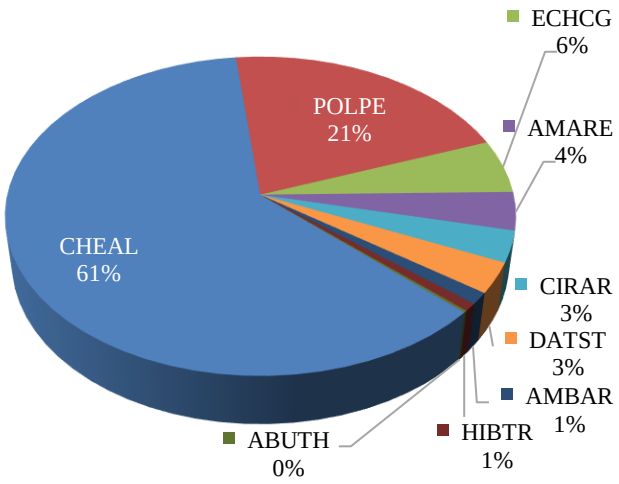


85. ábra. Kultivátorozott területről begyűjtött gyomok össztömegének aránya

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.3.3. Az ujjas gyomirtóval felszerelt kultivátorral kezelt kísérleti terület gyomviszonyainak értékelése

A terület adatait elemezve megállapítottuk, hogy az ujjas gyomirtó használata is megváltoztatta a kezelés területének gyomösszetételét (*86. ábra*).



86. ábra. Az ujjas gyomirtóval kezelt területen megmaradt gyomfajok darabszámának százalékos összetétele

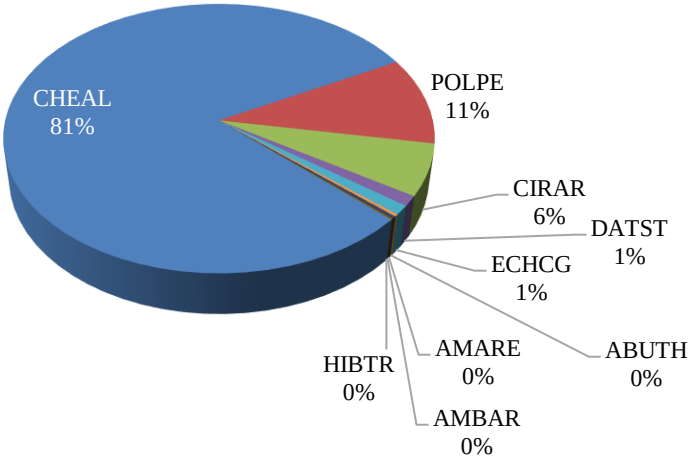
A kultivátorozott területhez képest a darabszámot tekintve csökkent a libatop (*C. album*) és a kakaslábfű (*E. crus-galli*) aránya, a 0,41 növény/m^2 borítottsággal rendelkező *A. artemisiifolia* pedig csaknem kipusztult a napraforgó sorából.

Jelentős csökkenés figyelhető meg a mezei acat *(C. arvense)* tömegében is. A kultivátorozás hatékonyságát alapvetően befolyásoló aprószulák a területről felszedett mintákban nem volt megtalálható.

A területen levő két domináns gyomfaj a libatop (*C. album*) és baracklevelű keserűfű (*P. persicaria*). *Darabszámok* tekintetében a libatop és

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

keserűfű együttes aránya meghaladta a 82%-ot. A termésmennyiségre alapvető befolyással levő *gyomtömeget* tekintve a libatop és keserűfű együttes aránya meghaladta a 92%-ot. Ezeknek az adatoknak a fényében különösen érdekes volt megvizsgálni az ujjas gyomirtónak e két gyomfajra gyakorolt szabályozó hatását. A herbicidekre alapozott technológia egyik fő szereplője, a parlagfű (*A. artemisiifolia*) lett a területen tömegét tekintve az egyik legkisebb mennyiségben előforduló gyomnövény (*87. ábra*).

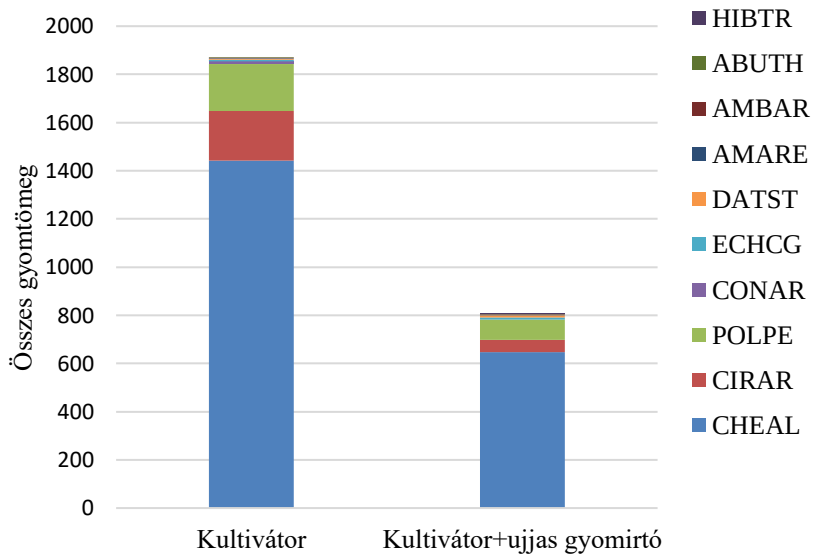


87. ábra. *Az ujjas gyomirtóval felszerelt kultivátorral kezelt területről begyűjtött gyomok tömegének aránya*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.3.4. A kezelések összehasonlítása és matematikai elemzése

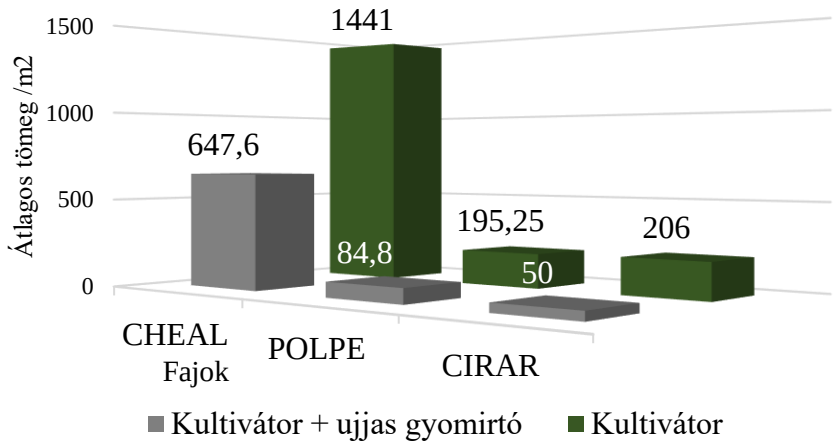
A termésmennyiséget a területen kifejlődő gyomnövényzet tömege alapvetően befolyásolja. A kísérleti terület összes vizsgált parcelláján a két domináns gyomfaj, a *C. album* és a *P. persicaria* összesített tömege meghaladta az összes gyomtömeg 85%-át. A sorközművelő kultivátoros művelésnél 88%, az ujjas gyomirtóval felszerelt sorközművelő kultivátor esetében pedig 92% volt a két gyomfaj tömegének összege. *A 88. ábrát* szemlélve megállapíthatjuk, hogy az ujjas gyomirtó hatására a domináns gyomok aránya nem változott meg, viszont a gyomtömeg jelentős mértékben csökkent.



88. ábra. Gyomtömeg csökkenésének aránya a mechanikai kezelések hatására

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

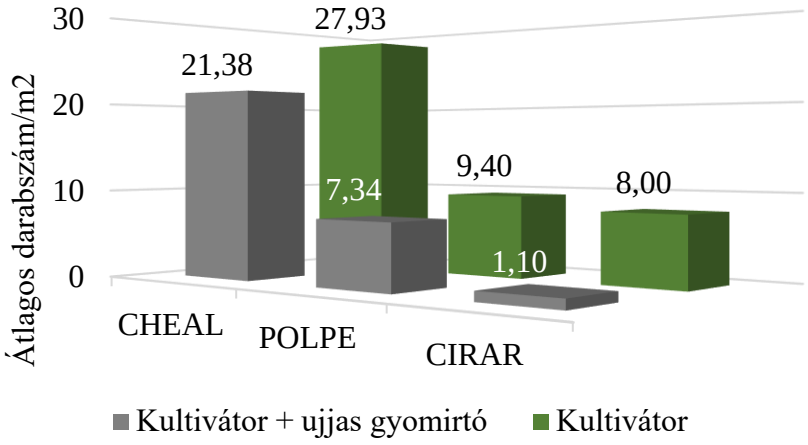
A *89. ábrán* a kísérleti parcellákon levő gyomok fajlagos tömegének jelentős- a *C. album* és a *P. persicaria* esetében- szignifikáns csökkenését figyelhetjük meg az ujjas gyomirtó alkalmazásának hatására. A forgó művelőelemek már egyszeri kezelés hatására felezték a terület domináns gyomnövényeinek tömegét.



89. ábra. A kezelések hatása a domináns gyomnövények tömegére.

A *90. ábrán* a kísérleti parcellákon levő domináns gyomok fajlagos darabszámának jelentős csökkenését figyelhetjük meg az ujjas gyomirtó alkalmazásának hatására.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



90. ábra. A kezelések hatása a domináns gyomnövények darabszámára

Hipotézis vizsgálatot állítottunk fel a területen található 7 leggyakoribb gyomfaj fajlagos darabszámára (db/m^2), valamint a fajlagos tömegének (g/m^2) összehasonlítására, kultivátoros és a kultivátor + ujjas gyomirtóval végzett gyomszabályozás esetében (*18. táblázat*).

18. táblázat. Hipotézisvizsgálat hét mintára.

	T-test for Independent Samples (Napraforgó_gyomok_súlyozott) Note: Variables were treated as independent samples										
Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
CHEAL Kultiv:Növény vs. CHEAL Kultiv+ujjas:Növény	27,9	21,4	0,773	7	0,4648	4	5	14,95	10,57	2,00	0,5129
CHEAL Kultiv:Tömeg vs. CHEAL Kultiv+ ujjas:Tömeg	1441,0	647,6	2,177	7	0,0659	4	5	713,71	366,80	3,79	0,2311
POLPE Kultiv:Növény vs. POLPE Kultiv+ujjas:Növény	9,4	7,3	0,542	7	0,6048	4	5	7,34	3,98	3,41	0,2671
POLPE Kultiv:Tömeg vs. POLPE Kultiv+ ujjas:Tömeg	195,3	84,8	1,994	7	0,0864	4	5	113,42	47,82	5,63	0,1285
ECHCG Kultiv:Növény vs. ECHCG Kultiv+ujjas:Növény	2,7	2,3	0,262	4	0,8060	3	3	1,92	1,04	3,44	0,4506
ECHCG Kultiv:Tömeg vs. ECHCG Kultiv+ ujjas:Tömeg	7,0	9,7	-0,393	4	0,7146	3	3	7,21	9,29	1,66	0,7518
CIRAR Kultiv:Növény vs. CIRAR Kultiv+ujjas:Növény	8,0	1,1	3,855	1	0,1616	1	2	0,00	1,46	0,00	1,0000
CIRAR Kultiv:Tömeg vs. CIRAR Kultiv+ ujjas:Tömeg	206,0	50,0	2,729	1	0,2236	1	2	0,00	46,67	0,00	1,0000
AMARE Kultiv:Növény vs. AMARE Kultiv+ujjas:Növény	1,1	1,3	-0,327	5	0,7571	4	3	1,09	1,15	1,12	0,8677
AMARE Kultiv:Tömeg vs. AMARE Kultiv+ ujjas:Tömeg	1,8	1,7	0,080	5	0,9397	4	3	1,50	1,15	1,69	0,7862
AMBAR Kultiv:Növény vs. AMBAR Kultiv+ujjas:Növény	1,7	0,4	1,407	2	0,2947	2	2	1,32	0,18	55,91	0,1693
AMBAR Kultiv:Tömeg vs. AMBAR Kultiv+ ujjas:Tömeg	1,5	1,0	1,000	2	1,0000	2	2	0,71	0,00	0,00	1,0000
DATST Kultiv:Növény vs. DATST Kultiv+ujjas:Növény	1,1	1,1	-0,029	3	0,9783	2	3	0,38	0,44	1,38	1,0000
DATST Kultiv:Tömeg vs. DATST Kultiv+ ujjas:Tömeg	5,0	9,7	-0,827	3	0,4689	2	3	0,00	7,57	0,00	1,0000

Magyarázat:

Kultiv: sorközművelő kultivátoros művelés;

Kultiv + ujjas: ujjas gyomirtóval felszerelt sorközművelő kultivátor

Növény: vizsgált területen lévő gyomok fajlagos darabszáma

Tömeg: vizsgált területen lévő gyomok fajlagos tömege

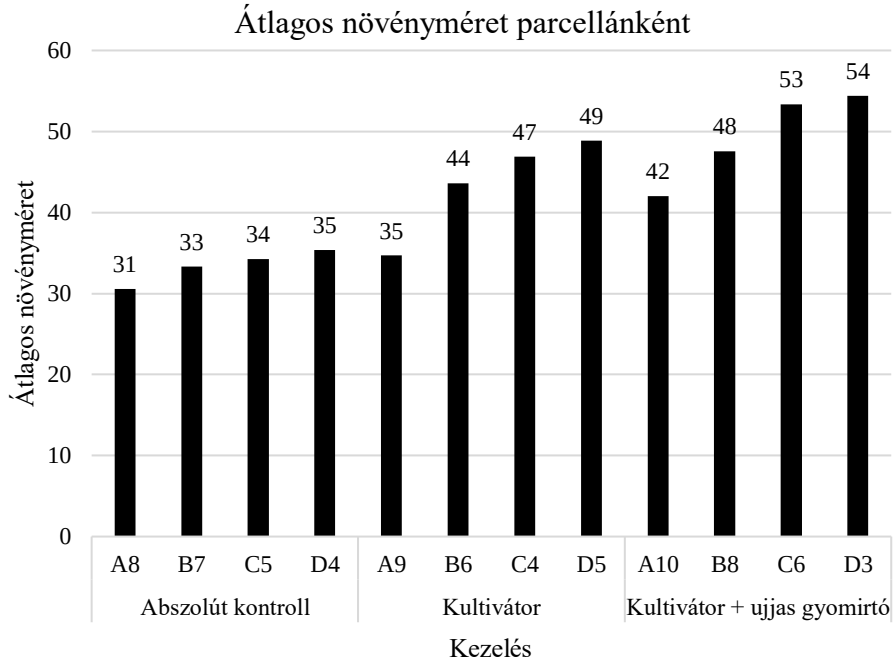
Elemzéseink során a területen található 7 leggyakoribb gyomfaj közül, a gyompopuláció közel 90%-át együttesen kitevő, *C. album* és a *P. persicaria* fajlagos tömegénél találtunk 10 %-os hibával ($p<0,1$) szignifikáns összefüggést a kultivátoros és az ujjas gyomirtóval felszerelt kultivátor gyomszabályozási módok között. A *C. arvense* fajlagos tömege is jelentős csökkenést mutat, $p=0,16$ szignifikancia vizsgálati érték mellett.

A fenti adatokból arra következtethetünk, hogy az ujjas gyomirtóval felszerelt sorközművelő kultivátor szignifikáns gyomszabályzó hatást fejtett ki a területet közel 90%-ban borító *C. album*-ra és a *P. persicaria* fajokra.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.3.5. Kultúrnövény állomány magasságának mérése a második kezelés idején

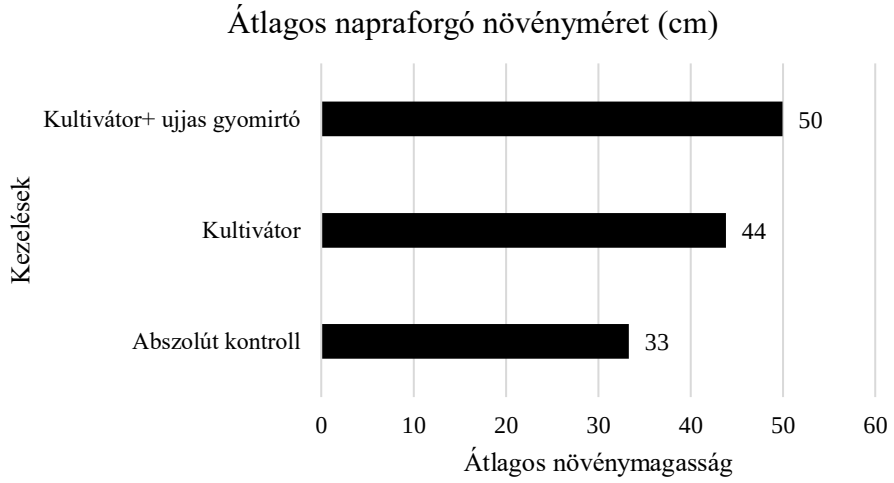
Állománymagasságot 2017.06.12.-én mértünk a kijelölt parcellákon *(91. ábra)*.



91. ábra. A különböző kezelések hatása a napraforgó növény magasságára

A *92. ábra* szemlélteti a különböző kezelések eredményeképpen fejlődő napraforgó növényeket. Legfejlettebb napraforgó növényeket a kultivátor + ujjas gyomirtó kezelés esetén mértünk.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



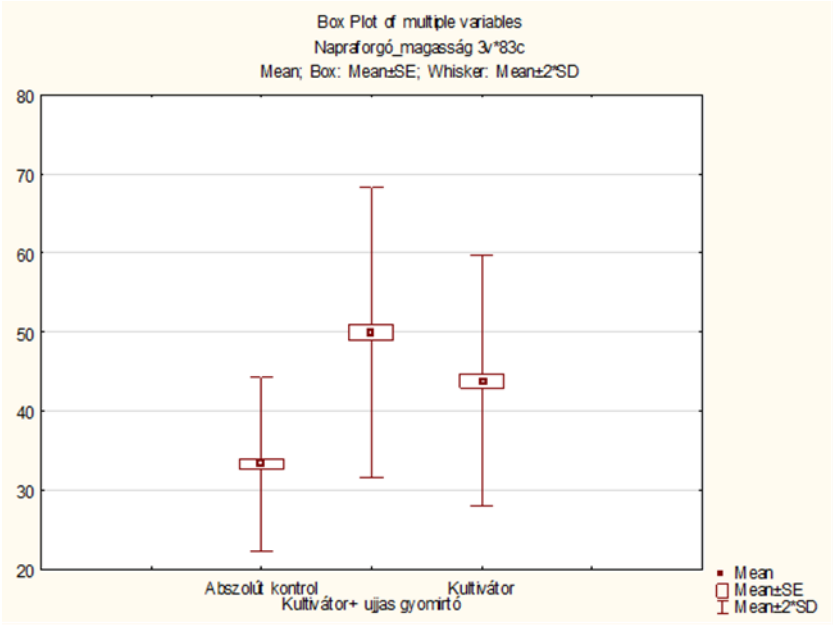
92. ábra. A napraforgó növény mérete a négy ismétlés átlagában.

A mérési eredményeket statisztikai vizsgálatoknak vetettük alá *(19. táblázat)*. A 3 mintás próba eredménye szerint a mintaátlagok eltérései egymástól szignifikánsak, statisztikailag igazolhatóak 95 %-os megbízhatósági szinten, mivel minden esetben $p<0,05$. A hipotézisvizsgálat eredményeit a *93. ábra* jeleníti meg.

19. táblázat. Hipotézisvizsgálat a napraforgó átlagos növénymagasság számára kultivátoros, kultivátor + ujjas gyomirtó és abszolút kontrollos gyomirtás esetében

	T-test for Independent Samples (Napraforgó_magasság) Note: Variables were treated as independent samples										
Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
Abszolút kontrol vs. Kultivátor+ ujjas gyomirtó	33	50	-13,47	150	0,000000	74	78	5,5	9,2	2,760	0,000019
Abszolút kontrol vs. Kultivátor	33	44	-9,52	155	0,000000	74	83	5,5	7,9	2,068	0,001788
Kultivátor+ ujjas gyomirtó vs. Kultivátor	50	44	4,55	159	0,000011	78	83	9,2	7,9	1,334	0,199264

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



93. ábra. Különböző kezelések napraforgó növények magasságára gyakorolt hatásának szemléltetése

A napraforgó magasságának mérése során tapasztaltuk, hogy a mechanikai gyomirtás hatására mind a sorköz kultivátorozásnál, mind pedig a sorköz kultivátor + ujjas gyomirtó használatánál jelentősen megnőtt a napraforgó magassága az abszolút kontrollhoz képest, de a két mechanikai kezelés között is szignifikáns a különbség. Mindez az bizonyítja, hogy a napraforgó tenyészidejének első egy hónapjában nem került a kritikus kompetíciós periódus közelébe sem a mechanikai kezelések eredményeként. Ezt a megállapításunkat később megerősítették a terméseredmény adatok is.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

4.3.6. Betakarítási eredmények

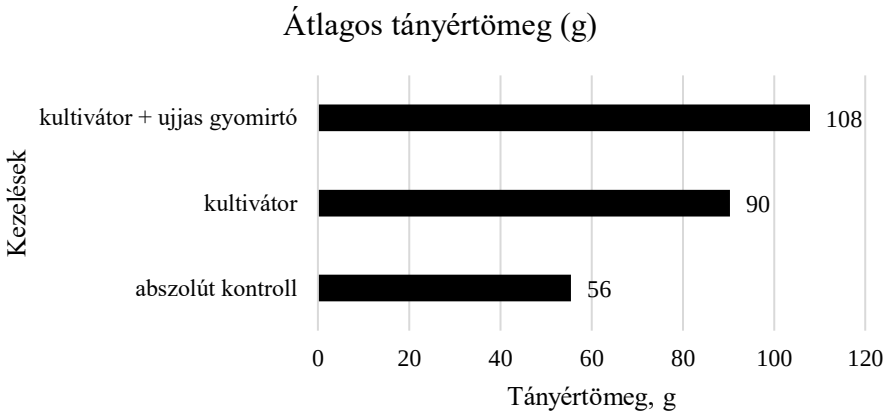
A kísérleti parcellák mintáinak kézi betakarítását 2017.09.09.-én végeztük. A terméseredmények értékeléséhez az összes kísérleti parcellából begyűjtöttük a 4. és 5. sorokat, összesen 1526 tányért (*94. ábra*).

94. ábra. A napraforgó kísérlet betakarítása 2017.09.09.-én.

Egyesével megmértük a tányérok tömegét (*95. ábra*) és átmérőjét (*97. ábra*), majd parcellakombájn segítségével kicsépeltük a kezeléseket és az üzemi kontrollt is. Annak ellenére, hogy a tányértömeg és átmérő mérése számos hibalehetőséget hordoz magában, figyelemreméltó eredményeket kaptunk.

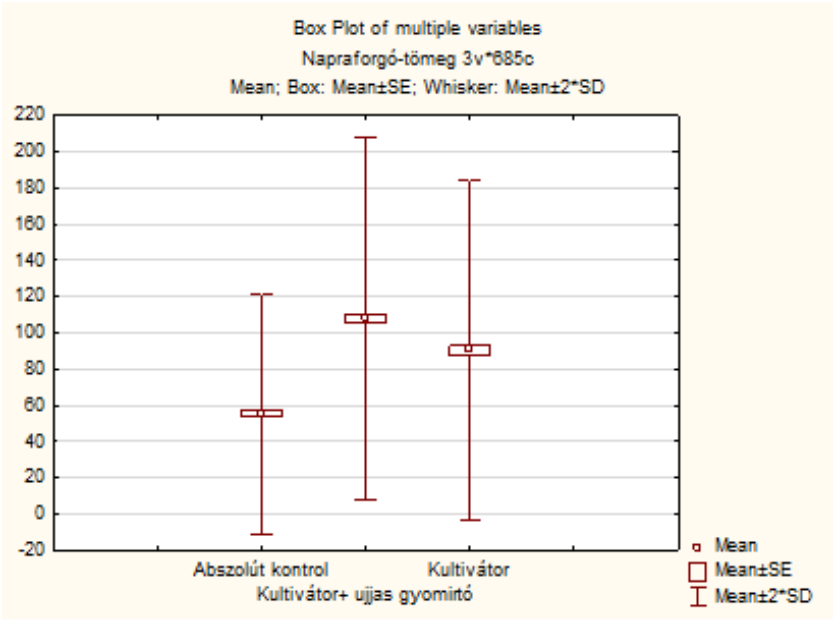
A *95. ábrát* elemezve megállapíthatjuk, hogy a jelentős, + 20%-os különbség van a kultivátorozott és az ujjas gyomirtó + kultivátorral kezelt sorok tányérátmérői között.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



95. ábra. A három kezelésből begyűjtött átlagos tányértömeg

Hipotézisvizsgálataink szignifikáns összefüggéseket tártak fel a kezelések és a tányérok tömegei között (*96. ábra és 20. táblázat*).



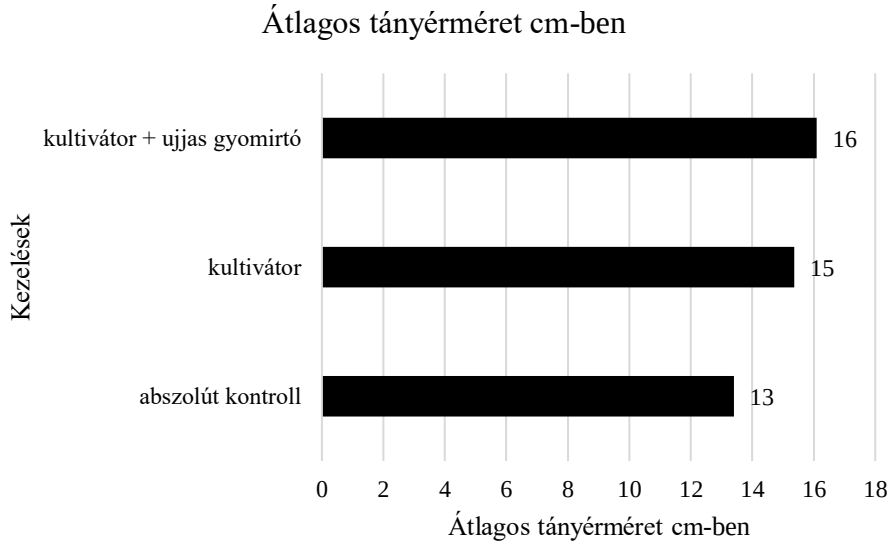
96. ábra. Különböző kezelések napraforgó tányérok tömegére gyakorolt hatásának szemléltetése doboz diagramon

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

20. táblázat. Hipotézisvizsgálat a napraforgó átlagos tányér tömeg számára kultivátoros, kultivátor + ujjas és abszolút kontrollos gyomirtás esetében

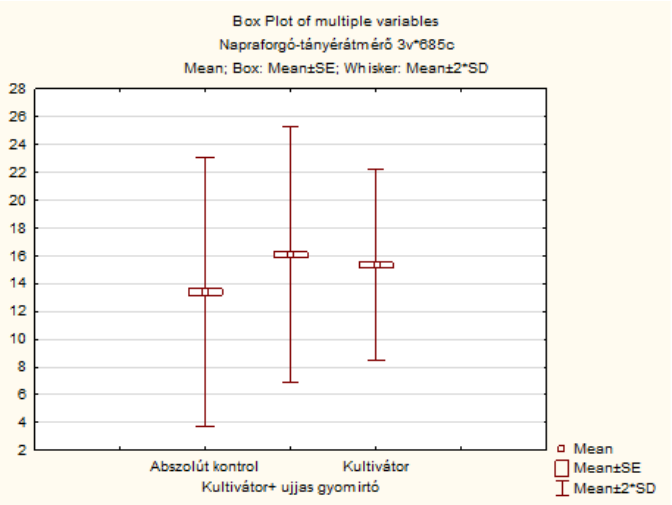
	T-test for Independent Samples (Napraforgó-tömeg) Note: Variables were treated as independent samples									
Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev Group 1	Std.Dev Group 2	F-ratio Variances	p Variances
Abszolút kontrol vs. Kultivátor+ ujjas gyom	56	108	-19,458	112	0,00000	438	685	33,1	49,8	2,26670	0,00000
Abszolút kontrol vs. Kultivátor	56	90	-12,268	795	0,00000	438	363	33,1	47,7	2,02600	0,00000
Kultivátor+ ujjas gyomirtó vs. Kultivátor	108	90	5,537	1046	0,00000	685	363	49,8	47,7	1,11880	0,22858

A *97. ábrát* elemezve megállapíthatjuk, hogy a tányérátmérők között is van +6%-os méretbeli különbség az ujjas gyomirtó + kultivátorral kezelt sorok tányérátmérői javára. A megállapításunkat a szignifikancia vizsgálat is alátámasztja (*98. ábra és 21. táblázat*).



97. ábra. Átlagos tányérméret cm-ben

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



98. ábra. Hipotézisvizsgálat a napraforgó átlagos tányérátmérő számára kultivátoros, kultivátor + ujjas és abszolút kontrollos gyomirtás esetében

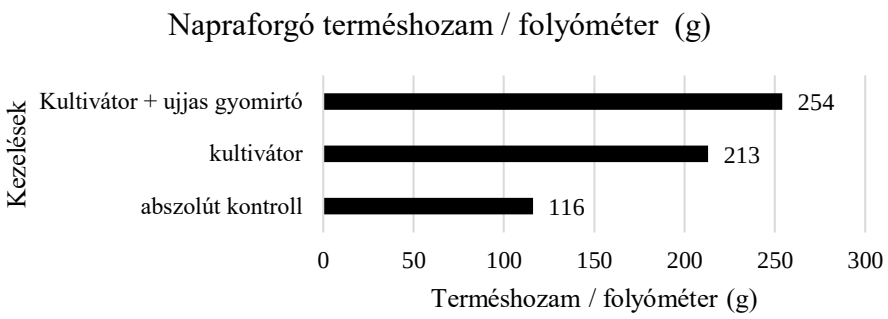
21. táblázat. Hipotézisvizsgálat a napraforgó átlagos tányérátmérő számára kultivátoros, kultivátor + ujjas és abszolút kontrollos gyomirtás esetében

	T-test for Independent Samples (Napraforgó-tányérátmérő) Note: Variables were treated as independent samples										
Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variance
Abszolút kontrol vs. Kultivátor+ ujjas gyomirtó	13	16	-9,34734	1121	0,000000	438	685	4,8	4,6	1,0958	0,2863
Abszolút kontrol vs. Kultivátor	13	15	-6,48603	799	0,000000	438	363	4,8	3,4	2,0141	0,0000
Kultivátor+ ujjas gyomirtó vs. Kultivátor	16	15	2,66951	1046	0,007714	685	363	4,6	3,4	1,8379	0,0000

Mindkét esetben az átlagos tányértömeg és az átlagos tányérátmérő értékei 5 % hibával szignifikánsan különböznek egymástól (mivel $p<0,05$) az egész sokaságra nézve a vizsgált gyomirtási módok esetén.

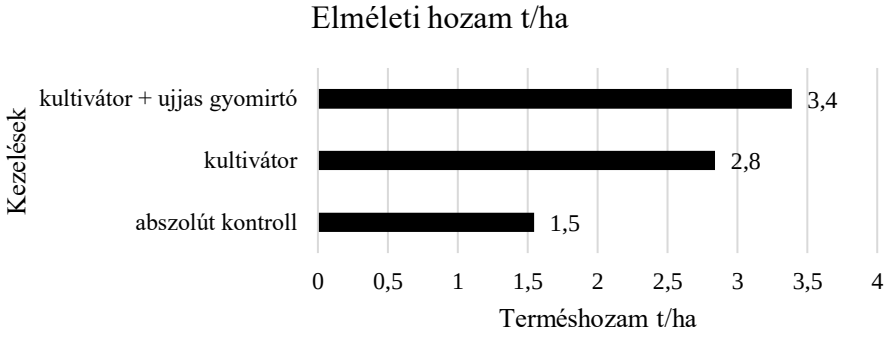
A parcellakombájn segítségével kicsépelt kaszatok tömegét megmértük és kiszámítottuk az egy folyóméterre eső termésmennyiséget (*99. ábra*). A kultivátor + ujjas gyomirtóval végzett kezelés +19,2% terméstöbbletet eredményezett.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



99. ábra. Napraforgó kísérlet betakarítási eredményei

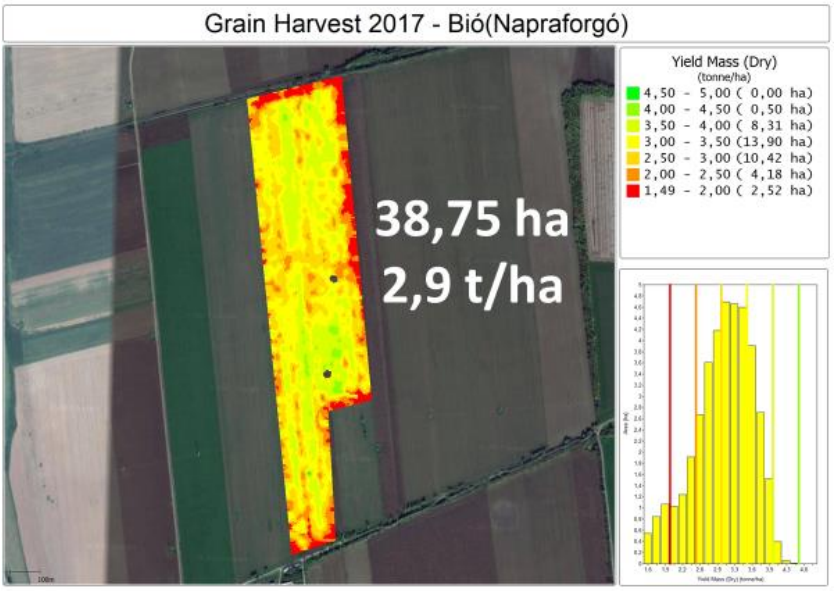
Termésbecslés céljából *99. ábrán* levő, egy folyóméterre eső hozamokat átszámoltuk tonna/hektáros elméleti hozamokra *(100. ábra).*



100. ábra. Hektárra vetített elméleti hozam, t/ha

A kísérleti táblát hozammérővel felszerelt kombájnnal takarították be 2017.10.03.-án. A hozamtérképen jól látható, hogy csupán a tábla szélein tapasztalható gyenge napraforgó hozam, melynek oka az erős táblaszéli gyomosodás *(101. ábra).*

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003



101. ábra. Napraforgó hozamtérkép a kísérleti területet is magába foglaló Vizér nevű tábláról

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. AUTONÓM ESZKÖZÖK HASZNÁLATA A HELYSPECIFIKUS GYOMSZABÁLYOZÁS GYOMFELVÉTELEZÉSÉNEK GYAKORLATÁBAN

5.1.1. Autonóm légi járművel végzett gyomfelvételezés gyakorlati tapasztalatai

Az autonóm légi járművel végzett gyomfelismerési kísérletünk sikertelenül zárult, de több hasznos tapasztalatot sikerült gyűjtenünk.

Az drón használhatóságát és az általa készített felvétel minőségét alapvetően befolyásoló tényezők:

- vibráció (bemozduló képek)
- szél és időjárásra való érzékenység (sokszor használhatatlan)
- magas energiafelhasználás miatt korlátozott hatótáv (15-20 perc)
- megsemmisülés veszélye (törés vagy zuhanás valószínűsége erősen behatárolja a használható kamerák minőségét és költségszínvonalát)
- balesetveszély
- szabályozatlan jogi háttér
- gyenge domborzatkövetés

5.1.2. A növényállományban közlekedő autonóm járművel végzett gyomfelvételezés gyakorlati tapasztalatai

Összehasonlítva a Balázs-Ujvárosi módszerrel és az autonóm gyomfelvételező robottal végzett gyomfelvételezés eredményeit megállapíthatjuk, hogy az eredmények lényegesen nem térnek el egymástól, de a több, ugyanakkor kisebb területű mintatéren végrehajtott felvételezés jobban szolgálja a precíziós gyomszabályozás végrehajtását.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A REISINGER ET AL., (2003) által kidolgozott, Balázs - Ujvárosi gyomfelvételezési módszer továbbfejlesztett változatán alapuló, precíziós gyomszabályozás nem terjedt el a gyakorlatban. A módszer használatát igazoló tudományos elemzések (KALMÁR ET AL., 2004) és a gyakorlatban elért, 50% fölötti inputanyag és költségmegtakarítás nem bizonyultak elegendő motiváló tényezőnek a módszer széleskörű elterjedésére.

Több okot is fel lehet sorolni, objektívet és szubjektívet egyaránt, íme néhány, a teljesség igénye nélkül:

- Precíziós ismeretek hiánya
- Tévhitek a precíziós gazdálkodással kapcsolatban (költséges technológia)
- Precíziós munkaeszközök és térinformatikai tapasztalatok hiánya
- Kockázati tényezőktől való félelem- gazdasági kártételi küszöbértékeinek ismeretének hiánya, 100%-os hatékonyságra való törekvés
- Fáradtságos munka
- Szaktanácsadás hiánya
- Csak a gazdálkodónak és a környezetnek előnyös technológia

A precíziós gyomszabályozás nagymértékű, gyakorlati elterjedésének gátja, hogy nincs nemzetközileg standardizálható gyomfelvételezési módszer és a gyomfelvételezés fáradtságos munka. A Magyarországon közismert és széleskörűen használt Balázs - Újvárosi módszert alkalmassá tettük egy fotó-optikai alapokon szántóföldi robotként működő gyomfelvételező szerkezetre. A robottal kiküszöbölhető a gyaloglással járó fáradságos terepi munka.

Az autonóm gyomfelvételező szerkezet a digitális mezőgazdaság egyik eleme lehet. A robot előre programozottan hajtja végre a szántóföldön a

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

tervezett útvonalon történő haladást úgy, hogy a készült minták (fotók) sűrűsége nagy legyen és a legjobban megközelítse a valós állapotot. A felvételek digitálisan jutnak a felhő alapú adatbázisba, majd onnan a kiértékelő szakember nagy felbontó képességű képernyőjére.

A felvételek feldolgozásának eredményeként elkészül a tábla gyomfaj textúrája, mely alapján a precíziós gyomszabályozási technológia sikeresen végrehajtható. Módszerünk sajátossága, hogy a gyomfelismerési folyamat nem teljesen automatizált, a gyomnövény fajok meghatározását herbológus szakember végzi és ezzel kiküszöbölhető a fajfelismerés szoftveres pontatlansága.

A fajfelismerés és a gyomnövények borítottságának megállapítása után az adatok ismét digitális környezetbe kerülnek, ahol az általunk kidolgozott algoritmusok alapján jön létre a gyomirtási technológia vezérlése. Az un. off-line módszerünk további előnye, hogy képfeldolgozás rövid időt vesz igénybe, ennek megfelelően a terepi fényképezés és a precíziós gyomszabályozási technológia végrehajtása között mindössze 1-2 nap telik el.

Az autonóm eszköz széleskörű és sokrétű állomány monitorozási feladatot tud ellátni, mert vezérlő programozása az aktuális célnak megfelelően megváltoztatható.

5.2. AZ NDVI VEGETÁCIÓS INDEX ÉS A GYOMOSSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEI ŐSZI BÚZÁBAN

5.2.1. Következtetések és javaslatok a gyomfelvételezés és NDVI vegetációs index mérési kísérleteinkből

A gyommentes búza esetében a növényborítottság és az NDVI értékek

között igen szoros a kapcsolat. A gyomos búza vizsgálata során ez a kapcsolat közepesen erősnek mondható. A vizsgálatokból 95 %-os valószínűséggel megállapítható, hogy a gyomos és a gyommentes búzaállomány NDVI átlagértékei szignifikánsan eltérnek egymástól.

Az eltérés oka a gyomnövények jelenléte, kísérletünkben elsősorban az ősszel csírázó és áttelelő *V. hederifolia* gyomnövény domináns előfordulása okozta az NDVI érték megváltozását. Ez a gyomnövény a felvételezés időpontjában már elérte a generatív fázist, virágzott és magot is hozott. A gyomfaj levelei az elöregedés jeleit mutatták, sárgás-zöld levélszínük a klorofill tartalom csökkenésére utal. Az NDVI érték és levélfelületi index (LAI) között szoros összefüggés található (CARLSON ET AL., 1997). Nagy valószínűséggel ezzel magyarázható az eltérő NDVI érték a gyommentes és a gyomos búzaállomány között.

Az előbbi adatokat elemezve egyértelművé válik, hogy gyomnövények jelenléte esetén a szenzor által mért adatokat mindenképpen korrigálni szükséges (BORSICZKY ET AL., 2015).

Szükségesnek tartjuk megjegyezni, hogy a gyomos területeken mért nagyobb NDVI érték esetében azért tervezünk helyspecifikusan kisebb N műtrágya adagokat, mert a beavatkozással elsődleges célunk az állomány kiegyenlítése. Tehát a kisebb NDVI értékekhez kapcsolódó nagyobb N dózisokkal az állományt „fel szeretnénk hozni" az átlaghoz, ahol pedig nagyobb az index, ott mérsékelni szeretnénk a túldozírozást, elsősorban a megdőlés veszélye miatt. Ezt a szándékunkat zavarják a gyomnövények.

5.2.2. Következtetés és javaslatok az őszi búza NDVI index és a gyomosság összefüggéseinek vizsgálataiból

Az adatokat elemezve egyértelművé válik, hogy gyomok jelenléte esetén

az NDVI szenzor által mért adatokat mindenképpen korrigálni szükséges. A gyomtömeg egészen szélsőséges mértékben befolyásolhatja a kijuttatott mennyiségeket- lásd a 11. mintaterületet *(15. táblázat)*, ahol 90 kg/ha hatóanyag eltérés jelentkezik. Ekkora hiba érési egyenetlenségeket és megdőlést is okozhat.

A gyakorlati gyomszabályozás számára a vizsgálatokból az a következtetés vonható le, hogy az ősszel és télen is csírázó gyomfajok ellen, (Therophyton 1 és Therophyton 2), lehetőség szerint ősszel kell a vegyszeres gyomszabályozási technológiát alkalmazni. Magyarországon jelenleg a búza gyomirtása ősszel csupán 5-10 %-os területen valósul meg.

Az eredményeink azt mutatták, hogy a távérzékelési adatokra alapozott automatikus dózis kalkuláció átlagosan 30%-kal kevesebb hatóanyaggal számolna, mint a növények tényleges tápanyagigénye. Mivel az első tavaszi fejtrágyázás időpontja beleesik a búza kritikus kompetíciós periódusába, mely a keléstől a bokrosodás végéig, szárba indulás kezdetéig tart, a tápanyaghiány okozta probléma még hangsúlyosabbá válhat, ugyanis a korai fejlődési fázisoknál tévesen megállapított műtrágya dózisok negatív irányba befolyásolják a növények tavaszi fejlődését, melynek hatása a teljes életciklusra és a hozamra kihathat. A feltárt probléma befolyással lehet a helyspecifikus gazdálkodás számára kialakítandó menedzsment zónák meghatározásánál is. Amennyiben a távérzékelési adatokat korai fejlődési fázisban levő, gyomos kultúrából gyűjtötték, a téves következtetéseknek levonásának a lehetősége fennáll.

Amennyiben a tavaszi fejtrágyázásnál kizárólag a szenzorra támaszkodunk a nitrogén fejtrágya kijuttatásánál, gyomos területeinken jelentős mértékű tápanyaghiány alakulhat ki, könnyedén „differenciált gyomtáplálást” végezhetünk kultúrnövény táplálás helyett.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

5.3. GYOMSZABÁLYOZÁSI VIZSGÁLATOK KÖVETKEZTETÉSEI ÖKO-GAZDÁLKODÁSBAN TERMESZTETT NAPRAFORGÓBAN

Napraforgóban végzett kísérletünkben sorköz kultivátorozással kombinált sor-gyomirtást alkalmaztunk, ujjas gyomirtóval. Bár a kísérlet pozitív eredménnyel zárult, tapasztalat és előzetes vizsgálatok hiányában számos tanulsággal is szolgált. A kísérleti területünket egy 38,75 hektáros bio-napraforgó táblában helyeztük el, ahol a kísérleti területen kívüli táblarészen 5 eltérő időpontban végeztek üzemi méretekben sorköz + sorkezelést az általunk használt eszközzel a napraforgó 60 cm-es magasságáig. A betakarításkor állapotot a *102. ábra* érzékelteti.

102. ábra. Üzemi kezelés gyomviszonyai, ötszöri kultivátorozás + ujjas gyomirtó után.

A kísérlet eredményeiből és az üzemi kezelés adataiból számos következtetést vonhatunk le.

5.3.1. Műszaki feltételek

A következő gépeket tekinthetjük az eredményes precíziós termesztéstechnológia alapfeltételeinek:

- optikai vezérlésű sorközművelő kultivátor
- robotpilóta rendszer
- precíziós vetőgép automatikus sorelzárással

Az ujjas gyomirtó eredményes használatának *alapfeltételének* tekinthető a sorvezérelt kultivátor használata. A kísérleteink világosan rámutattak arra, hogy a legkisebb gyakorlati hiba is súlyos gyomosodási következményekkel jár.

Fontos ajánlások:

- a sorközművelést azonnal el kell kezdeni, amint a sorvezérlő rendszer érzékeli a növényeket (a napraforgó sorai már jól láthatók), a soronkénti védőlemezek használata mellett
- a munkaeszköz beállítása akkor is hosszadalmas feladat és több órát vesz igénybe, ha pontosan tudjuk, hogy mit és hová kell beállítanunk
- a sorközművelő kultivátor munkáját érdemes- és kell is gyakran ellenőrizni
- a legkisebb beállítási hiba vagy hanyagság is nagyfokú, sávokban megjelenő gyomosodást eredményez a későbbiekben

A termesztésben jól működő, RTK alapú robotpilóta rendszert érdemes alkalmazni. A legfőbb előnyét az öko-termesztésben abban látjuk, hogy tehermentesíti a gépkezelőt, aki képes a gyomszabályozást végző kultivátor munkáját folyamatosan figyelni. Az RTK rendszer ugyan elméletileg képes a 2 cm-es visszatérési pontosságra, azonban a gyakorlat azt mutatja, hogy elég gyakran előfordulnak visszatérési hibák. Szélsőséges példaként érdemes megemlíteni, hogy a kísérleti területhez

közel zajlik nyáron a „Fishing on Orfű” fesztivál és abban az időszakban a mobiltelefon hálózat leterheltsége miatt rengeteg áttételes robotpilóta probléma fordul elő, mivel az RTK jelpontosításra is a mobiltelefonos adathálózatot használják a rendszerek.

Dombos területeken kiütközik a robotpilóták használatának másik jellemző hátránya. A rendszer azonnal ellenkormányozni kezd, amennyiben csúszni kezd a traktor a lejtő irányába. Ha tökéletesen egyenes sorokat szeretnénk, vagy egyenesen szeretnénk haladni a sorokban, akkor növelni kell a traktor kormányzásának agresszivitását, viszont akkor az agresszív kormánymozdulatoktól a kultivátort is elkezdi oldalirányban rángatni és ha szűkre állítottuk a kapák és növények közötti védőtávolságot, akkor a kultivátor kaszáló mozgása miatt annak kapái kivághatják a növényeket.

Az optimális megoldás érdekében célszerű átlagosra, vagy átlag alattira állítani a kormány agresszivitását. Ilyenkor az erőgép kormányrángatások nélkül kiszámíthatóan halad, a gyomszabályozást pedig az optikai vezérlésű sorközművelő kultivátor végzi. Ezzel a beállítási módszerrel az RTK pontosságú robotpilóta rendszer és az optikai vezérlésű sorközművelő kultivátor tökéletesen kiegészíti egymás munkáját.

Az RTK alapú rendszerekkel előforduló hibák miatt viszont kockázatosnak ítéljük meg a kizárólag robotpilótákra épülő mechanikus gyomszabályozást.

A napraforgó vetéséhez ajánlott precíziós vetőgépet használni, mivel az automatikus sorelzárás segíti a kultúrnövények stresszmentes fejlődését a táblavégi rávetésből adódó szükségtelen kompetícióban. A tőszám helyspecifikus változtathatóságának lehetősége az ökológiai termesztésben még széles körben ki nem használt lehetőséget jelenthet a

jövőben, kulcs lehet az egyenletesen fejlődő növényállomány kialakításában.

5.3.2. Gyombiológiai vonatkozások

A sorközművelő kultivátor önmagában, két időpontban történő használata elegendő ahhoz, hogy ne alakuljon ki a kritikus kompetíciós periódus, azonban a napraforgó sorának sávjában (15-20 cm) a területre jellemző gyomflóra tömegesen megjelenik, ami terméscsökkentő tényező lehet. Ezen túlmenően jelentős lehet a gyomnövények beérő magprodukciója, ill. a szaporítóképletek mennyisége a talajban.

Kísérletünket 4-6 leveles napraforgó állományban állítottuk be, amikor már a gyomnövények gyökerei megerősödtek és az ujjas gyomirtótól csak részben károsodtak. Emiatt fontos a 2. lombleveles napraforgóban megkezdeni a kezelést, mert ekkor még a gyomnövények csíraállapotban vannak és kimozdításuk a talajból végzetes lehet számukra. A kezelést mindaddig érdemes végrehajtani, amig a traktor nem károsítja a már fejlett napraforgó növényeket (cca. 60 cm-es állapot). A keléstől számítva, átlagos időjárási körülmények között erre 4-5 alkalommal van lehetőség.

A művelet többszöri ismétlésére azért van szükség, mert egy-egy művelettel csírázásra alkalmas magágyat készítünk a gyomnövények számára, melyek T_4-es életformájukból adódóan folyamatosan csíráznak mindaddig, amid a napraforgó levelei beárnyékolják a talajt.

Az évelő gyomokkal erősen fertőzött területeken az ujjas gyomirtó kevésbé hatékony, az évelő gyomok elpusztítására a vegetáción kívüli időszakban, ill. a talajművelés erre alkalmas módozataival kell megoldani. A tábla ezirányú vizsgálatára (gyomfelvételezésre) feltétlenül szükség van.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

5.3.3. Agronómiai vonatkozások

Amint azt dolgozatunkban írtuk, a magágyelőkészítés és a vetés között 4 nap telt el. Korábbi vizsgálataink eredményei szerint (CHRISTEN ÉS REISINGER, 2000) a gyomirtás eredményességében nagy szerepet játszik az a tény, hogy a vetőágy előkészítés és a kultúrnövény vetése között mennyi idő telik el. A vetőágy előkészítés a gyomnövények számára is optimális talajállapotot jelent, tehát - ha minden más feltétel is adott - azonnal csírázásnak indulnak. Ekkor áll elő az az eset, hogy a gyomnövények már megerősödnek, de a kultúrnövény számára még korai a károsodás-mentes mechanikai kezelés.

A fentiek miatt törekedni kell arra, hogy a vetőágy előkészítés után azonnal megtörténjék a kultúrnövény vetése.

Az általunk alkalmazott mechanikai kezelésnek jó hatását figyeltük meg a talajcserepesedés megszüntetésében. Az ujjas gyomirtó talajjal érintkező „fémtüskéi", amelyek a kényszermeghajtást biztosítják, feltörik a talajcserepeket, anélkül, hogy a kultúrnövényt károsítanák. Ugyancsak jó hatású a sorközművelő kultivátor talajlazító és nedvesség megőrző hatása.

5.3.4. Ökonómiai vonatkozások

A kifejlesztett módszerünk hatékonyságát a 2,9 tonna/hektáros üzemi terméseredmény is igazolta, mely meghaladta az országos, herbicides technológiával előállított, 2,83 t/ha átlagtermés mennyiségét. Az ökológiai gazdálkodásban termelt napraforgó ára vetekszik a vetőmagelőállításban termelt termény árával, az inputanyag költsége viszont töredéke annak, így legszerényebb számítások szerint is minimum kétszeres jövedelmet lehet rajta realizálni, környezeti terhelés nélkül.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Autonóm eszközök használata a precíziós gyomszabályozás gyomfelvételezésének gyakorlatában

A precíziós gyomszabályozás nagymértékű, gyakorlati elterjedésének gátja, hogy nincs nemzetközileg standardizálható gyomfelvételezési módszer. A Magyarországon közismert és széleskörűen használt Balázs - Újvárosi módszert adaptáltuk egy szántóföldi gyomfelvételező robotra, mellyel kiküszöbölhető a gyaloglással járó fáradságos terepi munka.

A berendezés környezetkímélő, elektromos meghajtású, nyomvonalában kárt nem okoz a növényzetben. A ma használatos legmodernebb helymeghatározó térinformatikai eszközökkel láttuk el, működése magas szinten programozott, szélsőséges időjárási körülmények is között működik és az általa készített fotók nagy felbontásúak.

A fotók a látható fény hullámhosszán készülnek, emiatt nincs szükség konverzióra, a képek herbológus szakember által kiértékelhetők irodai körülmények között. A berendezés használati mintaoltalmat kapott (Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala, NSZO-jelzetei: G02B 27/00 A01M 7/00 A01M 21/00).

Az autonóm gyomfelvételező szerkezet a digitális mezőgazdaság egyik eleme lehet. A robot előre programozottan hajtja végre a szántóföldön a tervezett útvonalon történő haladást úgy, hogy a készült minták (fotók) sűrűsége nagy legyen és a legjobban megközelítse a valós állapotot. A felvételek digitálisan jutnak a felhő alapú adatbázisba, majd onnan a kiértékelő szakember nagy felbontó képességű képernyőjére.

A felvételek feldolgozásának eredményeként elkészül a tábla gyomfaj textúrája, mely alapján a precíziós gyomszabályozási technológia sikeresen végrehajtható. Módszerünkben a gyomfelismerési folyamat nem teljesen automatizált, jelenleg a gyomnövény fajok meghatározását herbológus szakember végzi és ezzel kiküszöbölhető a fajfelismerés szoftveres pontatlansága.

A fajfelismerés és a gyomnövények borítottságának megállapítása után az adatok ismét digitális környezetbe kerülnek, ahol az általunk kidolgozott algoritmusok alapján jön létre a gyomirtási technológia vezérlése. Az off-line módszerünk további előnye, hogy a képfeldolgozás rövid időt vesz igénybe, ennek megfelelően a terepi fényképezés és a precíziós gyomszabályozási technológia végrehajtása között mindössze 1-2 nap telik el.

Az autonóm eszköz széleskörű és sokrétű állomány monitorozási feladatot tud ellátni, mert vezérlő programozása az aktuális célnak megfelelően megváltoztatható.

Az NDVI vegetációs index és gyomosság összefüggései búzában

A gyakorlatban az őszi gabonák tavaszi helyspecifikus fejtrágyázásánál elterjedőben van a biomassza és különböző vegetációs indexek mérésén alapuló nitrogén fejtrágyázás.

A vegetációs index mérésére alkalmas eszközök (Trimble GreenSeeker, Yara N-Sensor, stb.) nem tudnak különbséget tenni a termesztett növény és a benne tenyésző gyomnövényzet között. Az őszi gabonákban az enyhe őszi és téli időjárás miatt nagy tömegben csírázhatnak a T_1 és a T_2 életforma csoportba tartozó gyomfajok. Ezek a fajok áttelelnek és kora tavaszra nagy tömegű állományokat hozhatnak létre (*S. media, V. hederifolia*).

Két éven át tartó kísérleteinkben azt kutattuk, hogy milyen hatással vannak ezek a gyomfajok a vegetációs index (NDVI) értékének alakulásásra. Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy lényegesen eltérő vegetációs index mérési adatokat kapunk gyommentes és gyomos gabona állományokban. Az eltéréseket matematikailag is igazoltuk.

Amennyiben a vegetációs index mérésével egyidejűleg nem történik meg a gyomfelvételezés, hamis eredményeket kapunk a nitrogén dózisokat illetően. A problémák elkerülése végett javasoltuk az őszi gyommentesítési technológia alkalmazásának szükségességét őszi vetésű gabonákban.

Gyomszabályozási vizsgálatok ökológiai termesztésben előállított napraforgóban

Kutatásainkat az egyre szélesebb körben elterjedő ökológiai- és vegyszermentes termesztés motiválta.

Mint ismeretes, a széles sortávolságú kultúráknál (napraforgó, kukorica stb.) a kultúrnövény fejlődésének kezdeti szakaszában cca. két hónapon át erős gyomosodás tapasztalható, mely probléma kezelése nélkül e növények nem termeszthetők sikeresen.

Vizsgálatokat végeztünk szenzor vezérelt kultivátorral és az arra szerelhető ujjas gyomirtóval. A két eszköz munkáját külön is értékeltük. Matematikai statisztikai vizsgálatokat is végeztünk, melyek során megállapítottuk, hogy az ujjas gyomirtóval felszerelt szenzor vezérelt kultivátor mind a napraforgó sorközeiben, mind a sorokban kielégítően jó eredményt adott.

Felhívtuk a figyelmet arra, hogy az új technológia egyes részleteinek ellenőrzése különleges figyelmet követel az irányító szakembertől és a munkagép kezelőjétől. Ismertettük a technológia továbbfejlesztésének irányait.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

A helyspecifikus és szenzor-technikai alapokon történő gyomszabályozási módszerek hatásának vizsgálata a szántóföldi gyomflóra változására

Őszi kalászosokban a 9 éve folyó vizsgálatok eredményeként 51%-os herbicid megtakarítást értünk el a korábban alkalmazott helyspecifikus módszerrel. Ezzel egyidejűleg látványosan csökkent a terület gyomosodási hajlama.

A kapás kultúrákban történő vizsgálatainkból megállapítható, hogy a vegyszermentes megoldások nem adnak megnyugtató eredményt az évelő gyomok (G életforma csoport) ellen, ugyanakkor jelentősen csökken az *A. artemisiifolia* jelenléte a fajközti kompetíció miatt. Az abszolút kontroll területeken átlagosan 201 db gyomnövény/m^2 -es populációt számoltunk meg, melyet már az egyszeri, kultivátor + ujjas gyomirtóval történt művelés 35 db/m^2-re csökkentett. A kifejlesztett módszer eredményesen gátolta a gyomok kompetíciós nyomását, melyet az elért terméseredmény is igazolt.

Ide vonatkozó további eredmények igazolását nehezíti az a tény, hogy a helyspecifikus gyomszabályozási technológia bevezetése óta kevés idő telt el, így bár a hosszútávú eredmények biztatóak, igazolásuk későbbi időpontban végezhető csak el.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megalkottuk az off-line helyspecifikus gyomszabályozás digitális elemekből álló folyamat-szervezését őszi kalászos gabonákban a gyomfelvételezéstől a helyspecifikus gyomirtási technológia végrehajtásáig, melynek szerves részét képezi az autonóm gyomfelvételező szerkezet.
2. Megállapítottuk, hogy korai fejlettségű kalászos gabonák esetében a területen található gyomnövények szignifikáns hibákat eredményezhetnek a kultúrnövények NDVI vegetációs indexeinek meghatározásánál. Adekvát mennyiségű, helyspecifikus nitrogén fejtrágyázást csak gyommentes táblákról gyűjtött távérzékelési adatok használatával végezhetünk el.
3. Kidolgoztuk napraforgóban a szenzor vezérelt, mechanikai eszközökre alapozott, herbicid mentes gyomszabályozási technológiát, melynek az egyik alapfeltételét az ujjas gyomirtóval felszerelt, szenzor által vezérelt sorközművelő kultivátornak használata képezi.

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik hozzájárultak a dolgozatom elkészítéséhez.

Témavezetőmnek, Dr. Reisinger Péternek szeretném megköszönni az ösztönzését, a szakmai és emberi segítségét, valamint a helyén mondott biztató szavait.

Dr. Enzsöl Erzsébetnek és Dr. Kukorelli Gábornak köszönöm az együttműködését és a dolgozatom elkészítéséhez nyújtott segítségét,

Köszönetemet szeretném kifejezni a szakmánk iránt mélyen elkötelezett gazdálkodóknak, Farkas Lászlónak, a Farkas Kft. ügyvezetőjének és Farkas Balázsnak, Berki Gyulának, a Bicsérdi Arany-Mező Zrt. vezérigazgatójának és Berki Józsefnek, a Bicsérdi Bio Kft. ügyvezetőjének a lehetőségekért, az önzetlen segítségükért és a rendelkezésünkre bocsátott eszközállományért.

Patkó Gergelynek köszönöm a sok erőfeszítést és energiát, melynek eredményeképpen sikerült az autonóm gyomfelvételező járművet elkészítenünk.

Köszönöm a Tomelilla Kft. munkatársainak a lelkiismeretes munkájukat, mellyel nagymértékben hozzájárultak a kísérletek és technológiai fejlesztések sikeréhez.

Családom öröme és lelkesedése segítséget, valamint motivációt adott a munkához.

Szeretném megköszönni a feleségemnek a sok biztatást, a türelmét és sokéves kitartását, mellyel erőt adott a dolgozat elkészítéséhez és az elkezdett munka befejezéséhez.

9. IRODALOMJEGYZÉK

BALÁZS F, 1944: A növénycönológiai felvételek készítésének újabb módja. Botanikai Közlemények 41, 18-33.

BLACKMORE BS, FOUNTAS S, GEMTOS TA AND HW GRIEPENTROG, 1998: A specification for an autonomous crop production mechanization system, ISHS, Acta Horticulturae 824: International Symposium on Application of Precision Agriculture for Fruits and Vegetables

BOGNÁR P, 2004: Műholdas termésbecslési eljárások fejlesztése. Doktori értekezés tézisei, ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest, kézirat

BORSICZKY I, HOFFMANNÉ PATHY ZS ÉS REISINGER P, 2008: Precíziós gyomszabályozás Weed Seeker-rel, kukoricában, Óvári Tudományos Napok, Konferencia kiadvány

BORSICZKY I, ENZSÖL E, FARKAS B ÉS REISINGER P, 2015: Study of the use of N sensor in weed covered fields of winter wheat. Herbologia Vol.15. No.1 99-109. Academy of Sciences and Arts of Bosnia and Herzegovina.

BORSICZKY I, 2016: Optikai szenzoros vezérlés a sorközművelésben, (In Milics (szerk.) 2017, II. PREGA, PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS, Digitalización innen és túl p.53.); ISBN 978-963-12-5342-9

BORSICZKY I, ENZSÖL E, REISINGER P, 2017: Nitrogén (N) szenzorral történt mérések eredményei gyomos és gyommentes őszibúza vetésben, (In Milics (szerk.) 2017, III. PREGA, PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS, PREGA Science Konferencia p. 102.); ISBN 978-963-12-8921-3

BORSICZKY I AND P REISINGER, 2017: Demonstration of an autonomous photo-optical weed mapper, Joint EWRS Workshop of the Working Groups Physical and Cultural Weed Control and Crop-Weed Interactions, Nyon, Switzerland, 2-5 April 2017

BOWMAN G, 1997: Steel in the Field: A Farmers Guide to Weed Management Tools. Sustainable Agricultural Publications, University of Vermont, Burlington, VT, USA, 128.

CARLSON TN, RIPLEY DA, 1997: On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index, Remote Sensing of Environment Volume 62, Issue 3, 241–252

CHRISTEN T AND P REISINGER, 2000: Erfahrungen und Ergebnisse der ESCORT Applikation in Clearfield- Maiskulturen in Ungarn. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft XVII. 347-353.

CHRISTENSEN S, SOGAARD HT, KUDSK P, NORREMARK M, LUND I, NADIMI ES AND R JORGENSEN, 2009: Site-specific weed control technologies. Weed Research 49, 233–241.

COLWELL JE, 1974: Vegetation canopy reflectance. Remote Sensing of Environment, Volume 3, Issue 3, 1974, Pages 175-183

CZINEGE E, PÁSZTOR L, SZABÓ J, CSATHÓ P, ÁRENDÁS T, 2000: Térinformatikai alapokra épülő műtrágyázási szaktanácsadás. Agrokémia és talajtan 49. pp. 55-63.

DEMMIG-ADAMS B AND WW ADAMS, 1996: The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis, Trends in Plant Science, Volume 1, Issue 1, January 1996, pp. 21-26.

EREDICS A, 2007: Vegetációs indexméter (NDVI) tervezése és fejlesztése, TDK dolgozat, XI. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia 2008

GAMON JA, PEÑUELAS J AND CB FIELD, 1992: A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency, Remote Sensing of Environment, Volume 41, Issue 1, July, pp. 35-44

GAUSMAN HW AND WA ALLEN, 1973: Optical parameters of leaves of 30 species, Plant Physiology 52:57-62

GERHARDS R AND CHRISTENSEN S, 2003: Real-time weed detection, decision making and patch spraying in maize, sugar beet, winter wheat and winter barley. Weed Research 43, 385–392.

GYŐRFFY B, 2000: Javaslat a precíziós agrárgazdálkodás kutatási programjának indítására. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi osztályának 2000. évi tájékoztatója. Budapest, pp. 17-22.

HAGUE T AND ND TILLETT, 1996: Navigation and control of an autonomous horticultural robot, Mechatronics, Volume 6, Issue 2, March 1996, Pages 165-180 https://doi.org/10.1016/0957-4158(95)00070-4

HAGUE T, MARCHANT JA, TILLETT ND, 1997: Autonomous robot navigation for precision horticulture, Proceedings of International Conference on Robotics and Automation, Volume 4, 25-25 April 1997

HAMOUZ P, SOUKOUP J, HOLEC J AND K NOVAKOVA, 2004: Field-scale variability of weed distribution on arable land. Zeitschrift für Pflanzenkrankenheiten und Pflanzenschutz Sonderheft XIX, 445-45.

HAMOUZ P, NOVAKOVA K., SOUKOUP J AND L TYSER, 2006: Evaluation of sampling and interpolation methods used for weed mapping. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection) Stuttgart. Sonderheft XX. 205-215.

HANSEN KD, GARCIA RUIZ FJ, KAZMI W, BISGAARD M, LA COUR-HARBO, A, RASMUSSEN J, AND HJ ANDERSEN, 2013: An Autonomous Robotic System for Mapping Weeds in Fields. In 8th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, 2013 (Vol. 8, pp. 217-224). Elsevier

Science. (I F A C Workshop Series). DOI: 10.3182/20130626-3-AU-2035.00055

HEISEL T, ANDERSEN C AND AK ERSBOLL, 1996: Annual weeds can be mapped with kriging. Weed Research 36, 325–337.

HUETE AR, 1988: A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment, Vol. 25 (3), pp. 295-309.

JAQUEMOUD S AND F BARET, 1990: PROSPECT- A modelof leaf optical-properties spectra, Remote Sensing of Environment, 34:75-91

JOHNSON GA, MORTENSEN DA & CA GOTWAY, 1996: Spatial and temporal analysis of weed seedling populations using geostatisics. Weed Science 44, 704-710.

KALMÁR S ÉS PECZE ZS, 2000: Hozamtérkép készítése AgroMap Basic 3.0 programmal. Növényvédelmi tanácsok 09, 01:16-18.

KALMÁR S, 2000: A precíziós gazdálkodást megalapozó hozamtérképkészítési módszer, valamint a tápanyag utánpótlási, agrotechnikai és növényvédelmi eljárások alkalmazásának vizsgálata. Témavezető: Dr. habil Reisinger Péter NYME Mezőgazdaságtudományi Kar Szaktanácsadó és Továbbképző Intézet Mosonmagyaróvár

KALMÁR S, SALAMON L, REISINGER P, NAGY S, 2004: Possibilities of applying precision weed control in Hungary (A precíziós gyomszabályozás üzemi alkalmazhatóságának vizsgálata). Gazdálkodás. 48. (8) pp. 88-94.

KALMÁR S, 2010: Új mezőgazdasági technológiák üzemgazdasági értékelése az optimális üzemméret kialakítása tükrében. Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár, 2010, 135. p

KARDEVÁN P, JUNG A, REISINGER P, NAGY S, 2004: A parlagfű (Ambrosia

artemisiifolia L.) reflektancia spektrumainak meghatározása terepi mérésekkel. Magyar Gyomkutatás és Technológia (Hungarian Weed Research and Technology) 5. (1) 15-32.

KERN A, BARCZA Z, BARTHOLY J, PONGRÁCZ R, TIMÁR G, FERENCZ CS, 2008: Analysis of MODIS NDVI time series for Hungary in 2007: detecting the phenological impacts of the summer heatwave. Geophys. Res. Abstracts, Vol. 10, 05083. General Assembly of the European Geophysical Union. Vienna, Austria, 13-18 April, 2008. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2008-A-05083

KŐMÍVES T, BÉRES I, REISINGER P, LEHÓCZKI É, BERKE J, TAMÁS J, PÁLDY A, CSORNAI G, NÁDOR G, KARDEVÁN P, MIKULÁS J, GÓLYA G, MOLNÁR J, 2006: New strategy of the integrated protection against common ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.). Hungarian Weed Research and Technology 6,5 – 50.

KROHMANN P, TIMMERMANN C, GERHARDS R UND W KÜCHBAUCH, 2002: Ursachen für die Perzistens von Unkrautpopulationen. Zeitschrift für Pflanzenkrankenheiten und Pflanzenschutz Sonderheft XVIII, 261-268.

LAMB DW, BROWN RB, 2001: Remote-sensing and mapping of weeds in crops. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol.: 78 pp.: 117-125.

LICHTENTHALER HK, RINDERLE U, 1988: The Role of Chlorophyll Fluorescence in The Detection of Stress Conditions in Plants, CRC Critical Reviews in Analytical ChemistryPages, S29-S85

LITTERSKI B, JÖRNS S, 2004: Der Einfluss extensiven Anbaus von Winterroggen auf die Segetalflora und-vegetation-Eine Untersuchung in Nordostdeutschland, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz

MELANDER B, LIEBMAN M, DAVIS AS, GALLANDT ER, BÀRBERI P, MOONEN A-C, RASMUSSEN J, VAN DER WEIDE R AND F VIDOTTO, 2017: Non-Chemical Weed Management, in Weed Research: Expanding Horizons (eds P. E. Hatcher and R. J. Froud-Williams), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9781119380702.ch9

MESTERHÁZI PÁ, 2004: Development of measurement technique for GPS-aided plant production, Doctoral dissertation, Mosonmagyaróvár 203. p.

MILICS G, 2008: A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben. PhD értekezés, Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola

MURRAY CJ, 2008: Deere Takes Next Step Toward Driverless Tractor, Designnews.com, Design News, February 04, 2008

NAGY S, 2003 a: A gabonatarló gyomfelvételezése GPS segítségével, Agro Napló, 2003. év, 6. szám.

NAGY S, 2003 b: Gyomfelvételezési mintaterek kijelölése és gyomtérképek készítése precíziós gyomszabályozáshoz, Agro Napló, 2003. év, 6. szám

NAGY S, 2004: A gyomfelvételezési módszerek fejlesztése a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez, Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Mosonmagyaróvár

NEMÉNYI M, PECZE ZS, MESTERHÁZI PÁ, NÉMETH T, 2001: A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. Növénytermelés 50 (4) pp. 419-430.

NÉMETH T, NEMÉNYI M ÉS HARNOS ZS, 2007: A precíziós mezőgazdaság

módszertana, JATE Press-MTA TAKI, Szeged-Budapest, pp. 1-239

NOVÁK R, DANCZA I, SZENTEY L, KARAMÁN J, 2009: Magyarország szántóföldjeinek gyomnövényzete. FVM Budapest 15-19.

O'DOGHERTY MJ, GODWIN RJ, DEDOUSIS AP, BRIGHTON JL AND ND TILLETT, 2007: A mathematical model of the kinematics of a rotating disc for inter- and intra-row hoeing, Biosystems Engineering, Volume 96, Issue 2, February 2007, pp 169-179

OERKE EC, GERHARDS R, MENZ G, SIKORA RA (EDS.), 2010: Precision Crop Protection- the Challenge and Use of Heterogenity, Springer ISBN 978-90-481-9276-9

PECZE ZS, 2001: A precíziós (helyspecifikus) növénytermesztés feltételrendszere, Doktori disszertáció, Mosonmagyaróvár pp. 1-161.

PECZE ZS, NEMÉNYI M, DEBRECZENI BÉLÁNÉ, CSATHÓ P, ÁRENDÁS T, 2001: Helyspecifikus tápanyag-visszapótlás kukoricanövénynél, Növénytermelés 50., pp. 269-280.

PIRON A, LEEMANS V, KLEYNEN O, LEBEAU F AND M-F DESTAIN, 2008: Selection of the most efficient wavelength bands for discriminating weeds from crop, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 62, Issue 2, July 2008, pp. 141-148

RASCHER U AND L NEDBAL, 2006: Dynamics of photosynthesis in fluctuating light, Current Opinion in Plant Biology, Volume 9, Issue 6, December 2006, pp. 671-678

RAUN WR, SOLIE JB, JOHNSON GV, STONE ML, MULLEN RW, FREEMAN KW, THOMASON WE AND EV LUKINA, 2001: Improving Nitrogen Use Efficiency in Cereal Grain Production with Optical Sensing and Variable Rate Application, Agronomy Journal, Vol. 94 No. 4, pp. 815-820

REISINGER P, 1977: A gyomfelvételezés módszereinek összehasonlító vizsgálata. Növényvédelem. 13. (8) 359-361.

REISINGER P, 1979: Gyomvizsgálatok számítógéppel, XXI. Georgikon napok, Keszthely. 124-127.

REISINGER P, 1982: Gyomosságot és gyomirtási technológiát értékelő gépi programok. Növényvédelem. 18. (12) 566-568.

REISINGER P, 1985: A szója vegyszeres gyomirtásának tervezése számítógép segítségével. Növényvédelem. 21. (10) 459.

REISINGER P, 1988: Cönológiai felvételezésekre alapozott gyomirtás tervezés logikai rendszere búzában és kukoricában. Kandidátusi értekezés, Budapest pp. 159

REISINGER P, 1989: A növényvédelmi technológia tervezés problémái és megoldásuk korszerű módozatai. Új irány a növényvédelem fejlesztésében. Pécs. Konferencia Kiadvány 7-19.

REISINGER P, 2001: A mezőgazdasági területek gyomnövényzetének felvételezése Magyarországon (1947-2000). Magyar Gyomkutatás és Technológia. 2. (1) 65-68.

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.

REISINGER P, NAGY S, 2002: Helyspecifikus gyomirtási technológia tervezése kukoricában GPS-el megjelölt gyomfelvételezési mintaterek alapján. Magyar Gyomkutatás és Technológia Vol.: 3 Issue: 1 pp. 45-55.

REISINGER P, KŐMÍVES T, NAGY S, 2003: Vizsgálatok a gyomfelvételezési mintasűrűségre vonatkozóan precíziós gyomszabályozás tervezéséhez. Növényvédelem. 39. (9) 413-419.

REISINGER P, LEHOCZKY É AND T KŐMÍVES, 2006: Late emergence of weeds in maize. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft XX, 401-405.

REISINGER P, NÉMETH L, POMSÁR P, PÁLI O, KUROLI M AND F ŐSZ, 2006: Model experiment for optimising the number of weed survey sample areas, Zeitschrift für Pflanzenkrankenheiten und Pflanzenschutz Sonderheft XX, pp. 249-254.

REISINGER P, 2008: A gabona és a gabonatarló precíziós gyomirtása, Agro Napló, 2008/10-11.

REISINGER P ÉS CSUTORÁS B, 2008: Precíziós gyomszabályozás tapasztalatai és eredményei őszi búzában. Magyar Gyomkutatás és Technológia (Hungarian Weed Research and Technology) IX. 1. 39-47.

REISINGER P, PINKE GY, DANCZA I ÉS NOVÁK R, 2012: Gyomfelvételezési módszerek In: Novák R, Dancza I, Szentey L, Karamán J (szerk.) 2012: Az ötödik országos gyomfelvételezés Magyarország szántóföldjein. 570 p. Budapest: Vidékfejlesztési Minisztérium Élelmiszerlánc-felügyeleti Főosztály, Növény- és Talajvédelmi Osztály, 2012. pp. 16-27. (ISBN:978-963-08-1580-2).

REISINGER P AND T KŐMÍVES, 2012: Map-based precision weed control in winter wheat. Magyar Gyomkutatás és Technológia (Hungarian Weed Research and Technology) 13(1), 65-73.

REISINGER P ÉS BORSICZKY I, 2013: Precíziós növényvédelem – gyomszabályozás, Agro Napló, 2013/05, pp. 66-68

REISINGER P AND I BORSICZKY, 2018: From traditional weed mapping to an autonomous robot: developments and results from Hungary,Proceedings 28th German Conference on Weed Biology and Weed Control, February 27-March 1, 2018, pp. 363-372, DOI

10.5073/jka.2018.458.054

RENCHER AC, 2003: Methods of Multivariate Analysis, John Wiley & Sons

REW LJ AND RD COUSENS, 2001: Spatial distribution of weeds in arable crops: are current sampling and analytical methods appropriate? Weed Research 2001 41, 1–18.

REW LJ, WHEALAN B AND AB MCBRATNEY, 2001: Does kriging predict weed distributions accurately enough for site-specifc weed control? Weed Research 2001 41, 245±263

ROUSE JW, HAAS RH, SCHELL JA AND DW DEERING, 1974: Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, NASA, Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symp., Vol. 1, Sect. A; p 309-317

RUCKELSHAUSEN A, KLOSE R, LINZ A, MARQUERING J, THIEL M AND S TÖLKE, 2006: Autonome Roboter zur Unkrautbekämpfung Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft XX, 173-180

SANKARAN S, MISHRA A, EHSANI R AND C DAVIS (2010): A review of advanced techniques for detecting plant diseases. Computers and Electronics in Agriculture. 72. pp. 1-13.

SCHINDELIN J, ARGANDA-CARRERAS I, FRISE E, KAYNIG V, LONGAIR M, PIETZSCH T, PREIBISCH S, RUEDEN C, SAALFELD S, SCHMID B, TINEVEZ J-Y, WHITE DJ, HARTENSTEIN V, ELICEIRI K, TOMANCAK P AND A CARDONA, 2012: Fiji: an open-source platform for biological-image analysis", Nature methods 9(7): 676-682, PMID 22743772, doi:10.1038/nmeth.2019

SCHNURR U, WALTER A AND U RASCHER, 2006: Functional dynamics of plant growth and photosynthesis--from steady-state to dynamics--from homogeneity to heterogeneity, Plant, Cell & Environment, 29(3):340-

352

SVÁB J, 1973: Biometriai módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

TAMÁS J ÉS REISINGER P, 2004: Széles spektrumú kézi kamera alkalmazhatósága a terepi gyomfelvételezés során. Magyar Gyomkutatás és Technológia (Hungarian Weed Research and Technology) 5(2), 43-51.

TILLETT ND AND T HAGUE, 1999: Computer-Vision-based Hoe Guidance for Cereals — an Initial Trial; Journal of Agricultural Engineering Research Volume 74, Issue 3, November 1999, pp. 225-236.

UJVÁROSI M, 1957: Gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 269-284.

VAN DER SCHANS D, BLEEKER P, MOLENDIJK L ET AL., 2006: Practical Weed Control in Arable Farming and Outdoor Vegetable Cultivation Without Chemicals. PPO publication 532, Applied Plant Research Wageningen University, Lelystad, the Netherlands, 77.

VAN DER WEIDE RY, BLEEKER PO, ACHTEN VTJM, LOTZ LAP, FOGELBERG F & B MELANDER, 2008: Innovation in mechanical weed control in crop rows. Weed Research 48, 215–224.

VOß K, 2004: Remote sensing and landscape metrics to identify and to assess site-specific damage in cultivation systems of Central Europe. Erdkunde, 58:283-289

VRINDTS E AND J DE BAERDEMAEKER, 1999: Optical weed detection and evaluation using reflection measurements, Proc. SPIE 3543, Precision Agriculture and Biological Quality, (14 January 1999); doi: 10.1117/12.336891; http://dx.doi.org/10.1117/12.336891

VRINDTS E, DE BAERDEMAEKER J AND H RAMON, 2002: Weed detection

using canopy refection. Precision Agriculture, 3(1), 63-80.

WILTSHIRE JJJ, TILLETT ND, HAGUE T, 2003: Agronomic evaluation of precise mechanical hoeing and chemical weed control in sugar beet, Volume 43, Issue 4, August 2003 , Pp 236–244.

WRIGHT DL, RAMSEZ RD, BAKER DJ AND VPH RASMUSSEN, 2003: A comparison of two geospatial technologies in non-uniform wheat fields: yield monitors and remote sensing. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing conference proceedings, May 5-9, 2003, Anchorage, Alaska, USA, unpaginated CD-ROM

ZWIGGELAAR R, 1998: A review of spectral properties of plants and their potential use for crop/weed discrimination in row-crops, Crop Protection, Volume 17, Issue 3, May 1998, Pages 189-206

INTERNETEN MEGJELENT IRODALMAK

ANDREWS J, 2012: Fendt demos driverless tractor, Farmers Weekly, Power Farming, http://www.fwi.co.uk/machinery/fendt-demos-driverless-tractor.htm#.UYnM9SvwJR4

ATHERTON KD, 2016: Autonomous Tractor Concept Takes The Farmers Out Of Farming, Popular Science, https://www.popsci.com/autonomous-tractor-concept-takes-farmers-out-farming

URL[1]:http://titan.physx.u-szeged.hu/tamop411c/public_html/L%C3%A9zerek%20az%20orvostudom%C3%A1nyban/21_az_elektromgneses_spektrum.html

URL[2]:http://blog.agcocorp.com/2011/11/fendt-one-gold-medal-two-silver-medals-at-agritechnica-2011/

URL[3]: https://www.caseih.com/apac/en-in/News/Pages/2016-case-ih-premieres-concept-vehicle-at-farm-progress-show.aspx

URL[4]: http://fritzmeier-umwelttechnik.com/isaria/

URL[5]: https://pixhawk.org/

URL[6]: http://ardupilot.org/planner/index.html

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

10. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra. Gyomszabályozási lehetőségek térbeli felbontása (CHRISTENSEN ET AL., 2009)..... 21
2. ábra. Az elektromágneses spektrum (forrás: URL[1]) 24
3. ábra. Fény reflexió, abszorpció és transzmisszió sematikus ábrája az őszi búza (Triticum aestivum L.) levelén illusztrálva (RASCHER IN OERKE ET AL., 2010) 25
4. ábra. Cukorrépa levél fluoreszcencia kibocsátási spektruma, (LICHTENTHALER ÉS RINDERLE IN OERKE ET AL., 2010). ... 26
5. ábra. Összefüggésvizsgálat az NDVI vegetációs index és a fluoreszcencia sugárzás erőssége között különböző fajoknál (RASCHER IN OERKE ET AL., 2010). 27
6. ábra. Képalkotó szenzor adatai által vezérelt autonóm jármű Autonomous Crop Treatment Vehicle, (HAGUE ET AL., 1997). 28
7. ábra. A vezető nélküli jármű tükrözi az előtte haladó műveleteit (Forrás: URL[2]) 29
8. ábra. Case IH Autonomous Concept Vehicle autonóm erőgép és gépkapcsolat (forrás:URL[3]) 30
9. ábra. Fritzmeyer Isaria szenzor rendszer (Forrás: URL[4]) 31
10. ábra. Autonóm légi jármű használatával készített NDVI vegetációs index térkép (Saját forrás)..... 32
11. ábra. Vegyszertakarékos tarlókezelés WeedSeeker® szenzorokkal (REISINGER, 2008)..... 33
12. ábra. Kezelés Cynodon dactylon (L.) Pers. ellen, a szerző saját felvétele (2008.06.11.) 34
13. ábra. Kezelés hatása kukoricában, a szerző saját felvétele

(2008.07.19.) 34
14. ábra. A sorvezérelt kultivátor komponensei (WILTSHIRE ET AL., 2003). 36
15. ábra. Sorvezérelt GARFORD prototípus kultivátor 2003-ból (WILTSHIRE ET AL., 2003). 36
16. ábra. A bicsérdi Aranymező Zrt. 12 soros sorvezérelt GARFORD kultivátora 2006-ból (saját felvétel). 37
17. ábra. Bi-spektrális kamera rendszer sematikus ábrája (GERHARDTS ÉS CHRISTENSEN, 2003). 41
18. ábra. Bináris kép előállításának folyamata (GERHARDTS ÉS CHRISTENSEN, 2003). 42
19. ábra. A terület előzetes feltérképezését végző, kamerarendszerrel ellátott autonóm légi jármű (HANSEN ET AL., 2013). 43
20. ábra. A területen levő gyomfajok beazonosítását végző, kamerarendszerrel ellátott autonóm jármű (HANSEN ET AL., 2013). 43
21. ábra. H-sensor, AgriCon GmbH (a szerző saját felvétele 2014-ből). 44
22. ábra. „Smart Spraying", a Bosch és Bayer cégek közös fejlesztése a 2017-es hannoveri Agritechnica kiállításon (a szerző saját felvétele) 45
23. ábra. „Smart Spraying" rendszer tesztnövényei (a szerző saját felvétele, 2017) 45
24. ábra. Felhőalapú, off-line gyomfelismerő rendszer, mobiltelefonos applikációval. 46
25. ábra. A Xarvio applikáció képernyőfotói (a szerző saját felvételei). 47

26. ábra. Felhő alapú felismerés eredménye 48
27. ábra. Gyomfelvételezéshez használt AgLeader terepi számítógép 55
28. ábra. Gyomfelvételező applikáció okostelefonra 56
29. ábra. Injektáló tartályokkal felszerelt Rau Spridotrain precíziós permetezőgép a Farkas Kft.-nél (REISINGER ÉS CSUTORÁS, 2008) 57
30. ábra. Aurora Super SG herbiciddel (1kg/ha) kezelt/nem kezelt terület megoszlása 59
31. ábra. Axial One herbiciddel (1l/ha) kezelt/ nem kezelt terület megoszlása 59
32. ábra. A vadépusztai hexakopteres kísérlet helyszíne, 2015. 65
33. ábra. A vadépusztai hexakopteres kísérlet növényállománya, 2015. 65
34. ábra. Kamerával felszerelt DJI S900-as hexakopter 66
35. ábra. A DJI S900-as autonóm hexakopter egyik repülési útvonala, a számítógép kijelzőjén. 18 méteres fogások, 5 méteres repülési magasság 67
36. ábra. Öt méteres magasságból készült képek 68
37. ábra. Öt méteres magasságból készült kép, kinagyított részlet 68
38. ábra. Tíz méteres magasságból készült kép 69
39. ábra. Húsz méteres magasságból készült kép 69
40. ábra. Az első útvonalterv a Mission Planner felületén (saját forrás) 72
41. ábra. Autonóm gyomfelvételező robot ábrája a szabadalmi leírásból 72
42. ábra. Az első próba a bodai sportpályán 2016.06.29.-én (saját

forrás) 73
43. ábra. Autonóm jármű által készített felvétel a mintaterületről ... 74
44. ábra. Számítógép kijelzőjén kinagyított részlet az autonóm jármű által készített felvétel a mintaterületről 74
45. ábra. Kísérleti terület a bicsérdi B-Aranykorona Kft. Rétszél nevű táblájában 76
46. ábra. Mintaterület kiosztás az AgLeader SMS szoftver segítségével a Balázs - Ujvárosi-féle gyomfelvételezés elvégzéséhez..... 77
47. ábra. Az autonóm jármű gyomfelvételezési útvonalának kinagyított részlete 78
48. ábra. A Farkas Kft igali táblája 81
49. ábra. AgLeader terepi számítógéppel végzett gyomfelvételezés és NDVI mérés, hordozható Trimble Green Seeker-rel 82
50. ábra. A Farkas Kft Orci nevű táblája 85
51. ábra. NDVI index mérése gyomlálás előtt 86
52. ábra. A mintaterületek kézi gyomtalanítása 87
53. ábra. A Bicsérdi Bio Kft Vizér nevű táblája..... 89
54. ábra. A lehullott csapadék mennyisége havi bontásban 90
55. ábra. A 6×6 méteres kísérleti cellák elhelyezkedése..... 93
56. ábra. Az ujjas gyomirtók pozíciója a kísérlet beállítása során.... 94
57. ábra. A Garford Robocrop kultivátor működési elve 95
58. ábra. A nyolc soros Garford Robocrop kultivátor beállítása..... 96
59. ábra. Az ujjas gyomirtó agresszív működési zónája 97
60. ábra. Az ujjas gyomirtó kíméletes működési zónája 98
61. ábra. A Garford Robocrop sorvédő lemezei 99
62. ábra. A kísérlet beállítása 2017.05.14.-én 100

63. ábra. Az abszolút kontroll parcellák elhelyezkedése a kísérleti területen 102
64. ábra. 1 m^2-es abszolút kontroll terület gyomtalanítás előtt 103
65. ábra. A gyomok eltávolítása a mintaterületről 103
66. ábra. A begyűjtött gyomnövények osztályozása 104
67. ábra. A gyomnövények mérése és számolása 104
68. ábra. Második kultivátorozás utáni állapot 105
69. ábra. A napraforgó magasságának mérésében részt vevő parcellák (fekete alappal) 106
70. ábra. Balázs - Ujvárosi felvételezés szerinti helyspecifikus gyomszabályozási térkép 110
71. ábra. Balázs - Ujvárosi felvételezés szerinti, gyomszabályozásra javasolt (kell) és nem javasolt (nem kell) terület aránya .. 110
72. ábra. Mintaterület kiosztás az autonóm jármű által elvégzendő gyomfelvételezéshez 111
73. ábra. Autonóm jármű adatai szerinti helyspecifikus gyomszabályozási térkép 113
74. ábra. Autonóm jármű felvételeinek kiértékelése után gyomszabályozásra javasolt (kell) és nem javasolt (nem kell) terület aránya 113
75. ábra. Lineáris összefüggés a gyommentes búza növényborítottsága (%) és az $NDVI_1$ között 117
76. ábra. Lineáris összefüggés a gyomos búza növényborítottsága (%) és az $NDVI_2$ között 118
77. ábra. Gyommentes ($NDVI_1$) és gyomos búza ($NDVI_2$) területek NDVI értékeinek jellemzői 119
78. ábra. Gyommentes és gyomos búza területek NDVI értékeinek

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

(NDVI_e; NDVI_u) jellemzői 122
79. ábra. 4 m^2 abszolút kontroll területeken lévő gyomnövények darabszáma 125
80. ábra. 4 m^2 abszolút kontroll területeken lévő gyomnövények nedves tömege 126
81. ábra. A gyomfajok morfológiai- ökológiai spektruma abszolút kontroll területeken 127
82. ábra. A kontroll területen található gyomfajok egyedszámának aránya 128
83. ábra. Abszolút kontroll területről begyűjtött gyomok tömegének egy négyzetméter területre vetített aránya 128
84. ábra. Kultivátorozott területről begyűjtött gyomok darabszámának aránya 133
85. ábra. Kultivátorozott területről begyűjtött gyomok össztömegének aránya 133
86. ábra. Az ujjas gyomirtóval kezelt területen megmaradt gyomfajok darabszámának százalékos összetétele 134
87. ábra. Az ujjas gyomirtóval felszerelt kultivátorral kezelt területről begyűjtött gyomok tömegének aránya 135
88. ábra. Gyomtömeg csökkenésének aránya a mechanikai kezelések hatására 136
89. ábra. A kezelések hatása a domináns gyomnövények tömegére. 137
90. ábra. A kezelések hatása a domináns gyomnövények darabszámára 138
91. ábra. A különböző kezelések hatása a napraforgó növény magasságára 140

92. ábra. A napraforgó növény mérete a négy ismétlés átlagában.. 141
93. ábra. Különböző kezelések napraforgó növények magasságára gyakorolt hatásának szemléltetése 142
94. ábra. A napraforgó kísérlet betakarítása 2017.09.09.-én..... 143
95. ábra. A három kezelésből begyűjtött átlagos tányértömeg 144
96. ábra. Különböző kezelések napraforgó tányérok tömegére gyakorolt hatásának szemléltetése doboz diagramon 144
97. ábra. Átlagos tányérméret cm-ben 145
98. ábra. Hipotézisvizsgálat a napraforgó átlagos tányérátmérő számára kultivátoros, kultivátor + ujjas és abszolút kontrollos gyomirtás esetében 146
99. ábra. Napraforgó kísérlet betakarítási eredményei 147
100. ábra. Hektárra vetített elméleti hozam, t/ha 147
101. ábra. Napraforgó hozamtérkép a kísérleti területet is magába foglaló Vizér nevű tábláról 148
102. ábra. Üzemi kezelés gyomviszonyai, ötszöri kultivátorozás + ujjas gyomirtó után. 154

DOI: 10.15477/SZE.WAMDI.2018.003

11. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat. A precíziós technológia használatának lehetősége különböző kártevőcsoportokon belül (OERKE ET AL., 2010) 20
2. táblázat. A Farkas Mezőgazdasági Kft területén végzett precíziós gyomszabályozás eredményei (2008-2016). 60
3. táblázat. Hivatkozási jelek jegyzéke 73
4. táblázat. A kísérleti területen végzett agrotechnikai műveletek 90
5. táblázat. A Balázs - Ujvárosi gyomfelvételezés adatai 109
6. táblázat. A Balázs - Ujvárosi gyomfelvételezés adatai (rövidített táblázat) 112
7. táblázat. A gyomfajok dominancia sorrendje 114
8. táblázat. A V. hederifolia fontossági sorrendjének alakulása 1947 és 2008 között. 115
9. táblázat. Leíró statisztika (elemszám, átlag, minimum, maximum, szórás, standard hiba) 116
10. táblázat. Lineáris regressziós összefüggés vizsgálat a gyommentes búza növényborítottsága (%) és az $NDVI_1$ között. 117
11. táblázat. Lineáris regressziós összefüggés vizsgálat a gyomos búza növényborítottsága (%) és az $NDVI_2$ között. 119
12. táblázat. Hipotézisvizsgálat a gyommentes és a gyomos búza területeken mért NDVI értékek között 120
13. táblázat. NDVI vegetációs index mérési adatok gyomlálás előtt és után. 121
14. táblázat. Hipotézisvizsgálat a gyommentes és a gyomos búza területeken mért NDVI értékek között 123
15. táblázat. Az NDVI mérésekre alapozott N műtrágya dózis javaslatok 124

16. táblázat. A C. album fontossági sorrendje és borítottsági %-a a kukorica nyáreleji gyomfelvételezése alapján 129
17. táblázat. A P. persicaria fontossági sorrendje és borítottsági %-a a kukorica nyáreleji gyomfelvételezése alapján 130
18. táblázat. Hipotézisvizsgálat hét mintára. 138
19. táblázat. Hipotézisvizsgálat a napraforgó átlagos növénymagasság számára kultivátoros, kultivátor + ujjas gyomirtó és abszolút kontrollos gyomirtás esetében..... 141
20. táblázat. Hipotézisvizsgálat a napraforgó átlagos tányér tömeg számára kultivátoros, kultivátor + ujjas és abszolút kontrollos gyomirtás esetében..... 145
21. táblázat. Hipotézisvizsgálat a napraforgó átlagos tányérátmérő számára kultivátoros, kultivátor + ujjas és abszolút kontrollos gyomirtás esetében..... 146