
DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete

Doktori Iskola vezetője:

PROF. DR. NEMÉNYI MIKLÓS, az MTA levelező tagja

Témavezetők:

PROF. DR. NEMÉNYI MIKLÓS, az MTA levelező tagja

DR. MILICS GÁBOR PhD

**A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG ELEMINEK
FEJLESZTÉSE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A FUZÁRIUM
KÁRTÉTEL SPEKTROSKÓPIAI DETEKTÁLÁSÁRA ÉS
A KEMIKÁLIÁK KIJUTTATÁSÁNAK
FOLYAMATVEZÉRLÉSÉRE**

Készítette:

VIRÁG ISTVÁN

MOSONMAGYARÓVÁR

2014

1. KUTATÁSI CÉLKITŰZÉS

1. A **csőfuzáriózissal** kapcsolatos vizsgálatok során olyan hullámhossz tartomány meghatározása volt a célunk, mely segítségével egyértelműen elkülöníthető a gombával fertőzött szemtermés az egészséges mintáktól, egy optikai szálal technológiára épülő spektrofotométer használatával. Munkánk során a hagyományos értékelési eljárásokat (csőpenész borítottság, tömeg, hossz) is elvégeztük. E vizsgálatok célja az volt, hogy meghatározzuk a fertőzéshez használt fuzárium fajok által a kísérleti parcellákban okozott kártételt, valamint hogy kiválogassuk a hiperspektrális laborvizsgálatokhoz leginkább megfelelő kukoricacsöveket.
2. A **műtrágyaszóró vezérlési rendszer** térkép alapján történő kijuttatáshoz való alkalmasságának értékelését kívántuk elvégezni.
A vizsgálatok elsősorban a kalibrációs tényező szerepének meghatározására, és a kijuttatási rendszer sebesség- és dóziszváltoztatással szembeni érzékenységének megismerésére irányultak.
3. A **foltpermetezésre kidolgozott technológiával** kapcsolatban azt vizsgáltuk, hogy az automatikus szakaszvezérlés alkalmazásával milyen hatékonysággal és pontossággal végezhető el a helyspecifikus gyomirtás raszter alapú kijuttatási terv és vektor alapú határvonalak alapján, a változatos kiterjedésű és méretű gyomfoltok permetezése esetén.

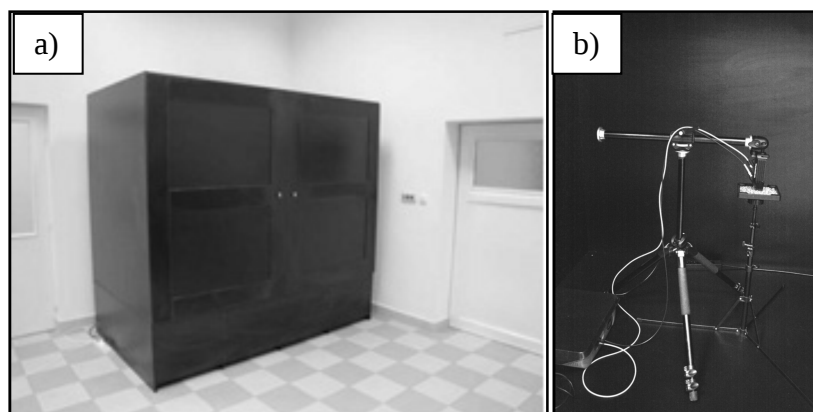
2. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

2.1 A csőfuzáriózis vizsgálata

A kísérlethez használt két genotípust, (MV1, MV2) az MTA ATK Mezőgazdasági Intézetének növénykórtani tenyészkertjében kétismétléses, osztott parcellás elrendezésben vetettük el. A főparcellákban a vizsgált vonalak, míg az alparcellákban a kezelések voltak.

Négy kezelést alkalmaztunk: (1) *Fusarium verticillioides*, (2) *Fusarium culmorum*, (3) *Fusarium graminearum* izolátumot és (4) kezeletlen kontrollt. Kezelésenként 6-6 növényt fertőztünk a Young-féle fogvájós módszert alkalmazva. A mesterségesen fertőzött és a kontroll alparcellákból is 6-6 csövet gyűjtöttünk be, közvetlenül a betakarítás előtt. Szárítást követően az egyedileg jelölt csöveken meghatároztuk a fuzáriumos csőpenészesedés borítottságot, valamint megmértük a csövek hosszát és tömegét is.

A további vizsgálatokat a VM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet speciális fény-izolált laborszekrényében (1/a. ábra) a Fieldspec 3 MAXTM (ASD) hiperspektrális műszer (1/b. ábra) segítségével a 350-2500 nm közötti hullámhossz tartományban végeztük el. A kukoricacsövek és a morzsolt szemek roncsolásmentes vizsgálatához Plant ProbeTM (ASD) szenzort használtunk. Ismétlésenként minden kezelésből három csövet választottunk ki. Minden mintán öt mérést végeztünk el. Mindegyik mérési ponton húsz beolvasás (scan) eredményéből integrált átlag spektrumérték került rögzítésre. Új minták mérését mindig fehér referencia mérés előzte meg. A kukoricacsövekről begyűjtött fuzáriumos és egészséges szemeket, egy speciális fekete műanyag tégelybe helyeztük, majd a fentieknek megfelelően ezeken is öt mérést végeztünk.



1. ábra: A hiperspektrális labor felépítése: fény-izolált laborszekrény (a),
Fieldspec 3 MAXTM hiperspektrális műszer (b)

A hullámhossz szerint mért nyers intenzitásértékek feldolgozását ViewSpec Pro szoftverrel végeztük el. A program a mért fehér referenciát és a radiancia értékeket felhasználva elvégezte a reflektancia értékek konvertálását, majd ezt követően az összeillesztési korrekciót (splice correction), az átlagspektrumok képzését (öt mérésből), továbbá az első fokú deriválást. A főkomponens-analízist a „Statistica” nevű programmal, a bonitálási és a spektrális adatok elemzését az MS Excel szoftverrel végeztük el.

2.2 A helyspecifikus tápanyag-kijuttatás értékelése

2.2.1 Térinformatikai adatfeldolgozás (2010)

A kijuttatás ellenőrzéshez a szabályozó számítógép saját adatrögzítő rendszerét használtuk fel, a Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetében korábban kidolgozott módszer alapján. A műtrágyázási terv Ag Leader SMS Advanced szoftverrel készült 66 kezelési egységre. A szükséges kijuttatandó hatóanyag mennyisége, a Pro Planta költség és környezetkímélő számítógépes trágyázási szaktanácsadási rendszer segítségével lett

meghatározva. A szaktanács takarmány kukoricára (Dekalb, DK-440) 10 t/ha-os tervezett termésre készült. Az irányadó hatóanyag mennyiségek alapján, hét különböző kijuttatandó nitrogén műtrágya (Linzisó, N 27%) dózist (430, 448, 467, 493, 511, 530, 578 kg/ha) határoztunk meg. A műtrágya kijuttatása egy John Deere 6130 erőgéphez kapcsolt, függesztett kivitelű Amazone ZA-M 1201 típusú repítőtárcsás műtrágyaszóró géppel történt, 27 méteres munkaszélességgel. A kijuttatás során az Amatron+ kezelőfelület végezte a mennyiségvezérlést, az Ag Leader EDGE monitoron megjelent, térkép által meghatározott, pozícióhoz kötött dózisok alapján. Az adatrögzítést az EDGE monitor végezte. A kijuttatási adatok kiértékelése az Arc GIS térinformatikai szoftverrel történt.

A megvalósult kijuttatási térképre illesztettük a tábla és a kezelési egységek határvonalait, majd a határvonalakon belül lévő adatokat átlagoltuk. Az így kapott adatsort lineáris regresszió analízis segítségével összehasonlítottuk a tervben meghatározott, kezelési egységekre szánt műtrágya mennyiséggel.

2.2.2 Szántóföldi mennyiségmérésen alapuló kísérletek

A kijuttatás-vezérlő rendszer további vizsgálata során a hangsúlyt az Amatron+ monitor által alkalmazott kalibrációs faktor megismerésére fektettük. Karbamid (N 46%), Pétisó (N 27%) és Ammónium-nitrát (N 34%) típusú műtrágyákat használtunk. A kísérleteket a Steyr 9078-as traktor és az Amazone ZA-M MaxTronic típusú repítőtárcsás műtrágya szóró gépkapcsolattal, 25 méteres munkaszélességgel, EGNOS és RTK jelkorrekciós szolgáltatások használatával hajtottuk végre. A kormányzás elektrohidraulikus vezérlésű automata robotpilóta rendszer használatával történt. A műtrágyaszóró tartályába 500, 700 vagy 1000 kg-os kiszerezésű

műtrágya került. A bekerült mennyiséget maradéktalanul kijuttattuk. A kiszórás folyamán az Amatron+ kezelőfelület mérte a kijuttatott terület hektárban. Tehát a műtrágya egység súlyát osztottuk el a kiszórt terület nagyságával. Számításaink során kizárólag a műtrágyás zsákokon feltüntetett tömeggel számoltunk, mivel a gyártó a csomagoláson nem tüntette fel a nettó tömegtől való esetleges eltéréseket.

Kalibrációs faktor jelentősége, vizsgálata: A leforgatási próba során kapott faktor értékét módosítottuk a pontosabb kijuttatás érdekében, valamint megvizsgáltuk a tapasztalati faktor alkalmazásának lehetőségét is.

Haladási sebességet befolyásoló tényező vizsgálata: A kísérletünk során egy adott beállításhoz képest megváltoztattuk a haladási sebességet és megfigyeltük, hogy a rendszer milyen mértékben képes tartani a beállított céldózist. A vizsgált sebesség értékek 8, 10, és 12 km/h voltak.

Térkép alapú kijuttatás, differenciált kijuttatás, szimuláció: A szimulációs kísérlet során első lépésként addig állítottuk a faktort, míg kellő pontossággal meg nem közelítettük a kiszórni kívánt mennyiséget (435 kg/ha). Ezután az eredeti mennyiség felét adtuk meg a vezérlő felületnek (a faktor értékének módosítása nélkül), modellezve a terv alapú kijuttatás során esetleges nagy dózisbeli különbséget.

2.3 Foltpermetezés szakaszvezérlés segítségével

A kísérletek során használt gépkapcsolat és szoftveres támogatás:

A növényvédelmi kísérletekhez egy Hardi Ranger típusú 2500 literes tartállyal rendelkező, 18 méteres munkaszélességű, négy vezérelhető egységre szakaszolt kerettel rendelkező permetezőgépet használtunk, melyet egy Steyr 9078 típusú erőgéphez kapcsolunk vontatott formában. A

munkagép vezérlése egy Ag Leader Insight típusú érintőképernyős kezelőfelülettel és a hozzá kapcsolt DirectCommand szakaszvezérlő egységgel történt. Az automatikus szakaszkezelés megvalósításának érdekében a rendszer „AutoSwath” funkcióját választottuk ki a permetezés kivitelezéséhez. A kijuttatás során az EGNOS jelkorrekciós szolgáltatást vettük igénybe. Az automatikus kormányzáshoz elektrohidraulikus vezérlésű robotpilóta rendszert (Trimble Autopilot™) használtunk. A gyomfoltok határvonalait szintén EGNOS jelkorrekcióval az Ag Leader SMS mobile szoftver segítségével rögzítettük. a kijuttatási terv elkészítéséhez az Ag Leader SMS Advanced szoftvert használtuk.

2.3.1 Kukorica postemergens gyomirtása raszter alapú térkép alapján

A kiválasztott 21,95 ha-os kísérleti táblán preemergens kezelést hajtottak végre Lumax (mezotrion, S-metolaklór, terbutilazin) gyomirtó szerrel. A kezelés után néhány héttel, a tábla bejárása során megállapítottuk, hogy a kukorica állományban mezei acattal (*Cirsium arvense* L.) borított összefüggő szabálytalan alakú területek vannak, így kelés utáni foltpermetezés megtervezése mellett döntöttünk. A felvételezett gyomfoltok alapján elkészítettük a raszter alapú, egy méteres felbontású kijuttatási tervet, melyet az Insight monitorba olvastattunk be egy speciális fájltypus (*irx) használatával. A gyomirtáshoz Cambio (320 g/l bentazon, 90 g/l dikamba) növényvédő szert használtuk, 2 l/ha dózisban, 250 l/ha vízmennyiség felhasználásával. A kijuttatás után egy illetve két hét elteltével vizsgáltuk a fitotoxicitást a kukoricán, illetve a gyomirtás hatékonyságát is kiértékeljük.

2.3.2 Gabonatarlón végzett permetezés vektor alapú határvonalak alapján

A második kísérlethez kiválasztott 11,3 ha-os kísérleti tábla gyomborítottsága meghaladta a 60%-ot valamint egyenletes eloszlást mutatott. Valódi gyomfoltok permetezésére nem volt lehetőségünk így, a táblán képzeletbeli határvonalakat vettünk fel. A rögzített fiktív gyomfoltok alapján az Insight monitor számára értelmezhető, határvonal információkat tartalmazó fájlípust (*.iby) exportáltunk. A permetezéshez vizet használtunk 300 l/ha dózisban, ebben az esetben kézzel vittük be a monitorba a kijuttatandó mennyiséget.

3. EREDMÉNYEK

3.1 A csőfuzáriózis vizsgálata

3.1.1 A bonitálási vizsgálatok eredményei

Az MV1-es kukorica vonalnál kapott átlagértékek alapján megállapítható, hogy a *F. culmorum* izolátummal fertőzött csövek tömege 19,41%-al, míg azok hossza 7,46%-al csökkent a kontroll mintákhoz képest, 24,58%-os penész borítottság mellett. A *F. graminearum* izolátum is hasonló mértékű károsítást okozott, azonban a *F. verticillioides*-el történt kezelés következményeként sem a penészborítottság sem a tömegveszteség nem volt jelentős.

Az MV2-es kukorica vonalnál mindhárom *Fusarium* fajjal történő fertőzés jelentős tömegveszteséget eredményezett a kontroll mintákhoz képest. A *F. graminearum* izolátummal fertőzött csövek átlagos tömege 72,50%-os penészborítottság mellett 66,39%-al maradt el a kontrollhoz képest. Ez az érték a *F. culmorum* és *F. verticillioides* izolátumokkal fertőzött

minták esetén 42,91% illetve 27,38%-al lett kevesebb a kontroll értékhez képest, jelentős mértékű penészbtorítottság mellett.

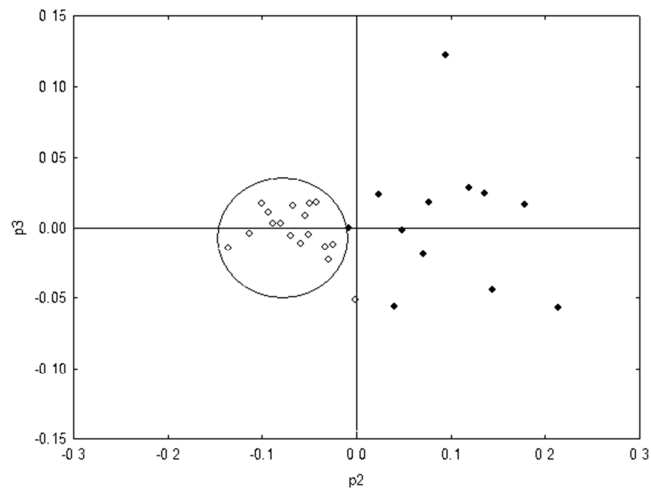
3.1.2 A hiperspektrális laborvizsgálatok eredményei

3.1.2.1 *A kukoricacsövek felületéről gyűjtött spektrális adatok elemzése*

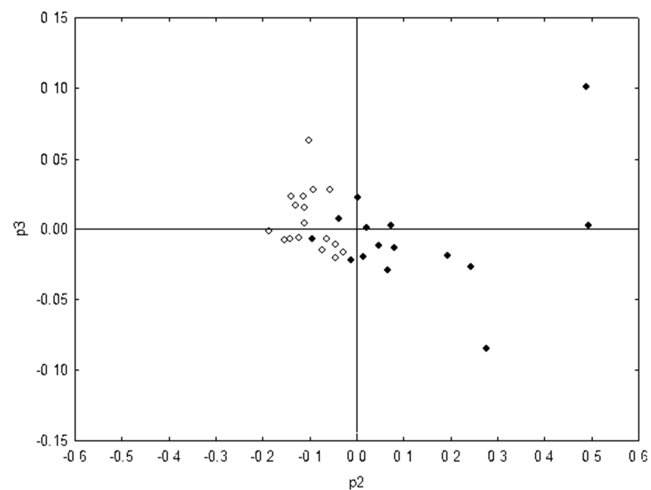
A legnagyobb különbséget a 880-910 nm-es tartományban figyeltük meg, ahol jól látható módon elkülönültek a fertőzött minták felületéről gyűjtött spektrumok a fertőzési tüneteket nem mutató – kontroll – minták átlag spektrumaitól az MV1-es és MV2-es genotípusok esetében is, így a további elemzéseket ebből a tartományból származó reflektancia értékek felhasználásával végeztük el.

A kiválasztott hullámhossz tartományban tapasztalt különbségeket, a főkomponens analízis segítségével igazoltuk. A kiválasztott spektrum tartományon belül, minden kukoricacsövet jellemző átlagspektrumot változónak tekintettünk. Mindkét genotípus esetében a második és a harmadik főkomponens értékei által létrehozott koordinátarendszerben jól elkülönülnek a fertőzést mutató, illetve fertőzési tünetektől mentes minták átlagspektrumai (2. és 3. ábra). A változók közötti különbségeket elsősorban a második főkomponens határozza meg.

A két genotípust együtt vizsgálva, megállapítható, hogy megbízható módon különíthetők el a kezelések a második főkomponens értékei mentén, mivel a negatív tartományban található a kontrollminták 100%-a, míg a pozitív tartományban a fertőzési tüneteket mutató minták 85,7%-a.



2. ábra: A második és a harmadik főkomponens által meghatározott koordinátarendszerben ábrázolt **MV1**-es genotípus beteg és egészséges csöveiről gyűjtött minták átlagspektrum értékei

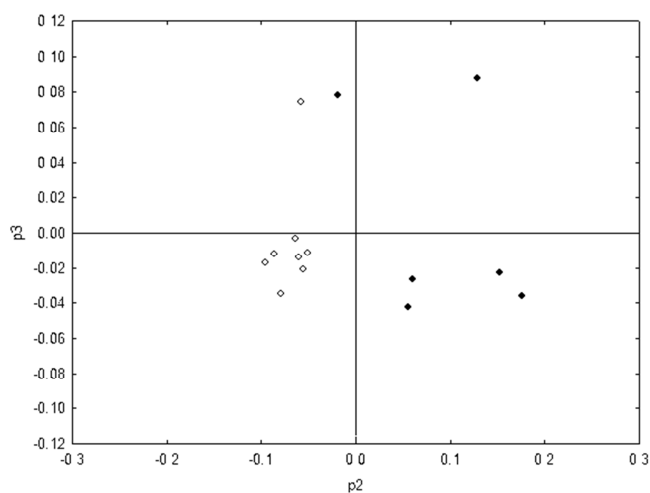


3. ábra: A második és a harmadik főkomponens által meghatározott koordinátarendszerben ábrázolt **MV2**-es genotípus beteg és egészséges csöveiről gyűjtött minták átlagspektrum értékei

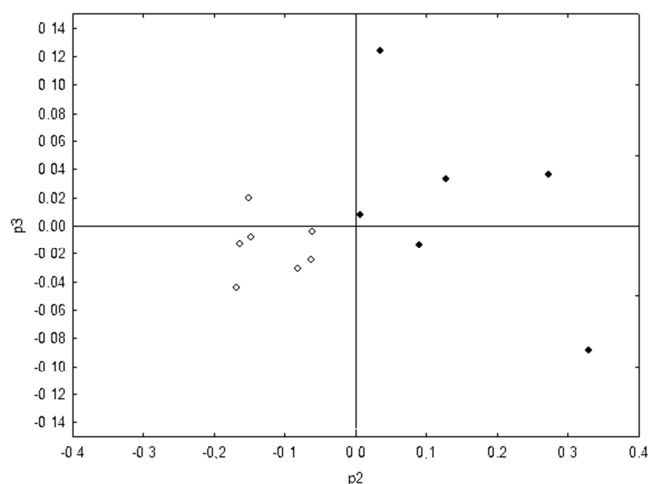
Jelmagyarázat: ● beteg csövekről gyűjtött minták átlagspektrum értékei
○ egészséges csövekről gyűjtött minták átlagspektrum értékei

3.1.2.2 A kukoricaszemek felületéről gyűjtött spektrális adatok értékelése

A kukoricaszemek elemzését 880-910 nm-es hullámhossz tartományban végeztük ahol a csővizsgálati eredményekhez hasonlóan szintén jól látható módon elkülönültek a fertőzött és az egészséges, kontroll minták felületéről gyűjtött spektrumok. A főkomponens analízishez minden csőről morzsolt kukoricaszem-mintát jellemző átlag spektrumot változónak tekintettük. A második és a harmadik főkomponens értékei által létrehozott koordináta rendszerben jól elkülönülnek a beteg, illetve az egészséges minták átlagspektrum értékei az MV1-es (4. ábra) és az MV2-es genotípus (5. ábra) esetében is. A változók közötti különbségeket a lemorzsolt kukoricaszemek esetében is mind a két genotípusnál elsősorban a második főkomponens (x tengely) határozta meg. A két genotípust együtt vizsgálva megállapítható, hogy szintén megbízható módon különíthetők el a kezelések a második főkomponens értékei mentén, mivel a negatív tartományban található a kontroll minták 100%-a, míg a pozitív tartományban a fertőzési tüneteket mutató minták 91,7%-a.



4. ábra: Az **MV1**-es genotípus spektrum értékei a második és harmadik főkomponens által meghatározott koordináta rendszerben



5. ábra: Az **MV2**-es genotípus spektrum értékei a második és harmadik főkomponens által meghatározott koordináta rendszerben

Jelmagyarázat: ● beteg csövekről gyűjtött minták átlagspektrum értékei
○ egészséges csövekről gyűjtött minták átlagspektrum értékei

3.2 Műtrágyaszórási eredmények

3.2.1 Térinformatikai vizsgálatok

A tervezett- és a monitor által rögzített nitrogén műtrágya kijuttatáshoz tartozó adatsorok az összehasonlítás után a precíziós területre szűkítve $r=0,93$ korrelációban voltak egymással. A kezelési egységeknél tapasztalt pontatlanság, a két egység közös határvonalán haladó munkagép, és az eltérő dózisok közötti gyakori váltásokkal magyarázható.

3.2.2 Szántóföldi vizsgálatok

A kalibrációs faktor vizsgálata

Az ammónium-nitrát műtrágyával (N 34%) elvégzett leforgatási próba eredményeként az 1,10-es kalibrációs faktort javasolta a vezérlő számítógép. Az első kiszórás során kijuttatott műtrágya mennyiség 20,55 kg/ha-al kevesebb volt a céldózishoz képest (471 kg/ha). A gép által kalibrált 1,10-es faktort először 1,00-re, majd 0,90-re csökkentettük. Kiszámoltuk, hogy a gép a tervezett 471 kg/ha műtrágya mennyiség helyett 537 kg/ha ammónium-nitrátot szórt ki. Tapasztalva, hogy az egy tizeddel történő módosítás milyen nagymértékű pontatlanságot eredményezett, a faktort 0,98-ra állítottuk be majd századonként csökkentettük a 0,96-os, értékig. 467,89 kg műtrágyát juttatunk ki hektáronként, a kiindulási faktor 0,14-al való csökkentésével. Ebben a kísérletben a kalibráció során megadott és a tényleges haladási sebesség is 10 km/h volt.

Haladási sebesség változtatása

A kísérlet során a rendszer haladási sebesség változtatással szembeni alkalmazkodó képességét vizsgáltuk tavaszi árpa állomány pétisó (N 27%) műtrágyával történő fejtrágyázása során. A leforgatási próba után a vezérlő számítógép az 1,00-os faktort javasolta. Ezzel az értékkel a kiszórni kívánt 148 kg/ha műtrágya mennyiséghez képest 5,14 kg-mal többet szórtunk hektáronként. A faktort 1,01-re emelve a 148 kg/ha-os céldózist két kiszórás során is 1%-os hibahatáron belül (147,49 és 147,79 kg/ha) teljesítettük. A faktor pontosítása során, a kalibrációhoz megadott és a tényleges haladási sebesség is 10 km/h volt. A negyedik kijuttatás során a kezdeti 10 km/h-ról 12 km/h-ra emeltük haladási sebességünket. Ezzel a beállítással műtrágya

kijuttatás eredménye 7,18 kg-mal tért el a céldózistól. A következő kijuttatás előtt a monitorban is átírtuk a tervezett haladási sebességet 12 km/h-ra így a 152,44 kg/ha mennyiséget értük el. A következő fordulóban az előző beállítások megváltoztatása nélkül sebességünket 8 km/h-ra csökkentettük így 174,21 kg/ha műtrágya kijuttatásával 26,21 kg többlet műtrágyát juttatunk ki hektáronként, a sebesség 4 km/h-ás csökkentése által. A kísérlet utolsó öt fordulója során a 12 km/h-ás haladási sebességhez pontosítottuk a kijuttatott műtrágya mennyiséget. Az utolsó két fordulóban 2%-os hibahatáron belül közelítettük meg a céldózist az 1,02-es faktor használatával.

Terv alapú kijuttatás modellezése

A harmadik kísérlet során karbamid (N 46%) műtrágyát használtunk 435 kg/ha tervezett dózissal. A haladási sebesség végig 12 km/h volt. A kiindulási kalibrációs faktort az Amatron+ kezelőfelület használati utasításában található 0,70-es értékre állítottuk be. Az első kijuttatás során 65 kg/ha műtrágya többletet tapasztaltunk. A faktort módosítottuk 0,80-ra, majd növeltük 0,85-ra, míg a 0,88-as értékkel 436,68 kg/ha-os eredményt értünk el négy forduló átlagából.

A kijuttatás során megadott faktor és a ténylegesen kijuttatott műtrágya mennyiség között szoros lineáris összefüggést ($r= 0,99$) találtunk. Az adott beállításon belül - a kapott egyenlet alapján - a kalibrációs faktor egy századdal történő emelése 3,48 kg/ha-os műtrágya csökkenést eredményez. A nyolcadik fordulónál kézi bevitel segítségével megfeleztük a kijuttatandó műtrágya mennyiségét. Az új céldózist (218 kg/ha) változatlan - 0,88-as - faktor értékkel 32 kg/ha-os műtrágya többlettel sikerült megközelíteni. A faktor 0,99-os értéknél még 9,27 kg/ha-os eltérést tapasztaltunk.

A dózisfelezés utáni faktor értékek és kijuttatott műtrágya mennyiségek között is szoros lineáris összefüggést ($r= 0,98$) tapasztaltunk. Ebben az esetben azonban az egy százados faktoremeléssel 2,05 kg/ha-os műtrágya csökkenés számolható. A kapott egyenlet alapján a kívánt 218 kg/ha-os dózis az 1,03-es faktorral közelíthető meg.

Tapasztalati faktor alkalmazása

E kísérlet során a tapasztalati faktor alkalmazásának lehetőségét vizsgáltuk. Az előző kísérletben kapott 0,88-as kalibrációs értékkel indultunk azonos kijuttatandó műtrágya mennyiséggel ugyancsak karbamid (N 46%) műtrágya használatával. Az első és a második fordulóban tapasztalt különbség miatt a tapasztalati faktort 0,87-re csökkentettük. Nyolc forduló átlagában 441,11 kg/ha-os műtrágya mennyiséget értünk el 4,37-es szórás érték mellett. A kapott eredmény 2%-os hibahatáron belül van a céldózishoz képest.

Összegzés:

A 1. táblázatban összegeztük a kísérletek során kapott legjobb beállításokat, melyek segítségével 2%-os hibahatáron belül megközelítettük a beállított céldózist a kijuttatás során. Látható, hogy többnyire a kalibrációs faktor 1-es értéke körül alakulnak a beállítások. Ha nincs lehetőség leforgatási próba végrehajtására egy ismeretlen műtrágyaféleség esetén, érdemes ezt az értéket beállítani majd a mért eredmények alapján korrigálni. E táblázat a gyakorlat számára is hasznos kiindulási pont lehet hasonló műtrágya vezérlő rendszerrel rendelkező felhasználók számára.

1. táblázat: Műtrágya dózisokhoz tartozó beállítások összegzése

Műtrágya féleség	Kalibrációs faktor	Céldózis (kg/ha)	Kijuttatott műtrágya (kg/ha)	Eltérés a céldózistól (%)	Haladási sebesség (km/h)
Amm. Nitr. (N 34)	0,96	471	467,89	0,66	10
Karbamid (N 46)	0,88	435	434,78	0,05	12
NPK (8-24-24)	0,99	200	200,00	0,00	10
Pétisó (N 27)	0,99	163	165,02	1,24	10
Pétisó (N 27)	1,01	148	147,79	0,14	10
Pétisó (N 27)	1,02	148	145,95	1,38	12

3.3 Foltpermetezés szakaszvezérlés segítségével

3.3.1 A kukorica rászteres térképre alapozott postemergens gyomirtása

A kukorica rászteres térképre alapozott kelés utáni gyomirtása során feltételezéseinkkel ellentétben az automatikus szakaszvezérlés csak akkor kapcsolt, ha a gépkapcsolás aktuális pozíciója érintette a gyomfolt területét. Nem történt meg az egyes szakaszok nyitása, ha a munkagép középpontja nem, de a permetező keret egy vagy több szakasza az aktuális folt területe felett haladt. E jelenség hatására jelentős nehézségekbe ütközött a foltok teljes lefedése. Az automatikus szakaszolás csak a már lefedett területeket érzékelve a foltok határvonalától függetlenül lépett működésbe. A tervhez képest jelentős ráfedéssel tudtunk csak permetezni valamint a 18 méteres munkaszélességet sem tudtuk tartani az aktuális folt területére irányuló navigálás miatt.

A biológiai hatékonyság vizsgálata során a permetezés utáni első héten a gyomnövényeken még elsősorban perzselési tüneteket figyeltük meg, míg a második héten már jellegzetes hormontüneteket is láthattunk. A

hajtáscsúcs teljes nektróza alapján a gyomirtó szeres kezelés hatékonyságát közel 100 százalékosnak ítéltük meg. A kultúrnövényen nem figyeltünk meg fitotoxicitási tüneteket.

3.3.2 A gabonatarló vektor alapú határvonalakra alapozott permetezése

A vektor állományú határvonalakra alapozott permetezés során feltételezéseinknek megfelelően a vezérlés akkor is működött, amikor a munkagép pozíciója nem érintette a gyomfoltokat, de valamely szakasz áthaladt a gyomfolt felett. A foltok területén a szakaszkezelés kiválóan működött a 18 méteres munkaszélességen belül, ezáltal lényegesen pontosabban és sokkal kisebb ráfedéssel tudtuk elvégezni a permetezést, mint az előző kísérletünkben. A határvonal alapú kijuttatás esetén a felvételezett területhez képest 27%-kal nagyobb területet kezeltünk, a gyomfoltok szabálytalan alakja miatt tehát célszerű kb. 30%-os permetlé többlettel tervezni. A kisméretű gyomfoltok esetén (110m^2 , 25m^2) az átlagosan kijuttatott permetlé közel 30%-al volt kevesebb a céldózisnál. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a munkagép nagyon rövid idő alatt halad át a gyomfolton, így mire eléri a céldózist már át is halad rajta.

A két kísérlet összehasonlító elemzése:

Kiszámítottuk, hogy az első kísérletben a kijuttatott terület mintegy 33%-al haladta meg a gyomfoltok összterületét, míg a második kísérletben 21%-os többlettel tudtunk dolgozni. A második kísérlet pontosságát mutatja, a kijuttatott permetlé mennyiségének átlag értéke, amely mindössze 0,99% - al több az előírt dózisnál, míg az első kísérletben 14,30%-al maradt el a kijuttatott permetlé mennyiség átlaga a céldózistól.

4. TÉZISEK

1. Megállapítottam, hogy a 880-910 nm-es hullámhossz tartományban végzett spektrális mérések alkalmasak az egészséges és fuzáriummal fertőzött kukoricacsövek, illetve szemhalmazok szétválasztására.
2. Megállapítottam, hogy a kukoricaszem-halmazokon végzett spektrális mérések megbízhatóbb, pontosabb eredményeket adnak az egészséges és fertőzött minták elkülönítéséhez, mint a csöveken mért adatok.
3. Igazoltam, hogy csupán a kiszórandó mennyiség változtatásával – a kalibrációs faktor állítása nélkül – nem érhető el kellően pontos kijuttatás. A kapott eredmények a vizsgált vezérlő rendszer terv alapú kijuttatásra való alkalmasságát kérdőjelezik meg nagymértékben eltérő kijuttatandó dózisok használata esetén, valamint a leforgatási próba során megadott sebességtől való eltérés során.
4. Megállapítottam, hogy a vektor típusú határvonalak beolvasásával a szakaszvezérlő egység pontos átfedést biztosít a gyomfoltok területén akkor is, ha az aktuális pozíció nem, de valamely szakasz beleér a gyomfolt területére.

5. A GYAKORLATNAK ÁTADHATÓ EREDMÉNYEK

1. A fuzáriumos csőpenész-ellenállóságra történő nemesítéskor a kukoricaszemek spektrális adatainak mérése segítheti a nemesítő szelekciós munkáját, mivel mindkét vizsgált genotípus esetében (toleráns, fogékony) nagy biztonsággal lehetett a fertőzött és egészséges tételeket szétválasztani.
2. A tápanyag visszapótlási kísérletek során kapott legjobb eredményeket olyan táblázatba rendeztem, mely tartalmazza az adott műtrágyaféleség céldózisának eléréséhez szükséges kalibrációs faktort és haladási sebességet.
3. Konkrét és részletgazdag módszertant ismertettem a foltpermetezés végrehajtásához. A gyomfoltok felvételezésétől kezdve, a szoftveres tervezésen keresztül, a kijuttatás-vezérlő monitor beállításán át minden fontos munkafolyamatra kitértem.

6. PUBLIKÁCIÓK

Lektorált folyóiratban megjelent közlemények

M. Csiba; A.J. Kovács; **I. Virág**; M. Neményi **(2013)**: The most common errors of capacitance grain moisture sensors: effect of volume change during harvest. *Precision Agriculture*, 14:215-223. IF: 2.01

C. Szőke, **I. Virág**, D. K. Szalay, P. Bónis, L. Fenyvesi, L.C. Marton, M. Neményi **(2012)**: Investigation of Fusarium ear rot symptoms on maize (*Zea mays* L.) using a spectroradiometer. *Journal of Agricultural Sciences, Debrecen* 50:50-53

Csiba M.; **Virág I.**; Lócsi M.; Neményi M. **(2011)**: A foltszerűen megjelenő gyomtársulásokra kidolgozott, helyspecifikus, vegyszeres gyomirtási technológia értékelése. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 12 (2): 49-59.

I. Virág; D. K. Szalay; Cs. Szőke; G. Milics; L. Cs. Marton; M. Neményi **(2011)**: Analysing symptoms of Fusarium ear rot on maize (*Zea mays* L.) using an ex situ hyperspectral examination method. *Acta Agronomica Hungarica* (ISSN: 0238-0161) 59 (3): 231-240.

Szőke Cs.; **Virág I.**; Magyar D.; Rácz F.; Marton L. Cs. **(2011)**: Kukorica genotípusok fuzáriumos szárkorhadásának értékelése képelemző program és fertőzési indexszámítás segítségével. *Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis* (43):45-51

Proceedingekben teljes terjedelemben megjelent közlemények

I. Virág; G. Milics; M. Neményi (2013): Investigation of Fusarium Ear Rot Symptoms on Maize (*Zea Mays* L.) Using a Spectroradiometer. In: Neményi Miklós, Varga László, Facskó Ferenc, Lőrincz Ildikó (szerk.) "Science for Sustainability" International Scientific Conference for PhD Students. 414 p. Konferencia helye, ideje: Győr, Magyarország, 2013.03.19-2013.03.20. (Nyugat-Magyarországi Egyetem) Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 2013. pp. 224-228. (ISBN:978 963 334 103 2)

G. Milics; N. Smuk; **I. Virág; M. Neményi (2012):** Precision agriculture – technical development for a sustainable agriculture. In: Neményi M, Heil B (szerk.) The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment: International Scientific Conference on Sustainable Development and Ecological Footprint. 400 p. Konferencia helye, ideje: Sopron, Magyarország, 2012.03.26-2012.03.27. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó; Nyugat-magyarországi Egyetem, 2012. pp. 231-240. (ISBN:978-963-19-7352-5)

Virág I.; Szőke Cs.; Szalay D. K.; Deákvári J.; Milics G.; Kovács A. J.; Fenyvesi L.; Neményi M. (2012): A kukorica (*Zea mays* L.) csőfuzáriózisa által okozott tünetek vizsgálata spektrométer segítségével. In: Prof Varga László, Kovácsné Gaál Katalin CSc (szerk.) XXXIV. Óvári Tudományos Nap: A Magyar Mezőgazdaság - Lehetőségek, Források, Új Gondolatok. (ISBN:978-963-9883-93-2): 36-41.

I. Virág; G. Kukorelli; B. Nagy; G. Milics; R. Schmidt (2012): Site-specific nitrogen fertilization developed for wheat (*Triticum aestivum* L.) with the help of OptRxTM sensor. 11th Alps-Adria Scientific Workshop. Smolenice, Slovakia, 2012. márc. 26-31. (szerk: M. Harcsa) Növénytermelés (különszám) Vol. 61., pp. 471-474.

M. Csiba; **I. Virág; A. J. Kovács; M. Neményi (2012):** Evaluation of the Map-based Chemical Weed Control Technology Applied for Weed Patches. International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint. March 26-27 2012, Sopron, Hungary.

G. Milics; J. Deákvári; P. Burai; Cs. Lénárt; I. Balla; M. Csiba; M. Farouk; **I. Virág**; V. Nagy; M. Neményi (2011): Application of hyperspectral imaging in precision crop production and soil management. Pollution and water resources. Columbia University Seminar Proceedings (szerk.: George J. Halasi-Kun) Vol. XL. 2010-2011., pp. 139-149

I. Virág; M. Csiba; G. Milics; N. Smuk; M. Neményi (2011): Evaluation of Variable Rate Fertilization Technology with the help of geospatial processing programs. 8th European Conference on Precision Agriculture, 2011. július 11-14., pp. 352-357

I. Virág; Cs. Szőke (2011): Field and laboratory examinations of corn plants by means of hyperspectral imaging technology. 10th Alps-Adria Scientific Workshop. Opatija, Croatia. 2011. 03. 14. – 19. Akadémia Kiadó, Szerk: M. Harcsa, (Növénytermelés Vol. 60.) pp. 69-72.

G. Milics; **I. Virág**; M. Farouk M. A.; P. Burai; Cs. Lénárt (2010): Airborne hyperspectral imaging for data collection for resilient agro-ecosystems. 9th Alps-Adria Scientific Workshop. Növénytermelés. Špičák, Czech Republic, 2010. 04. 12-17., Edited by M. Harcsa. Akadémiai Kiadó, Vol. 59., pp. 593-596.

G. Milics, J. Deákvári, P. Burai, Cs. Lénárt, I. Balla, M. Csiba, M. Farouk, **I. Virág**, V. Nagy, M. Neményi (2010): Hyperspectral remote sensing for precision crop production and soil management. International Conference on Agricultural Engineering (AgEng) Towards Environmental Technologies. Clermont-Ferrand, France, 2010. szeptember 6-8., pp. 1-9.

I. Virág; M. Csiba; G. Milics; N. Smuk; M. Farouk; M. Neményi (2010): Efficiency of the variable rate fertilization technology in the aspects of agricultural practise. 18th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day. Transport of Water, Chemicals and and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System. Slovenská republika, Bratislava, 2010. november 11., (szerk: A. Čelková) ISBN 978 80 89139 21 7, pp. 612-616.

M. Farouk; G. Milics; **I. Virág**; J. Deákvári; N. Smuk; K. Szalay; M. Neményi **(2010)**: Verifying hyperspectral reference via field measurements of ground control points. 18th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day. Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System. Slovenská republika, Bratislava, 2010. november 11., (szerk: A. Čelková) ISBN 978 80 89139 21 7, pp. 97-102.

Virág I.; Csiba M.; Milics G.; Neményi M. **(2010)**: A helyspecifikus tápanyag-kijuttatás eredményessége a gyakorlat szemszögéből. XXXIII. Óvári Tudományos Nap. 2010. október 7.; pp.1-5.

Proceedingekben megjelent Abstractok

Balla I.; Milics G.; **Virág I.**; Deákvári J.; Jolánkai M.; Fenyvesi L.; Neményi M. **(2010)**: Helyspecifikus talajnedvesség és fajlagos vezetőképesség mérési technológiájának fejlesztése. MTA AMB XXXIV. Kutatási és fejlesztési Tanácskozás előadásainak és konzultációs témáinak összefoglalói. (szerk: Tóth L., Magó L.) Gödöllő, 2010. február 2., pp. 42-43.

G. Milics; J. Deákvári; P. Burai; Cs. Lénárt; I. Balla; M. Csiba; M. Farouk; **I. Virág**; V. Nagy; M. Neményi **(2010)**: Hyperspectral remote sensing for precision crop production and soil management. International Conference on Agricultural Engineering (AgEng) Towards Environmental Technologies. Book of Abstracts, Clermont-Ferrand, France 2010. szeptember 6-8., 288. p.

Ismeretterjesztő közlemények

Deákvári J.; Kovács L.; Szalay D. K.; Tolner I. T.; Csorba Á.; Milics G.; **Virág I.**; Balla I.; Kardeván P.; Fenyvesi L. **(2011)**: Parlagfű-detektálás hiperspektrális távérzékelési eszközökkel. Mezőgazdasági Technika. LII. évf. 2011. március. pp. 2-5.