

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Centrum
Mezőgazdaságtudományi kar
Géptani Tanszék

**INTERDISZCIPLINÁRIS AGRÁR ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK DOKTORI
ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:
Prof. Dr. Nagy János
MTA doktora

Témavezető:
Dr. Csizmazia Zoltán
kandidátus

**KÍSÉRLETI TERÜLETEK EGYENLETES TÁPANYAG KIJUTTATÁSÁNAK
MŰSZAKI FELTÉTELEI**

Készítette:
Hagymássy Zoltán
doktorjelölt

Debrecen
2004

KÍSÉRLETI TERÜLETEK EGYENLETES TÁPANYAG KIJUTTATÁSÁNAK MŰSZAKI FELTÉTELEI

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
az **Agrártudományok** tudományterületén
Növénytermesztés és kertészet tudományágban

Írta: Hagymássy Zoltán doktorjelölt

A Doktori Iskola neve: Interdiszciplináris Agrár és Természettudományok Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője: Prof. dr. Nagy János az MTA doktora

Témavezető: dr. Csizmazia Zoltán CSc. egyetemi tanár

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. fokozat
Elnök:	Dr. Nagy János	DSc. egyetemi tanár
Tagok:	Dr. Grasselli Gábor	CSc. egyetemi docens
	Dr. Patay István	CSc. egyetemi tanár

A doktori szigorlat időpontja: 2003. 12. 17.

A bíráló bizottság:

	Név	Tudományos fokozat	Aláírás
elnöke:	Dr. Nagy János	DSc. egyetemi tanár	
tagjai:	Dr. Szász Gábor	DSc. Professor Emeritus	
	Dr. Patay István	CSc. egyetemi tanár	
	Dr. Kalmár Imre	PhD. főiskolai tanár	
titkár:	Dr. Grasselli Gábor	CSc. egyetemi docens	
opponensei:	Dr. Szentpétery Zsolt	CSc. egyetemi docens	
	Dr. Pepó Péter	CSc. egyetemi tanár	

Az értekezés védésének időpontja: 200...

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
1.1. A témaválasztás indoklása a kutatás célkitűzései	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1. A szántóföldi kisparcellás kísérletek gépesítésének előzményei	7
2.2. Követelmények a kisparcellás műtrágyaszórókkal szemben	9
2.3. A szilárd műtrágyát szóró, parcella-műtrágyaszórók kijuttató szerkezetei	10
2.3.1. Folyamatosan szóró szerkezetek	10
2.3.2. Parcellánként különböző mennyiséget szóró szerkezetek	10
2.3.2.1. Oyjord-féle kúpos-cellás kiosztó	11
2.3.2.2. A kúpos-szalagos kiosztó	13
2.3.2.3. A rotációs csövenkénti szétosztó berendezés	15
2.4. Parcella-műtrágyaszóró gépek fejlesztése	16
2.5. Parcella-műtrágyaszóró gépek vizsgálata	25
2.5.1. A munkaminőségi vizsgálatok menete és a fő jellemzők számításának összefüggései	25
2.5.2. A kísérlethez használt műtrágyák fizikai tulajdonságai	29
2.5.2.1. A műtrágyaszemcsék mérete és alakja	29
2.5.2.2. A műtrágyaszemcsék tömege és sűrűsége	30
2.5.3. Vizsgálópadok összehasonlító elemzése	32
2.5.4. Az osztókúp vizsgálata	34
2.5.5. A rotációs szétosztó vizsgálata	37
2.5.6. Munkaminőségi vizsgálatok	38
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	42
3.1. A gépfejlesztés és a vizsgálatok körülményeinek bemutatása	42
3.1.1. A kísérletekhez használt műtrágyák ismertetése	42
3.2. FIONA Probe Plot Fertiliser Drill/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép átalakítása és vizsgálata	43
3.2.1. A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép átalakítása	44
3.2.2. Az adagolás egyenlőtlenség vizsgálata	45
3.2.2.1. Adagolás egyenlőtlenség mérése különböző nyelvállásoknál	45
3.2.2.2. A gép beállító táblázatának ellenőrzése	46
3.2.3. A keresztirányú szórás egyenlőtlenség meghatározása	46
3.3. Parcella műtrágyaszóró gép tervezésének szempontjai	47
3.4. A gravitációs osztókúp vizsgálata	49
3.5. A rotációs szétosztó és vizsgálata	51
3.5.1. A rotációs szétosztó ismertetése	51
3.5.2. A rotációs szétosztó vizsgálata	52
3.6. Fogazott hevederes kiosztó szerkezet modellezése és vizsgálata	53
3.6.1. A hevederes kiosztó modell bemutatása	53
3.6.2. A hevederes modell vizsgálata különböző fogosztású lapos szíjakkal	55

3.7. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép munkaminőségi vizsgálata	56
3.7.1. Adagolás egyenlőtlenségi vizsgálatok	56
3.7.2. Szórás egyenlőtlenség vizsgálatok teljes felületre szórás esetén	57
3.7.3. Szórás egyenlőtlenség vizsgálatok sorszórás esetén	58
3.7.4. A parcella kezdetének és végének vizsgálata	58
4. A GÉPFEJLESZTÉS ÉS A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	60
4.1. A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép értékelése	60
4.1.1. Az adagolás egyenlőtlenség vizsgálatának eredménye	60
4.1.2. A beállító táblázat vizsgálatának eredményei	62
4.1.3. A FIONA/1.5 parcella műtrágyaszóró gép átalakításának értékelése	63
4.2. A gravitációs osztókúp fejlesztése	64
4.3. Számítógépes modellek az osztókúp vizsgálatához	65
4.3.1. Számítógépes közelítő modell az excentricitás vizsgálatához	65
4.3.2. Számítógépes közelítő modell az osztókúp vízszinttől való szögeltérésének vizsgálatához	69
4.4. A gravitációs kúpos kiosztó értékelése	73
4.4.1. Az excentricitás vizsgálatának eredményei	73
4.4.2. Az osztókúp szögeltérés vizsgálatának eredményei	74
4.5. A rotációs szétosztó vizsgálatának eredményei	76
4.6. A fogazott hevederes kísérleti modell vizsgálatának eredményei	77
4.7. A fejlesztett kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép bemutatása	79
4.7.1. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép szerkezeti felépítése	79
4.7.1.1. A műtrágyaszóró gép járószerkezete	79
4.7.1.2. A gravitációs osztókúp	79
4.7.1.3. A fogazott heveder	80
4.7.1.4. A hajtószerkezet és a parcellahossz beállítása	81
4.7.1.5. A rotációs szétosztó	82
4.7.1.6. A műtrágya keresztirányú elosztása	84
4.7.1.7. A műtrágyaszóró tartószerkezete	84
4.7.2. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép működése	85
4.7.3. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép fejlesztésének értékelése	87
4.8. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép munkaminőségi vizsgálatának eredményei	88
4.8.1. Az adagolás egyenlőtlenség vizsgálatának értékelése	88
4.8.2. A szórás egyenlőtlenségi vizsgálat eredményeinek értékelése teljes felületre szórás esetén	90
4.8.3. A szórás egyenlőtlenségi vizsgálatok eredményeinek értékelése sorszórás esetén	94
4.8.4. A parcella kezdetén és végén végzett szórásvizsgálatok eredményei	96
4.8.4.1. A parcella elején végzett vizsgálatok értékelése	96
4.8.4.2. A parcella végén végzett vizsgálatok értékelése	98
5. KÖVETKEZTETÉSEK	100
6. ÖSSZEFOGLALÁS	103
7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	105
8. A GYAKORLATBAN FELHASZNÁLHATÓ EREDMÉNYEK	107
9. HIVATKOZOTT IRODALMAK JEGYZÉKE	109

1. BEVEZETÉS

1.1. A témaválasztás indoklása, a kutatás célkitűzései

Hazánkban sok mezőgazdasági kutatóintézetben, fajtanemesítő állomáson, egyetemi kutatóhelyen végeznek kisparcellás kísérleteket. A növény-nemesítő és agrotechnikai kísérletek bővítésével a kutatók számára egyre több információ áll rendelkezésre. A parcellák számának növekedése, az egyre precízebb munkaminőségi igények megkövetelik a kísérletek gépesítését. A parcellagépeknek napjainkban minden tekintetben többet kell tudniuk, mint a termelésben használt berendezéseknek. A precízebb munka, az igen magas beszerzési ár arra irányítja a figyelmet, hogy kellő körültekintéssel, rangjuknak megfelelően kezeljük ezt a kérdést.

Hazánkban a szántóföldi kisparcellás kísérletek gépesítéséről az 1970-es évektől kezdődően beszélhetünk (KUNSÁGI, 1988). Ezt követően rendkívül dinamikus fejlődés figyelhető meg. Míg korábban a mezőgazdasági termelésben használt gépeket alakították át parcellaművelésre, napjainkra ez a fejlesztő munka új irányt követ. A parcellagépek gyártása a mezőgazdasági gépgyártásnak egy önálló területévé vált.

A parcellák gépesítésének fontosságára utal, hogy 1964-ben Norvégiában létrejött egy nemzetközi szervezet a IAMFE (The International Association on Mechanization of Field Experiments) Szántóföldi Kísérletek Gépesítésének Nemzetközi Szövetsége. A szervezet célja, hogy a szántóföldi kísérletek gépesítéséhez segítséget nyújtson (OYJORD, 2000).

Összességében, a kutatók egyöntetű véleménye szerint a kísérletek gyorsabbá, pontosabbá és biztonságosabbá tételének egyedüli megoldása és leghatékonyabb módszere a gépesítés (BETZWAR, 1996; OYJORD, 1998).

A vezető parcellagép gyártó vállalatok Európában a Wintersteiger, a Hege, a Fiona, az Egyesült Államokban az Almaco stb. általában lefedik a termesztés egész folyamatát rendszerint jó technikai színvonalú parcella gépekkel. Sajnos a gyártó cégek gépfejlesztésének egyik legmostohább területe a parcella-műtrágyaszóró gépek kutatása, tervezése, gyártása, vizsgálata, összehasonlítva a termesztéstechnológia többi elemének parcella gépeivel.

Így nem meglepő, hogy parcella-műtrágyaszóró gépek fejlesztésével, vizsgálatával kevés kutató foglalkozik, és a témában kevés publikáció található.

Míg betakarítási, vetési feladatokra a gyártók sok gépet kínálnak, addig tápanyag visszapótlási feladatokra kevés a parcellagép választék, pl. FIONA Probeparcel/1.5 vagy HEGE 34, melyek folyamatosan szóró típusok. Parcellánként különböző mennyiséget szóró a HEGE 33, amelyből Magyarországon még nem található.

A Debreceni Egyetem rendelkezik egy FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró géppel, így módomban állt tanulmányozni azokat a problémákat, amelyek a berendezés használata során felmerültek.

A géppel folytatott vizsgálatok, a felmerült hiányosságok késztettek arra, hogy a parcella-műtrágyaszórás gépesítésének problémáival foglalkozzak, és új műszaki megoldásokkal válaszoljak a parcella-műtrágyaszóró géppel szemben támasztott követelményekre.

A növényszám-, a vegyszeres-, valamint a tápanyagkísérleteknél az egymást követő parcellákra különböző mennyiségű és hatóanyag tartalmú műtrágyát kell kijuttatni. Ezt a legtöbb helyen kézi úton előre kimért műtrágyával végzik. A kézi szórás munkaigényes, lassú, pontossága nem kielégítő. A kisparcellás vizsgálatokat végző kutatók szerint ehhez az alig gépesített munkához egy jól használható, új gépre lenne szükség.

A kutatók az alábbi igényeket fogalmazták meg:

- A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép képes legyen parcellánként különböző mennyiségű műtrágyát kijuttatni anélkül, hogy közben megállna a parcellák között.
- A parcellára kijuttatott műtrágya mennyisége a kísérlet során előírt nagyságú legyen.
- A gép kisebb szórás egyenlőtlenséggel dolgozzon, mint a jelenleg kapható folyamatosan szóró parcella-műtrágyaszóró gépek.
- A műtrágyaszóró gép vonóerő igénye miatt, kistraktorral vagy parcella traktorral vontatható legyen.

A meglévő parcella-műtrágyaszóró gépek hiányosságai és a kutatói oldalról megfogalmazott igények miatt célul tűztem ki, hogy tervezzek és megépítsek egy olyan parcella-műtrágyaszóró gépet, amely a fenti követelményeknek megfelel.

Feladatomban tekintettem továbbá, hogy a berendezés a parcella teljes hosszában azonos mennyiséget szórjon, a parcella elején ezt a mennyiséget a legrövidebb úton érje el és a parcella végén a mennyiség csökkenése a lehető legrövidebb útra korlátozódjon. Ez a probléma a legkorszerűbb szakaszosan szóró parcella-műtrágyaszóróknál sem megoldott.

Célul tűztem ki, hogy a berendezés egyszerű szerkezetű, rugalmasan használható legyen és mérsékelt költségekkel elő lehessen állítani.

Fontos feladatomban tekintettem, hogy a tervező munkához szükséges elméleti alapok tisztázása céljából, a műtrágyaszóró gép tervezése és építése előtt a fő részegységek fejlesztési lehetőségeit, működési jellemzőit, beállításait modellkísérletekkel, vizsgálatokkal meghatározzam.

Kutatási céljaim között szerepelt, hogy az elkészült kísérleti műtrágyaszóró gép minősítése céljából, különböző műtrágyákkal munkaminőségi vizsgálatokat végezzek.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szántóföldi kísérleti parcellák gépesítésének fő stratégiája ugyanaz, mint a szántóföldi termelésé; olyan gyorsan és olcsón termelni, amennyire csak lehet a lehető legjobb minőségben (*OYJORD, 1986*).

Az új parcellagépeknek két feltételnek kell megfelelni. Az egyre nagyobb parcellaszám miatt növelni kell a termelékenységét, és csökkenteni kell a kísérleti hibák nagyságát és mennyiségét. A tapasztalatok szerint a gépesítés a leghatékonyabb módszer ahhoz, hogy a kísérletek gyorsabbak és biztonságosabbak legyenek (*OYJORD, 1998*).

Egyetértve Oyjord megállapításaival, véleményem szerint a gyorsaságon, pontosságon és gazdaságosságon túl a kutatásnak a szélsőségek kipróbálása is feladata.

2.1. A szántóföldi kisparcellás kísérletek gépesítésének előzményei

Magyarországon búzanemesítést már az 1800-as évek végétől végeztek több uradalomban, így Bánkúton, Alsóbogárdon, Eszterházán, Kaposváron, Magyaróváron (*KUNSÁGI, 1988*). A növénynemesítők szervezett képzése 1940-ben a Magyaróvári Országos Növénynemesítő Intézet keretén belül történt. Tulajdonképpen a növénynemesítéshez szükséges eszközök elterjesztése ennek az intézetnek tulajdonítható. Ekkor még parcellagépesítésről nem beszélhetünk, csak néhány olyan eszközről, amelyek a parcella művelés kézi munkáját elősegítették (sorjelölők, sorhúzó kapák, parcella jelölő karók, vetőpuska). Az 1960-as években kerültek az országba Ausztriából, Németországból, Angliából nyugati kisparaszti gazdaságok részére készült gépek, amelyeket itthon parcellakísérletekhez használtak. Magyarországon a parcellakísérletek gépesítése az 1970-es évekre nyúlik vissza (*KUNSÁGI, 1988*).

1964-től kezdődően kialakultak kisebb gyártó cégek, amelyek a parcellagépek készítésére rendezkedtek be. Úttörő szerepet játszott a Wintersteiger cég Ried-ben Ausztriában, és a HEGE cég Waldenburg-Hohenheimben Németországban. Az utóbbi egy növénynemesítő gazdaságból nőtt ki. Később kapcsolódott ebbe a munkába néhány mezőgépgyártó nyugat-európai cég is. Ezek főleg kis, - középparcellás kombájnokat alakítottak át parcella betakarítás céljára. Összességében piaci eredményeket csak a

Walter & Wintersteiger által tervezett és készített parcellagépek, és a Hans-Ulrich Hege által gyártott Hege sorozat ért el (HEGE, 1986).

Hans-Ulrich Hege halála után a Wintersteiger GmbH 2000-ben megvásárolta a Hege GmbH-t, így Európában a legjelentősebb parcellagép gyártó vállalattá vált. A Hege termékeket természetesen továbbra is gyártják és forgalmazzák, azzal a különbséggel, hogy a vállalatirányítás, tervezés, és az alkatrészgyártás Ausztriában, Ried-ben történik.

Az amerikai kontinensen a parcellaméretetek eltérnek az Európában megszokottaktól. Az Európában leggyakoribb mikroparcella méretektől - parcellaszélesség 1...2 m - általában nagyobb méretűek az Amerikában kialakított kísérleti területek, ezért az Egyesült Államokban gyártott berendezések nem terjedtek el kontinensünkön. A legjelentősebb parcellagépeket gyártó vállalat az USA-ban az ALMACO.

A szántóföldi kísérletek gépesítésére meghatározó hatással volt az 1964-ben létrejött nemzetközi szervezet, a IAMFE, melynek központja 1993-ig Norvégiában Oslóban, majd 1993-tól Svédországban volt (OYJORD, 2000). A IAMFE célja, hogy a szántóföldi kísérletek gépesítéséhez segítséget nyújtson. Útbaigazítást adjon a parcellagépeket gyártók számára a gyártmányfejlesztéshez, a kutatóhelyek igényeit pedig továbbítsa a gyártóknak. A szövetség négyévenként tart kongresszust (OYJORD, 1998). A kongresszusokat gépműkiállítások és bemutatók kísérik. A nemzetközi IAMFE konferenciák között 2-3 évenként regionális konferenciákat is rendeznek. Az 1994-es kínai konferencia után a parcellagép gyártás két vezető világcége a Wintersteiger és a Hege megvonta támogatását az IAMFE szervezetétől. Ez kedvezőtlenül hatott a parcellagépek kutatására. A parcellagép fejlesztéssel foglalkozó kutatók kevesen vannak, az e témában megjelent publikációkkal csak elvétve lehet találkozni (MATUZ, 1983).

A IAMFE szervezetnek országonként nemzeti bizottsága működik. Ennek egyik székhelye hazánkban a Tessedik Sámuel Főiskolán van (LELKES, 2000). Itt létesült 1983-ban egy fejlesztési csoport, mely a hazai kisparcellás kísérletek gépesítésére jött létre. Ez a csoport különböző parcellagépeket fejlesztett belföldi, illetve külföldről származó részegységekből (GULYÁS *et al.*, 1983).

2.2. Követelmények a kisparcellás műtrágyaszórókkal szemben

BETZWAR, 1992 a következő megállapításokat tette: a meglehetősen általánosan használt „precíziós technika” kifejezést manapság gyakran használják a legkülönbözőbb gépekre, berendezésekre, és eljárásokra. Parcellakísérletek esetén sem tekinthető minden eljárás precíziósnak. A szerző szerint precíziós technika az az eljárás, amikor pl. vetés vagy műtrágyaszórás esetén az adott parcellára az előre meghatározott szemcsemennyiséget, vagy magszámot pontosan, maradék nélkül kijuttatjuk. A kiszórás a parcella végén befejeződik, és a következő parcellán újrakezdődik, a különböző parcellákra kiszórt magok, illetve szemcsék nem keveredhetnek.

NEMÉNYI et al., 2001 hasonló következtetésre jutott. Szerinte, a precíziós szóba magát a helymeghatározást is sokan beleértik – bizonyos fokig joggal -, itt azonban elsősorban arról van szó, hogy az adott helyen előírt (a számos paraméter alapján kiszámított) mennyiségben, (tömegben) illetve tőszámban, tőtávolságra és mélységben juttatjuk ki a szaporítóanyagot, a műtrágyát és a növényvédő szert.

GULYÁS, et al., 1983 szerint lényeges hogy lehetőség szerint azonos eszközhordozóra legyenek felszerelhetők a különböző munkagépek, és könnyen forduljanak a parcella végén.

HATTINGER - MAYER, 1998 kibővíti *BETZWAR, 1992* és *GULYÁS, et al., 1983* megállapításait a következő követelményeket fogalmazta meg a precíziós kisparcella vető- és műtrágyaszóró gépekkel szemben:

- A parcellák között nem keveredhetnek a szemcsék. A két parcella között, a berendezésnek teljesen kitisztított állapotban kell lennie.
- Alkalmas legyen mindenféle szemcse kijuttatására.
- Alkalmazkodnia kell a szemcsék alakjához, méretéhez, tömegéhez.
- A kísérletek során az egymást követő parcellák esetén különböző tömegű, hatóanyag tartalmú, szemcseméretű műtrágyát kell kijuttatni, anélkül, hogy a szórógép megállna.
- A kisparcellás gépek beállíthatósága nagy változatosságot biztosítson.

OYJORD többször is felhívta a figyelmet a parcella méretek egységesítésének fontosságára (OYJORD, 1994 ; OYJORD, 1995). Gépesítési szempontból nagyon nehéz a változó parcellaméretekhez alkalmazkodni. Már az 1964-es IAMFE konferencián elhatározták a résztvevők a parcellaméretek egységesítését. Mikroparcellák esetén javasolták a 125 cm vagy 150 cm szélességet (esetleg 175 cm). Később néhány felhasználó nyomására 200 cm, illetve 225 cm munkaszélességű berendezéseknek is elkezdődött a gyártása. A jelenleg Európában gyártott kisparcellás műtrágyaszóró gépek általában maximálisan 1,5 m-ig állítható munkaszélességgel rendelkeznek. Az általam készített berendezés is ezt az egységes méretet követi.

2.3. A szilárd műtrágyát szóró, parcella-műtrágyaszórók kijuttató szerkezetei

A nemesítési és az agrotechnikai kutatások parcelláinak tápanyag visszapótlási technológiája eltér egymástól, ezért a parcella-műtrágyaszórógépek, és ezen belül kijuttató szerkezeteik is 2 fő csoportba sorolhatók.

- 1) Folyamatosan szóró szerkezetek
- 2) Parcellánként különböző mennyiséget szórók

2.3.1. Folyamatosan szóró szerkezetek

A gabonafélék nemesítésénél a tápanyag visszapótlást egységesen a teljes táblára elvégzik. A kiegészítő műtrágyát kora tavasszal juttatják ki a teljes területre. Őszi búza parcellákon ez kora-tavaszi, illetve téli fejtrágyázás formájában történik. Folyamatosan szóró parcella-műtrágyaszórók leggyakoribb szóró szerkezetei: résszabályzós, cellás kerekes, csigás, kettős csigás, szalagos, elasztikus forgó hengeres, tolóhengeres (ZHIZHONG *et al.*, 1994 ; FŰZI, 1998 ; KUNSÁGI, 1988 ; MÜLLER, 1998). Manapság a két legelterjedtebb folyamatosan szóró parcella-műtrágyaszóró gép a FIONA /1.5 és a HEGE 34. Mindkettő tolóhengeres adagolószerkezettel rendelkezik. Előnyeik az egyszerű szerkezet és a viszonylag kis szórás egyenlőtlenség.

2.3.2. Parcellánként különböző mennyiséget szóró szerkezetek

A honosítás-, a növényszám-, a vegyszeres-, valamint a tápanyagkísérleteknél a parcellákat egyedileg látják el tápanyaggal. Ehhez azonban olyan gépek szükségesek,

amelyek a műtrágyát parcellánként tudják kijuttatni. A gépesítés nélküli megoldásnál az egy parcellára jutó műtrágyát vagy szerves trágyát kimérik, majd kézi úton szétszórják a parcellák felületére (*GECIT - EMEKLIER, 1987*). Ez a megoldás nagy fizikai munkával jár, munkaminősége, szórás egyenletessége hossz és keresztirányban egyaránt kifogásolható. A parcellák tápanyag visszapótlásának problémái a műtrágyázási kísérletekben jelentkeznek legélesebben. Ezen belül is megoldásra vár a szilárd műtrágya parcellánkénti gépi kiszórása (*KUNSÁGI, 1988*).

Tervező, kutató munkám célja, egy parcellánként különböző mennyiséget szóró berendezés kifejlesztése, ezért az ilyen típusú szétszórtó szerkezeteket részletesebben ismertetem.

2.3.2.1. Oyjord-féle kúpos-cellás kiosztó (1. ábra)

1957-ben Egil Oyjord kifejlesztette a nevével jelzett kúpos szétszórtó szerkezetet. Bár parcella vetőgépeken használják elsősorban (*JEGATHEESWARAN, 1987*), de mindenfajta szemcsés anyag szétszórtó vele.



1. ábra.

A kúpos – cellás kiosztó

Ez a megoldás alapvető változást jelentett a korábbi elvekhez képest (*BETZWAR, 1992*). Lehetővé tette a kívánt adag pontos beállítását, mivel az előírt szemcsemennyiséget pontosan, a meghatározott nagyságú parcellára maradék nélkül lehet kiszórni, annak veszélye nélkül, hogy a különböző parcellákra szánt szemcsék összekeverednének.

Eközben a gép folyamatosan halad a parcellák között (HEGE, 1986). Annak ellenére, hogy a kúpos-cellás szóró szerkezetet korábban is használták, Oyjord volt az alapítója a modern sorozatgyártásra alkalmas parcella berendezéseknek (HEGE, 1986).

Az Oyjord-féle kúpos-cellás kiosztó működése

PEI et al., 1994 az alábbiakban fogalmazta meg a szerkezet működését. A parcellára kiszórni kívánt szemcsemennyiséget a betöltő garatba töltjük. A parcella elején a garatot felemelve a szemcsék az osztókúpon szétszétva a kúp alján lévő cellákba jutnak. Az osztókúp alján lévő cellasort talajkerék hajtja hajtóművön keresztül. A hajtómű áttételezését úgy kell beállítani, hogy egy parcellahossz megtétele közben a cellasor egy teljes körülfordulást végezzen. A cellasor kerülete mentén van egy pont, ahol egy nyíláson át a szemcsék távozni tudnak. Így egy körülfordulás alatt minden anyag távozik a cellasorból.

Később a kúpos kiosztóra Oyjord különféle változatokat fejlesztett, cserélhető szétszétó fejjel, különböző kiosztó csővégekkel, recés-kúpos fejjel, bordázott kúpos fejjel, és különféle etetőszerkezet megoldásokkal (BETZWAR, 1992). Természetesen sok fejlesztőmérnök, kutató felhasználta ezt az elvet, pl. Noetzel, Dobrint, stb, de az alapelv, az egész világon ismert Oyjord szisztéma maradt (HEGE, 1986).

A kúpos-cellás kiosztónak azonban van néhány alapvető hibája, amelyek miatt én nem ezt a megoldást alkalmaztam kísérleti parcella-műtrágyázó gépem tervezésénél.

1. A forgó cellasor és a tányér között surlódnak a szemcsék, amely sértheti a granulátumot (BETZWAR, 1987). Ez a probléma egyes vetőmag típusoknál is gondot okoz (DIEKMANN, 1987), kis szemcsenagyságú, töredezésre hajlamos műtrágyánál mindenképpen. A keletkező por behatol a forgó cellasor és a tányér közé, ami eltömődést okozhat.
2. Az osztókúp alatt cellaszegmensek vannak, amelyekben az osztókúp által szétszétott szemcsék helyezkednek el. Az egyik cellarész alatt van egy vese alakú kifolyónyílás, melyen az odafordult cellákból a szemcsék kiesnek (PEI et al., 1994). A kiosztó hibája, hogy kis adagmennyiségek esetén a szemcsék az adagoló kiosztó cellák egyik falánál gyűlnek össze, s így az adagolás egyenlőtlené válik (BETZWAR, 1987).

3. A betöltő tölcserből érkező szemcséket az osztókúp egyenletesen szétosztja a kúp alján lévő cellákba (PEI *et al.*, 1994). Ebben a pillanatban azonban néhány szemcse közvetlenül átesik a kiömlő nyíláson. Ezt a jelenséget egy visszaverő lemezzel igyekeznek megakadályozni, így viszont a visszaverő lemezről a szemcsék a kezdő és a befejező parcellarészekre jutó cellákba esnek, amelynek eredményeképpen a parcella elejének és végének torzul a szórásképe (BETZWAR, 1987).

2.3.2.2. A kúpos-szalagos kiosztó (2. ábra)

Az Oyjord-féle kúpos-cellás szétosztóból származó alapelv, az osztókúp itt is megmaradt, mivel azonban mind szerkezeti kialakításában, mind működési elvében lényegesen eltér az előbbitől, ezért különálló kiosztó típusnak tekinthető.

RÖDEL, 1984 szerint az 1980-as évektől alkalmazták szélesebb körben főleg parcella vetőgépeken és néhány parcella-műtrágyaszóró gépen. HEGE, 1987 véleménye szerint igen pontosan szór mikrogranulátumot és műtrágyát.



2. ábra.

A kúpos – szalagos kiosztó

MOCK, 1987 közlése szerint a kúpos-szalagos kiosztót Ausztráliában is kifejlesztették. A működési elve ugyanolyan, a kialakítása hasonló, mint amilyen kúpos-szalagos kiosztó a Hege GmbH gépkínálatában szerepel.

STUMBORG et al., 1992 véleménye szerint a kúpos-szalagos kiosztó magazinós típusú parcella vetőgépeken egy bevált szétosztó eszköz.

A kúpos-szalagos kiosztó működési elve:

RÖDEL, 1984 leírása alapján a betöltő tölcserből a szemcsék az etető hengerbe esnek. A parcella elején az etető hengert felemelve a műtrágya szétoszlik az osztókúpon, és egyenletesen elhelyezkedik a kúp és a gumiszalag közötti résen. Az osztókúp talajkerék hajtású sebességváltón át kapja a hajtást úgy, hogy egy parcellahosszon egyszer fordul körbe az osztókúp a hozzá kapcsolódó szalaggal. Az osztókúp egyik végén lévő nyíláson át távozik a műtrágya a kiosztóból.

A kúpos-szalagos kiosztó már sokkal jobban használható műtrágyák széosztására (*HEGE, 1987*), mert a kúp és a gumiszalag között elhelyezkedő szemcsék nem sérülnek, nem tömítik el a nyílásokat, jól ürülnek ki a szerkezetből. Nincsenek cellák, melyek szakaszossá tennék a kijuttatást, azonban néhány hátrányos tulajdonsága megmaradt a berendezésnek, amelyek miatt fejlesztő munkámban nem ezt a megoldást választottam.

A kúpos-szalagos kiosztó jellemzése *RÖDEL, 1984* véleménye alapján:

Előnyök:

- pontos adagmennyiség érhető el,
- jó szórás egyenletesség biztosítható,
- a szemcse alakja, mérete nem befolyásolja a kijuttatás pontosságát,
- relatívan kis mennyiségek is egyenletesen juttathatók ki,
- előre pontosan meghatározott műtrágyamennyiséget lehet a parcellákra összeállítani.

Hátrányok *RÖDEL, 1984; BETZWAR, 1987; SHURING - RÖDEL, 1988* véleménye szerint:

- 15 m feletti parcellaméret nehézséget okoz a kijuttatásban,
- a szemcse mennyisége minden parcella esetén előre kimért és előkészített kell hogy legyen,

- a gépnek működés közben vízszintesen kell állnia, amit egy a berendezésre szerelt vízszintmérővel ellenőrizni és beállítani szükséges,
- az osztókúp alján lévő nyíláson néhány szemcse a szétosztás pillanatában átesik. A jelenség ellen itt is egy visszaverő lemezzel védekeznek. Ennek eredménye az, hogy a parcella elején és végén változik a kijuttatott mennyiség.

2.3.2.3. A rotációs csövenkénti szétosztó berendezés (3. ábra)

A vetőmagok és műtrágyák szétosztása két lépésben történik akár kúpos-cellás, akár kúpos-szalagos kiosztó volt az első lépcső. A második lépésben a szemcsék kijuttató csövek szerinti terítése szinte mindig rotációs szétosztó berendezéssel történik (*HEGE, 1986 ; BETZWAR, 1987*) .



3. ábra.

A rotációs szétosztó

A rotációs szétosztó működése *ZHIZHONG et al., 1994* leírása alapján:

A szemcsék a kúpos-cellás vagy a kúpos-szalagos kiosztóból vezetőcsövön keresztül egy garatba kerülnek, mely a rotációs kiosztó szimmetria tengelyéhez vezeti a vetőmagokat, vagy a műtrágyát. A forgórész kettős kanálrendszere a ráhulló szemcséket kidobja a ház kerülete felé. A kerületen lévő kivezető rések csatlakoznak az elvezető csövekhez. A két dobókanál nem egyforma méretű, ezért *ZHIZHONG et al., 1994* arra a következtetésre jutott, hogy a dobótérben két szemcseáramlatra bomlik az anyag, ami egyenletesebbé teszi a szétosztást. A rotációs szétosztó fejrésze a kivezető résekkel és csövekkel cserélhető, attól függően hány sorban akarjuk a műtrágyát kijuttatni. A forgórész hajtása történhet egyenáramú villanymotorral akkumulátorról, vagy

hidromotorral. A Wintersteiger rotációs kiosztójának a fordulatszáma 3 fokozatban szabályozható.

2.4. Parcella-műtrágyaszóró gépek fejlesztése

A fejezetben ismertetem a manapság leggyakrabban használt parcella-műtrágyaszóró gépeket. Tájékoztatást nyújtok néhány, a műtrágyák kisparcellás kijuttatására vonatkozó érdekes kutató, fejlesztő munkáról, illetve 2 darab magyarországi fejlesztésű parcella-műtrágyaszóró gépről.

1. FIONA Probe Plot Fertiliser Drill/1.5 (4. ábra)

Kézzel tolható folyamatosan szóró parcella-műtrágyaszóró gép. Szóró szerkezet: 12 darab tolóhenger, melyek 12 cm osztásban vannak elhelyezve, egymáshoz képest. Munkaszélessége: 1,50 m. Tartálytérfogata: 34,9 dm³. Tömege: 48 kg.



4. ábra.

A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép

A Wintersteiger GmbH gépkínálatában szerepel a FIONA parcella-műtrágyaszóró gép. A vállalat mérnökei a műtrágyaszóró gépet továbbfejlesztették (BETZWAR, 1996), hasonló módon, mint amilyen változtatásokat első lépésben én is elvégeztem a berendezésen. A parcella-műtrágyaszóró gép értékeléséről és átalakításáról a 3.2.1. fejezetben adok tájékoztatást.



5. ábra.

**A Wintersteiger GmbH által átalakított
FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép**

Az átalakított FIONA parcella-műtrágyaszóró gép eszközhordozó Toll Carrier parcellatraktoron (HEGE, 1988/a) látható az **5. ábrán**.

2. HEGE 34 folyamatosan szóró parcella-műtrágyaszóró gép
(BETZWAR, 1986; HEGE, 1988/b; MÜLLER, 1998)



6. ábra.

**A HEGE 34 parcella-műtrágyaszóró gép
traktorra szerelhető változata**

Munkaszélesség: 1. változat 1,25 m (10 db tolóhengeres szóró szerkezettel)

2. változat 1,5 m (12 db tolóhengeres szóró szerkezettel)

Kézzel tolható vagy felszerelhető parcella traktorra, illetve kis traktorra.

Kijuttatott műtrágya mennyiségek: 15-400 kg/ha. Tömeg: 70 kg

A **6. ábrán** a HEGE 34-es parcella-műtrágyaszóró traktorra szerelhető változata látható egy HEGE 76-os eszközhordozó parcellatraktorra szerelve. A HEGE 76 folyamatos műtrágyázási feladatokra egy jól kezelhető, megbízható, ugyanakkor viszonylagosan pontos berendezés.

ZELTNER, 1987 szerint a Hege parcella-műtrágyaszórók jól használhatóak a Bajor kutatóintézetekben.

3. HEGE 33 parcella-műtrágyaszóró gép (*MÜLLER, 1998 ; HEGE, 1988/b*)
Parcellánként különböző mennyiséget szórni képes műtrágyaszóró (**7. ábra**).



7. ábra.

**A HEGE 33 parcella-műtrágyaszóró gép
kézzel tolható változata**

Szóró szerkezet: kúpos-szalagos szétosztó, felszerelhető folyamatosan szóró szerkezettel is. (40 db tolóhenger). Munkaszélesség: 1,25 m vagy 1,5 m. Kézzel tolható vagy felszerelhető parcella traktorra, illetve kistraktorra. Tömeg: 80 kg.

Szórható adagmennyiség:

- kúpos szalagos szétosztóval: 10-600 kg/ha
- tolóhengeres szóró szerkezettel 20-600 kg/ha

Az egyetlen önmagában is használható parcellánként különböző mennyiséget is szórni képes műtrágyaszóró gép, mely magas árával tűnik ki.

4. Kúpos-cellás parcella-műtrágyaszóró adapter (MÜLLER, 1996)

Parcella műtrágyázási feladatokra, a vetésre jól bevált osztószervezetek használhatóak, ha megoldott a szerkezeti elemek védelme az agresszív műtrágyáktól. A Wintersteiger cég parcellánként különböző hatóanyag tartalmú műtrágyák kijuttatására 2 lépcsőben kúpos-cellás kiosztó szerkezetet + rotációs csövenkénti szétosztót ajánl. A műtrágyával érintkező alkatrészek rozsdamentes acélból, illetve műanyagból, az osztókúp rozsdamentes acélból készül (MÜLLER, 1996). Az Oyjord cellás kúp átmérője: Ø 265 mm.

A **8. ábrán** egy PDS Plotseed parcellavetőgépre van felszerelve egy kúpos-cellás parcella-műtrágyaszóró adapter.

Nem független műtrágyaszóró gép, hanem valamilyen eszközhordozóra, parcella vetőgépre alkatrészekből összeállítható.



8. ábra.

**Kúpos - cellás parcella-műtrágyaszóró adapter
egy Plotseed parcella vetőgépre szerelve**

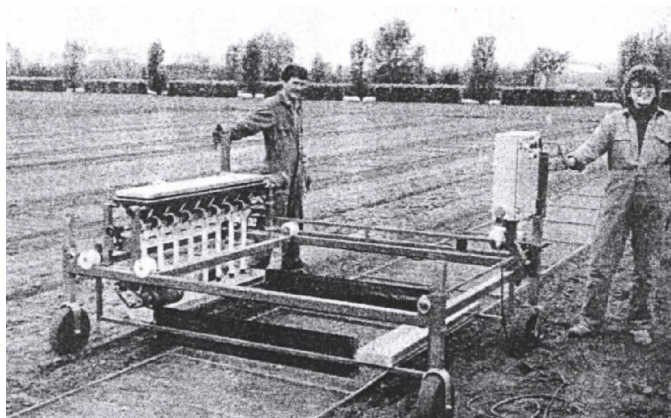
5. A Wintersteiger GmbH parcellavetőgépeit igény szerint GASPARDO soros mikrogranulátum szóró és műtrágyaszóró adapterrel szereli fel.

A GASPARDO adapterek MINIMAX típusú résszabályozós, cellás kerek kijuttató berendezéssel vannak felszerelve (FŰZI, 1998). A talajkerékről lánckerék áttétellel hajtott hornyos adagoló szerkezetnél csavarorsóval mozgatott lemezzel szabályozható a kiadagolandó mennyiség. A résszabályozós, cellás kerek kijuttató műanyagból készül, soronként alul szűkülő tartállyal.

Nézetem szerint használata folyamatos műtrágyaszórásra lehet indokolt, ha túl nagy igényeket nem támasztunk a kijuttatott adagmennyiségek pontosságára. Kis adagmennyiségek esetén - a résszabályzó műszaki megoldása miatt - a pontatlansága valószínűleg nő.

6. GASPARDO kijuttató szerkezeteket használt fel *BOTHA et al., 1994* egy figyelemre méltó megoldású parcellagéphez. A Dél Afrikai Köztársaságban dolgozó kutatók az esős nyári és száraz téli éghajlatú területek parcella vizsgálataihoz készítettek egy függesztett parcella vetőgépet hozzá kapcsolt műtrágyaszóró adapterrel. A parcella-műtrágyaszóró gép adagoló szerkezete MINIMAX típusú soronkénti kijuttató. Hajtása 12 V-os villanymotorral sebességváltón keresztül történik. A műtrágyát soronként a vetés előtt talajművelő eszközök segítségével juttatják ki. A parcella vetőgép gerendelyére szerelt kultivátorkapák soronként lazítják a parcellát. A kapák mögé szerelt rugalmas csövek injektálják a talajba a műtrágyát. A kutatók szerint így elérhető, hogy a műtrágya szemcsék a vetési mélységnél 30 – 100 mm-el mélyebben helyezkedjenek el a talajban, megakadályozva, hogy a N műtrágyák csökkentsék a vetőmagvak csirázó képességét.
- Véleményem szerint a műtrágyák soronkénti kijuttatása esetén az előbb említett kritikai megjegyzéseim figyelembe vételével jól használható a berendezés.

7. Keretes berendezés precíziós műtrágyázásra és vetésre (*SORENSEN et al., 1988*)



9. ábra.

Keretes berendezés parcella műtrágyázásra és vetésre (*SORENSEN et al., 1988* nyomán)

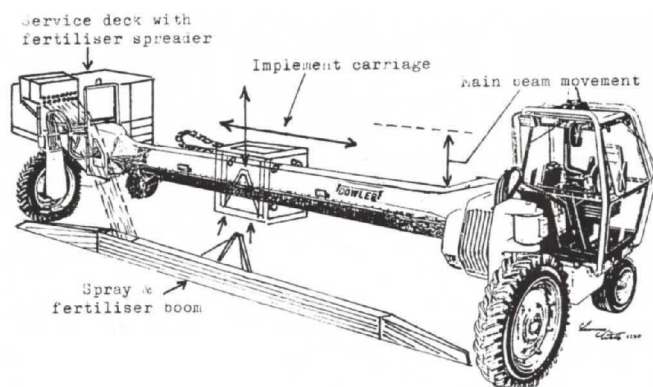
A dán kutatók egy keretes szerkezetű többcélú berendezést készítettek, amelyet elsősorban műtrágyázásra használnak. A 8 db adagoló hengeres műtrágyaszóró gépet egy keretszerkezetre szerelték. A szóró szerkezet a parcella sor kereszt irányában tud elmozdulni.

Hosszirányban a keretszerkezeten lévő 4 db gumikereken tolható el. Az adagolóhengereket fokozatmentesen szabályozható elektromotor hajtja. A keresztirányú mozgatót szintén villanymotor végzi 10 fokozatú hajtóművön át. A keretszerkezet függőleges állítása is elektromotorral történik. Az adagolóhengerek alatt 44 fokozatban állítható résállító szerkezet található. Az egy sorban lévő parcellák ennél a megoldásnál olyan hosszúak, mint a szórógép szóró szerkezete (**9. ábra**). Terelőlemezek biztosítják, hogy a műtrágya, illetve a vetőmag a szomszéd parcellára ne szóródjon át.

Véleményem szerint a berendezés használata nehézkes, lassú. A kisméretű kerek miatt a berendezés még egyenletes felszínű talajon is nehezen mozgatható. A súlyos keretszerkezet mozgatásához valószínűleg több ember szükséges.

8. Állványos parcellakezelő berendezés (BASFORD - GROVES, 1992)

Az angol szerzők parcellagépesítési célra egy hidrosztatikus hajtású 12 m-es állványzatot készítettek, amely különböző szélességű parcellák kezelésére képes (**10. ábra**).



10. ábra.

Állványos parcella kezelő berendezés
(BASFORD - GROVES, 1992 nyomán)

Három fő funkciója van: permetezés, műtrágyaszórás, talajminta vételezés. Két hajtott és két támasztókereke van. Hajtott kerekei 90°-ban elfordíthatóak közúti és parcellák közötti fordulásra. A szerzők egy pneumatikus műtrágyaszóró gépet javasolnak átalakítani az állványzathoz. Véleményem szerint a gép nagy és nehézkes kisparcellákhoz. A szerzők szerint nehézséget okoz a tartályt újratölteni.

9. Hátra szerelhető forgó tárcsás szóróvető és műtrágyázó gép (*BRAIDE, 1992*)

Az afrikai szerző helyi viszonyokra kifejlesztett berendezését ajánlja parcellagépesítési célokra. Többcélú forgó tárcsás, hátra szerelhető szórógépet fejlesztett parcellák kezelésére kis gazdák számára Nigériában. A prototípus búzát szórva vet és műtrágyát szór. Szórási szélessége kb. 1,6 méter szántóföldi kísérletek alapján. Kézzel forgatott tárcsa szórja a vetőmagot, illetve a műtrágyát. Teljesítmény: 0,54 ha/h. Szóróvetés, műtrágyaszórás: 100 ... 200 kg/ha.

Nézetem szerint a berendezés szórási jellemzői nem kielégítőek. A szórógép egyszerű szerkezetű, olcsó, könnyen kezelhető. Afrikai viszonyok között valószínűleg jól használható.

10. Kettős csigás parcella-műtrágyaszóró adapter (*ZHIZHONG et al., 1994*)

A kínai kutatók által tervezett berendezés két rekeszre osztott műtrágya tartályból áll, alattuk két összehordó csigával. A csigás kiosztó sikeresen alkalmazott műtrágyaszóró gépeken. Az erősebb keverés kiküszöböli a boltozódást, azonban az erős pulzáló hatás kerülendő, mivel töri a műtrágyát. A csigák közepén, ugyanazon tengelyen van a forgó kijuttató lapátkerék. Az ázsiai kutatók szerint a két csiga csökkenti a pulzálásból eredő hullámhosszt. E célból a kijuttató lapátkerékre is a lehető legtöbb lapátot szereltek. A forgó lapátkerék alatt egy állítható nyílás van. Az etető csigák alatti lemez a lapátkerékhez képest kifelé szögben áll, ami megakadályozza, hogy az összetört szemcsék a kiosztó szerkezetbe kerüljenek. Véleményem szerint a műtrágyaszóró folyamatos üzemben valószínűleg kielégítően szór. A tervezők ugyanis nagy gondot fordítottak az elsődleges szóró szerkezet, a kettős csiga kialakítására és vizsgálatára. A második lépésben a csövenkénti szétosztást a jól ismert rotációs szétosztó végzi, amely egy jól bevált pontos osztó szerkezet. A gép hátránya, hogy csak folyamatos üzemben tud dolgozni.

11. Kombinált vető és műtrágyaszóró gép búza parcellához (*KHAN - WARREN, 1984; KHAN - MUNRO, 1994*)

A berendezést Ausztráliában a WAGGA termesztési programhoz fejlesztették ki, amelyben búzát termesztenek igen szélsőséges körülmények között, de más gabonához is használható. A berendezés kombinált vető és műtrágyaszóró külön talajhajtással mindkét részegységhez. Parcella hossz: 1-20 m-ig, 6 soros a szóró-vető berendezése. A vetőmag és a műtrágya ugyanazon csövön jut a talajra. A műtrágya mennyisége fogaskerék áttétellel állítható. A vetőelem kúpos cellás Oyjord kiosztó. Érdekessége, hogy a vetőmag és a műtrágya magvezető csövenként egy Y csatlakozóban keveredik.

Véleményem szerint nem szerencsés, hogy a vetőmag és a műtrágya ugyanazon a magvezető csövön jut a talajba, mert a műtrágyaszemcsék a talajban közel kerülnek a vetőmaghoz.

12. Hagyományos műtrágyaszóró adaptációja parcella-műtrágyaszóráshoz (*McGOLDRICK, 1984*)

A szerző egy hagyományos NORDSTEN/EXACT-O-MATIC 3,80 m munkaszélességű műtrágyaszórót alakított át 1,3 m munkaszélességű parcella-műtrágyaszórásra.

Adagmennyiség: 90 kg/ha - 1300 kg/ha. Talajkerék hajtású, egy 40 fokozatú NORTON sebességváltón keresztül hajtja meg a szóró szerkezetet.

Véleményem az, hogy már többször bebizonyosodott, hogy a termelésben lévő gépek átalakításával nem lehet modern, jól használható parcellagépet készíteni, mert a parcellagépekkel szemben mások a követelmények.

13. TRIAL MASTER eszközhordozó műtrágyaszóró adapter (*FOWLER, 1988/a; FOWLER, 1988/b*)

A HEGE gépkínálatában korábban előforduló adapter. 6 sorban soronként folyamatos műtrágya mennyiséget kijuttató, talajkerék hajtású berendezés.

14. ALMACO parcella-műtrágyaszóró adapterek.

Az Egyesült Államokban Nevadában és Iowában működő ALMACO cég hasonló berendezéseket kínál parcella műtrágyázási feladatokra, mint a Wintersteiger

Európában. Egyrészt kúpos-cellás szétosztó berendezést rotációs csövenkénti kijuttatóval parcellánként különböző mennyiségű műtrágyák kiszórására. Másrészt soros vetőgéphez kapcsolt adaptereket mikrogranulátum és műtrágyaszórásra. Európában nem terjedtek el az Egyesült Államokban gyártott berendezések.

15. Mezőtúri kisparcellás műtrágyaszóró

A Mezőtúri Tessedik Sámuel Főiskola kutató-fejlesztő csoportja által készített parcella-műtrágyaszóró gép. A gép alkalmas műtrágya és granulátum szórására is. Az adagmennyiség 20-300 kg/ha-ig változtatható. Egy-egy tartály 5 dm³-es térfogatú. Cellás adagoló végzi a műtrágya kijuttatását. A szórószerkezet hajtása járókerék arányos. A szórószerkezet önálló gépként, kézi mozgatású keretre építve is üzemeltethető, de önjáró alvázra szerelve, esetleg vetőgéppel együtt is alkalmazható. A parcella-műtrágyaszóró gépből csak néhány példány készült.

16. Elasztikus forgó hengeres műtrágyaszóró gép (KUNSÁGI, 1988)

Martonvásáron a Mezőgazdasági Kutató Intézetben készült, vontatott parcella-műtrágyaszóró gép. A gép acél zártszelvény hordozó keretre épül fel. Vontatott kivitelű, járókerék hajtású. A műtrágya befogadására szolgáló tartály fedéllel ellátott, és a vázba süllyesztve nyert elhelyezést. A keretvázat a két járókerék hordozza, elől a vonórúddal kapcsolható az erőgépre. Szóró szerkezete elasztikus forgó hengerekből áll, amelyek egy-egy függőleges üveglappal érintkezve adagolják a műtrágyát oly módon, hogy a műtrágya szemcsék az adagolórésen való átfordulás alatt beleágyazódnak a hengerek palástjába. A műtrágya boltozódását egy vízszintesen forgó lapátokkal ellátott tengely akadályozza meg, melyet egy oldható tengelykapcsolón keresztül a baloldali járókerék hajt. A tengely felett tehermentesítő tartók találhatók. A szóró szerkezet hajtása járókerék-arányos, az adagnagyság változtatása a 9 fokozatú Norton-váltóval és a lánckerekek cseréjével történhet. A szóró szerkezet be- és kikapcsolására egy körmös kapcsolót építettek be, melyet a vezetőülésből az erőgép vezetője kezel. A géphez a leforgatási próbák elvégzésére leforgató vályú és hajtókar tartozik, melyeket üzemben kívül a gépen helyeztek el. Az elkészült parcella-műtrágyaszóró gépet jelenleg is használják Martonvásáron a Mezőgazdasági Kutató Intézetben.

Érdekes műszaki megoldású folyamatosan szóró berendezés melyből csak egy darab készült.

17. Hagyományos műtrágyaszóró gépek parcella műtrágyázási feladatokra.

Természetesen bizonyos esetekben, ha minden parcellára egyforma adag-mennyiséget kell kijuttatni, és ha a parcellák kitűzése még nem történt meg, alpműtrágyázásra használatosak, a termelésben használt műtrágyaszórók. Közülük *HOFMANN - KARG, 1984* a pneumatikus műtrágyaszórókat ajánlja.

2.5. Parcella-műtrágyaszóró gépek vizsgálata

2.5.1. A munkaminőségi vizsgálatok menete és a fő jellemzők számításának összefüggései

Napjainkban az Európai Unióhoz történő integrálódás hatásaként egyre szigorúbb környezetvédelmi előírásoknak kell megfelelni a termelőknek (*PECZE et al., 2001*).

A mezőgazdasági termelésben, ahol – lévén hogy közvetlenül vagy közvetve emberi fogyasztásra kerülő termékeket állítanak elő – különleges hangsúlyt kap az egészséges élelmiszer előállítás (*MESTERHÁZI et al., 2001; PÁLMAI, 2003*). Másrészt a jóvedelmezőség is lényeges, ugyanis a növénytermesztésben a legnagyobb ráfordítást a szaporítóanyag, a műtrágyák és a növényvédő szerek jelentik (*MESTERHÁZI et al., 2001*).

A költség és energiatakarékos, ugyanakkor környezetkímélő termesztés feltétele, hogy a tápanyagokat a növények igényeinek megfelelő időben és mennyiségben, egyenletes eloszlásban juttassuk ki (*CSIZMAZIA, 1993; OLIESLAGERS et al., 1996*). A fent megfogalmazott feltételek a berendezések pontos vizsgálatait igénylik. Egyetértek *ANCZA 2003/b; ANCZA et al., 2004* azon véleményével, miszerint a környezetünk védelme és a költséghatékonyság miatt a munkaminőségi vizsgálatok jelentősége vitathatatlan

A szilárd műtrágyaszóró gépek vizsgálatának menetét nemzetközi szabványok (*ISO 5690/1, 1985 ; ISO 5690/2, 1984*), valamint a magyar szabvány (*MSZ-05-10.0283, 1992*) is tartalmazza. A Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet házi szabványa is ismerteti a gépvizsgálatok menetét (*DEMES, 1973*).

A szabványos vizsgálatok menete és a fő jellemzők számítása CSIZMAZIA, 1999; CSIZMAZIA, 2000/a; CSIZMAZIA, 2003 szerint:

1. A tömegáram és az adagolás-egyenlőtlenség meghatározása

A gép tömegáramát álló helyzetben, leforgási próbával határozzák meg. A felfogott műtrágyamennyiséget 0,01 kg pontossággal megméri. A különböző adagolóállásnál elvégzett mérés lehetőséget nyújt a gyári beállító táblázattal való összehasonlításra, illetve a gép munkaszélessége, valamint haladási sebessége figyelembe vételével adagtáblázat készíthető. A mért és a számított értékek segítségével, az alábbi összefüggéssel meghatározható a gép adagolás-egyenlőtlensége (e):

$$e = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\text{átlag}}} \cdot 100 \%$$

ahol:

$q_{\max}$ – a háromszori ismételés során, azonos adagolóállásnál felfogott legnagyobb műtrágyamennyiség,

$q_{\min}$ – a háromszori ismételés során, azonos adagolóállásnál felfogott legkisebb műtrágyamennyiség,

$q_{\text{átlag}}$ – a háromszori ismételés során, azonos adagolóállásnál felfogott műtrágyamennyiség átlaga.

Az adagolás-egyenlőtlenség (e) megengedett értéke 5 %.

2. A keresztirányú szórás-egyenlőtlenség meghatározása.

A műtrágyaszóró gép keresztirányú szórás-egyenlőtlenségét három érték jellemzi, a közepes eltérés, a variációs tényező és a legnagyobb eltérés. A jellemzők meghatározásához a műtrágyaszóró gép üzemi állapotának megfelelő beállítás mellett mérőtálca sor fölött halad át. A gép haladási irányára merőlegesen, a várható teljes szórásszélességben, szorosan egymás mellé elhelyezett mérőtálcák 500x500 mm méretűek. A műtrágya kipattogását 50x50 mm osztású pattogás gátló rács akadályozza meg. A mérőtálca sor felett a műtrágyaszóró gépnek legalább háromszor kell áthaladnia. A mérődobozokban összegyűlt műtrágya mennyiségeket 0,1 g pontossággal megméri. Az egy mérőhelyen, a három mérés során felfogott műtrágya mennyiség átlaga (x_i) képezi a keresztirányú szórás-egyenlőtlenség meghatározásának az alapját.

A keresztirányú szórás-egyenlőtlenség meghatározására alkalmazott összefüggések:

Közepes eltérés (e_k)

$$e_k = \frac{100}{\bar{x}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \%$$

ahol:

x_i -a háromszori ismételés során egy mérőhelyen felfogott műtrágya mennyiségek átlaga,

$\bar{x}$ -a háromszori ismételés során az összes mérőhelyen felfogott műtrágya mennyiségek átlaga,

n -a mérőhelyek száma

Az e_k megengedett értéke 10 %.

Variációs tényező (CV)

$$CV = \frac{100}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} [\%]$$

A CV megengedett értéke 15 %.

Legnagyobb eltérés ($e_{\max/\min}$):

$$e_{\max} = \frac{100}{\bar{x}} (x_{i\max} - \bar{x}) [\%] \quad \text{illetve} \quad e_{\min} = \frac{100}{\bar{x}} (\bar{x} - x_{i\min}) [\%]$$

A legnagyobb eltérés ($e_{\max/\min}$) megengedett értéke ± 20 %.

3. A műtrágyaszóró gépek hosszirányú szórás-egyenlőtlenségének meghatározása:

A műtrágyaszóró gépek hosszirányú szórás-egyenlőtlenségének meghatározásához a mérőtálcákat a haladási iránnyal párhuzamosan, három sorban helyezik a talajra. Egy sor a gép középvonalában, egy-egy sor a szórásképek oldalak középvonalában helyezkedik el. Az üzemi körülményeknek megfelelően beállított műtrágyaszóró géppel, egyenletes sebességgel, legalább háromszoros ismételéssel haladnak át a mérőtálcák felett. Az egy mérőhelyen, a háromszoros ismételés során felfogott műtrágyamennyiségek átlaga képezi az alapját a hosszirányú szórás-egyenlőtlenség

kiszámításának. A meghatározandó jellemzők és a kiértékelés módja megegyezik a keresztirányú szórás egyenlőtlenség meghatározásánál leírtakkal.

Hazánkban a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar Géptani Tanszékén vannak meg a munkaminőségi vizsgálatokhoz szükséges tárgyi feltételek (CSIZMAZIA, 1993; CSIZMAZIA, 1997; ANCZA, 2002/b; ANCZA 2003/a).

A műtrágyák minőségére, a kezelés, üzemeltetés fontosságára a kezdetektől számos kutató irányította rá a figyelmet (LUERS, 1975; ANCZA – CSIZMAZIA, 2002/a; GINDERT, 2003/a; GINDERT 2003/b).

Már RÜHLE, 1977 értékelte a teljes szélességben szóró és a pneumatikus műtrágyaszórókat. Véleménye szerint az erre a gépekre megengedhető legnagyobb szórás egyenlőtlenség értéke 10-15%.

DEMES – CSIZMAZIA, 1990/a véleménye szerint a N műtrágyát kis mennyiségben fejtrágyaként szóró gépek megítélésénél kedvező, ha a kiszórt műtrágya keresztirányú szórás egyenlőtlensége 10%-nál kisebb.

ROUSSELET - MEGNIEN, 1996 osztályozva a műtrágyaszóró gépeket 4 kategóriát állított fel:

CV = 10 %-ig	nagyon jó
10 % < CV < 15 %	elégéses
15 % < CV < 20 %	rossz
CV > 20 %	nagyon rossz

CSIZMAZIA, 1984; ROUSSELET - MEGNIEN, 1996 véleménye szerint három tényező játszik szerepet a jó minőségű kijuttatásban: a műtrágya minősége, a műtrágyaszóró gép konstrukciós jellemzői és a gép szakszerű beállítása, üzemeltetése. Véleménye szerint a tudósoknak ki kell kényszerítenie a gyártóktól, hogy jó homogenitású műtrágyát gyártsanak és a felhasználóktól, hogy szórjanak.

CSIZMAZIA, 1998 ; CSIZMAZIA, 2000/a véleménye szerint a műtrágyaszórás minőségét jelentősen ronthatják a környezeti tényezők. A rosszul megmunkált,

egyenetlen talajfelszín olyan géplengést, rázkódást okoz, amely befolyásolja a tömegáramot és rontja a gép hossz- és keresztirányú szórás-egyenletességét. A megengedettnél nagyobb szél torzítja a szórásképet, ezért nem célszerű 3 m/s-nál nagyobb szélességnél műtrágyát szórni. Erősen párás, nedves idő esetén a műtrágya – nedvszívó képessége miatt – összetapadhat és ronthatja a gép munkaminőségét.

2.5.2. A kísérletekhez használt műtrágyák fizikai tulajdonságai

A szemcsés anyagok legfontosabb fizikai jellemzőinek (méret, alak, sűrűség) ismerete alapvető fontosságú a mezőgazdasági gépek tervezése során (*MOHSENIN, 1968; SITKEI, 1981; HOFSTEE – HUISMAN, 1990; HOFSTEE, 1992; POLYÁK, 2002*).

Fontosnak tartottam, hogy összehasonlítsam a kísérletekhez használt műtrágyák néhány alapvető, a vizsgálatok szempontjából fontos fizikai tulajdonságát. A Debreceni Egyetem ATC MTK Géptani Tanszék laboratóriumában több műtrágya fizikai jellemzőinek vizsgálata történt. Kettőszázötven darab szemcse véletlen kiválasztásával vizsgálta (*GINDERT et al., 2002/a; GINDERT 2002/b; GINDERT et al., 2004*) a szemcsék méretét és a belőle számított gömbalakúságot, a szemcsék tömegét és a sűrűségét. Eredményeit felhasználva 4 olyan műtrágyát választottam kísérleteimhez, amelyek fizikai tulajdonságai viszonylag változatosak.

2.5.2.1. A műtrágyaszemcsék mérete és alakja

A szemcsés anyagok méretének meghatározásához kevésbé igényes vizsgálatok esetén szita analízist alkalmaznak (*KECK - GOSS, 1965; HOFFMEISTER, 1979*), esetenként ezt csak a pontos mérést megelőző csoportba soroláshoz használják (*GORIAL – O'CALLAGHAN, 1990*).

A szabálytalan testek alakját, három egymásra merőleges tengely méretével az esetek 93%-ában meg lehet határozni (*MOHSENIN, 1968*), ezért ez a leggyakrabban alkalmazott módszer (*SITKEI, 1981; DUTTA et al., 1988; NEMÉNYI, 1993; SINGH – GOSWAMI, 1996; POLYÁK, 2001*). Legtöbb esetben a szabálytalan alak hosszúságát, szélességét, vastagságát mérik 0,01 mm pontossággal (*VISVANATHAM et al., 1996*;

SUTHAR – DAS, 1996; NIMKAR – CHATTOPADHYAY, 2001), azonban előfordul 0,001 mm pontosságú méret-meghatározás is (OLAOYE, 2000).

GINDERT *et al.*, 2004 a három egymásra merőleges méret kiválasztásához digitális tolómérőt használt. A tolómérő mérési pontossága 0,01 mm A mérési eredmények alapján a következő értékek számíthatóak:

$$\text{átlagos szemcseméret: } d = (d_1 + d_2 + d_3)/3$$

$$\text{gömbalakúság : (SITKEI, 1981)} \quad g_a = \frac{(d_1 \cdot d_2 \cdot d_3)^{1/3}}{d_1}$$

ahol d_1 a legnagyobb méret

1. táblázat

Műtrágyák geometriai méretei (GINDERT *et al.*, 2004 nyomán)

Műtrágyák	NPK 15-15-15	Linzisó	Kálisó	Ammónium nitrát
Átlagos szemcseméret d [mm]	$4,0 \pm 0,5$	$4,2 \pm 0,6$	$3,8 \pm 0,6$	$3,1 \pm 0,7$
Gömb alakúság g_a	$0,91 \pm 0,06$	$0,90 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,07$	$0,92 \pm 0,04$

A műtrágya szemcsék méretében jelentősek a különbségek. Legnagyobb méretűek a linzisó szemcsék, átlagosan 4,2 mm-esek. Legkisebbek az ammóniumnitrát szemcsék, átlagos méretük 3,1 mm. A szemcsék alakjában is jelentősek a különbségek.

A gömbalakot leginkább közelítik az ammóniumnitrát szemcsék $g_a = 0,92 \pm 0,04$.

A gömbalaktól legjobban a kálisó töredezett granulátuma tér el $g_a = 0,78 \pm 0,07$.

2.5.2.2. A műtrágyaszemcsék tömege és sűrűsége

Amennyiben a vetőmagvak vagy műtrágyaszemcsék tömegéről pontos képet kívánunk kapni, akkor azokat egyenként kell lemérni. Elektronikus mérleggel, 0,001 g pontossággal mérték meg a magvak tömegét (JOSHI *et al.*, 1993; CARMAN, 1996; GUPTA *et al.*, 1992; OLAJIDE *et al.*, 2000).

POLYÁK, 2000; CSIZMAZIA, 2000/b véleménye szerint ez a pontosság nem elegendő, célszerű a szemcsék tömegét 0,0001 g pontossággal meghatározni. Ezt támasztja alá GRIFT - HOFSTEE, 1997 aki hasonló pontosságot alkalmazott vizsgálatakor.

A magvak és szemcsék sűrűségének méréséhez piknométer alkalmazható (MOHSENIN, 1968). Folyadékos piknométerrel mérte meg a magvak sűrűségét (JOSHI et al., 1993; SINGH – GOSWAMI, 1996), száraz piknométeres módszert alkalmazott (GORIAL, 1990; GUPTA - DAS, 1997). A műtrágyák sűrűségének mérésére HOFFMEISTER, 1979 higanyos műszert fejlesztett, amely POLYÁK, 2001 szerint a higany térfogatkitöltő képessége miatt nem elegendő pontosságú.

A kiválasztott négy műtrágya tömege és sűrűsége GINDERT et al., 2004 mérési eredményei alapján:

- A tömeg mérésére analitikus mérleget használt, melynek pontossága 0,0001 g. Megállapítható, hogy a műtrágyaszemcsék tömegében igen jelentősek a különbségek (2. táblázat).

Legnagyobb tömegűek a linzisó szemcsék $67,6 \pm 28,6$ mg, míg legkisebbek az ammóniumnitrát szemcsék $28,1 \pm 16,2$ mg.

- A sűrűség (ρ) meghatározása 10 cm^3 -es piknométerrel történt, műtrágya típusonként 3×4 g minta felhasználásával.

Sűrűség tekintetében is vannak eltérések a négy minta között. A legnagyobb sűrűségű műtrágya (kálisó) és a legkisebb sűrűségű (ammóniumnitrát) között az eltérés átlagosan 122%.

2. táblázat

Műtrágyák tömege és sűrűsége (GINDERT et al., 2004 nyomán)

Műtrágyák	NPK 15-15-15	Linzisó	Kálisó	Ammónium nitrát
Tömeg [mg]	$62,6 \pm 22,1$	$67,6 \pm 28,6$	$45,7 \pm 17,3$	$28,2 \pm 16,2$
Sűrűség [kg/m^3]	1860 ± 160	1720 ± 140	2010 ± 250	1640 ± 100

Megállapítható, hogy a 4 kiválasztott műtrágyatípus alapvető, a szórást befolyásoló fizikai tulajdonságai (méret, gömbalakúság, szemcsetömeg, sűrűség) jelentősen

különböznek egymástól. Ezért véleményem szerint használatukkal a részegységek és a kísérleti műtrágyaszóró gép is átfogóan vizsgálható.

2.5.3. Vizsgálópadok összehasonlító elemzése

Munkaminőségi vizsgálatokhoz kisparcellás műtrágyaszóró gépek esetén nem felel meg az 500x500 mm-es méretű mérőtálca, melyeket a termelésben használt gépeknél a szabvány előír. A parcellagépek mérete sokkal kisebb, munkaszélességük átlagosan 1,5 m, pontosságuk sokkal nagyobb annál, hogy értékelhető legyen a vizsgálat eredménye a nagy méretű tálcákkal.

OYJORD, 1984 100x100 mm-es tálcaméreteket javasolt, 10 sorban és 20 oszlopban, összesen 200 tálcát. Természetesen a kisebb méretű tálcákkal végzett mérésekből számított munkaminőségi jellemzők nem hasonlíthatóak össze számszerűleg a nagy tálcákkal végzett mérések eredményeivel. OYJORD, 1984 vetőmagokkal végzett összehasonlító vizsgálatokat 3 féle szétosztó szerkezettel. Öt különböző tálcaméretű vizsgálópadot állított össze, 100x100 mm; 200x200 mm; 300x300 mm; 400x400 mm; 500x500 mm vizsgálótálca mérettel. Mind az öt esetben szórás egyenlőtlenségi vizsgálatokat végzett. Oyjord vizsgálatának összesített eredményeit a **3. táblázat** tartalmazza.

3. táblázat

Különböző tálcaméretekkel végzett szórás egyenlőtlenségi vizsgálatok összehasonlítása (OYJORD, 1984 nyomán)

Műtrágya szórók	Mérőtálcák területe				
	10x10cm	20x20cm	30x30cm	40x40cm	50x50cm
Kanadai kúpos-szalagos szóró szerkezetű	CV=37,8%	CV=23,3%	CV=15,9%	CV=9,9%	CV=4,9%
Kúpos-szalagos szóró szerkezetű	CV=37,2%	CV=28,9%	CV=24,5%	CV=21,6%	CV=19,5%
Kúpos-cellás szóró szerkezetű	CV=34,1%	CV=26,4%	CV=22,9%	CV=14,9%	CV=14,4%

A schematic diagram of a mechanical assembly. It features a large, curved base component. On the left, there is a circular part with a central dot labeled 'A' and an outer ring labeled 'B'. To the right of 'B' is a small rectangular block labeled 'E'. Further right is a large, irregularly shaped component labeled 'D'. Below 'D' is a horizontal bar labeled 'C'. To the right of 'D' is a small, curved component labeled 'G'. Below 'G' is a circular part with a central dot labeled 'F'. To the right of 'F' is a large circular part with a shaded center labeled 'H'.

FOWLER, 1988/b „V” alakú bordázott lemezt készített, amelyet parcella-műtrágyaszóró és vetőgépek vizsgálatához ajánlott. A borda osztása 45 mm. Keresztirányban 19 bordából áll a berendezés, így a munkaszélesség $19 \times 45 \text{ mm} = 855 \text{ mm}$ lehet maximálisan. Hosszirányban 4 cellasort helyezett el a vizsgálópadon, ezért véleményem szerint hosszirányú szórás egyenletesség mérésére nem alkalmas a berendezés.

BETZWAR, 1992 szórás egyenletesség vizsgáló berendezést ajánl, melyet a Wintersteiger cég használ parcellavetőgépek és parcella-műtrágyaszóró gépek vizsgálatára. A berendezés rövid leírása: egy 6 méter hosszú, 10 cm széles szalag szimulál egy 6 méter hosszú sort a parcellán, mely fehér felületű, hogy jól látszanak a szemcsék. Hosszanti irányban olajfilmmel bevont a szalag, hogy tartsa és rögzítse a magokat, vagy szemcséket. A szalag végén van egy leszedő berendezés, ami a szemcsék és szennyeződések eltávolítására szolgál. A heveder elektromos motorral hajtott egy 60 fokozatú sebességváltón keresztül. A szalag sebessége 0,5 km/h és 20 km/h között változtatható. A hevedert egy keretszerkezetre szerelték fel. A vizsgált berendezést a szalag elejére helyezik a kerethez erősítve. A berendezéssel a hosszirányú szórás egyenletesség jól vizsgálható soronként. Az egyenletes szalagsebesség garantált. Véleményem szerint műtrágya kijuttatása esetén a kapott eredmények csak korlátozottan használhatóak fel, inkább csak tájékoztató jellegűek, mert a műtrágya szemcseeloszlásáról megbízható eredményt csak tömeg-méréssel szerezhetünk. A műtrágya szemcse szerkezete ugyanis a vetőmagoknál sokkal inhomogénebb.

Összességében véleményem szerint a legmegbízhatóbb eredményeket a mérőtálcákkal végzett munkaminőségi vizsgálatok adják. A termelésben használt műtrágyaszóró gépek vizsgálatához nem véletlenül minden vezető gépgyártó ezt használja (pl. SULKY, BOGBALLE, AMAZON, RAUCH, vagy a magyar TORNADO stb.). A kisparcellás műtrágyaszóró gépek eltérő kialakítása és mérete miatt különleges vizsgálópád kialakításokkal próbálkoztak a fejlesztő mérnökök. Ezek a mérési módszerek nem váltak általánossá, így a különböző mérések összehasonlítása nagyon nehezen lehetséges. Munkaminőségi vizsgálataimhoz én mérőtálcákból kialakított mérőpadot választottam.

2.5.4. Az osztókúp vizsgálata

FLEMING, 1984 az osztókúp dőlésének hatását a szétosztás egyenlőtlenségére vetőmagokkal vizsgálta. A szerző megállapította, hogy ha a henger nincs vízszintesen, akkor a dőlés felé gurulnak a szemcsék, ami azt eredményezi, hogy a kúp egyik oldalán nagyobb, másik oldalán kisebb lesz a szemcse koncentráció. 3 magtípus esetén történt a vizsgálat (árpa, búza, repce). A kivetett mennyiség árpa esetén 1000 g/parcella = 188 kg/ha; búza esetén 1250 g/parcella = 235 kg/ha; és olajos magvak esetén 200 g/parcella

= 38 kg/ha. A szerző szerint repce esetében ez a magmennyiség túl sok, de kevesebbet a lamellák kialakítása miatt nem tudott vizsgálni. A gépet 37 m-es parcellahosszra állította be. A szerző először az adagolót a haladási iránnyal merőlegesen vízszintbe állította. A haladás irányában pedig az etetőt döntötte 0°, 4°, és 8°-ban. Az osztókúpon a magvakat minden 3 lamellán összegyűjtötte és pontosan lemérte. 48 lamella volt a kúpon, az első hármat mindkét oldalon a kivezető nyílásnál nem vette figyelembe, mert ezek beszámítása nem volt reprezentatív (nem adott volna valós eredményt), ugyanis a magvak egy része itt kifolyik a kivezető nyílásnál. A megmaradt magvakat a 42 lamellából 3 lamellánként összegyűjtötte. A vizsgálat eredményeit a **4. táblázat** tartalmazza.

4. táblázat

Fleming vizsgálati eredménye az osztókúp vízszinteltérésének hatásai a szétosztás egyenetlenségére (FLEMING, 1984 nyomán)

VIZSGÁLT MAGTÍPUS	Az osztókúp vízszintessel bezárt szöge (fok)	A lemezeken összegyűjtött mag tömege (gramm)	Variációs tényező CV (%)
Árpa	4°	50 – 82	16,7
	8°	38 – 102	31,6
Búza	4°	62 – 98	15,5
	8°	42 – 126	34,5
Repce	4°	10 – 15,4	12,7
	8°	7,8 – 18,2	27,6

FLEMING, 1984 megállapításai. Egyenlőtlen magszétosztás az adagoló hengeren, egyenlőtlen mageloszlást eredményez a parcellán. Súlyosbítja a helyzetet, ha lejtős terepen történik a vetés. A búza és árpa azonosan viselkedett. Olajos repcemagnak alacsonyabb volt a variációs tényezője, mert a mag kicsi és jól gördül.

BETZWAR, 1992 is vizsgálta az osztókúp vízszintességének és a szétosztás egyenetlenségének kapcsolatát. 3 fajta kiosztó szerkezettel végzett méréseket.

- Oyjord kúpos-cellás kiosztó rotációs szétosztóval.
- Kúpos-szalagos kiosztó rotációs szétosztóval.
- Kúpos-szalagos kiosztó rotációs szétosztó nélkül.

Szerinte mindegyik típus kiosztását nagyon befolyásolta az osztókúp vízszintessége. Vizsgálatai szerint, ha a vízszintestől való eltérés a 3 %-ot meghaladta, akkor okozott a

kiosztásban eltérést. Szükséges, hogy amilyen gyorsan csak lehet, kiürüljön a betöltő garat. Ezért az előkúpnak, amely a fő szétosztó kúp felett helyezkedik el, szükséges hogy a mérete olyan legyen, ami segíti a gyors kiürülést. Végül a szétosztás szempontjából lényeges a főkúp átmérője és alakja, amit kísérletileg lehet meghatározni.

BETZWAR, 1987 az osztókúp geometriai méreteinek hatását vizsgálta a szétosztás egyenletességére kúpos-szalagos kiosztó és Oyjord-féle cellás-kúpos kiosztó esetén. Mérései alapján a következő megállapításokat tette:

1. Kúpos-szalagos kiosztó esetén a legpontosabb kiosztás akkor várható, ha a kúp és a szalag között a szemcsék magassága nem több 15-20 mm-nél. Ez átlagos szórásmennyiség esetén kb. 4 m hosszúságú parcellára elegendő. A probléma megoldására a gyártók különböző méretű kúpos-szalagos kiosztókat kínálnak. Osztókúp átmérők a Hege cég kínálatában: $\varnothing$ 120 mm; $\varnothing$ 195 mm. A Wintersteiger cég által forgalmazott osztókúpok méretei: $\varnothing$ 180 mm; $\varnothing$ 290 mm.
2. Oyjord kúpos-cellás kiosztó esetén a legegyszerűsebb a vetés, ha a kúp mellett lévő szemcse halom magassága nem több 10 mm-nél. Nagyobb méretű kúp esetén ez kb. $0,7 \text{ dm}^3$ térfogatot jelent. Ami átlagos vetésmennyiség esetén 16,5 m hosszú parcellákra elegendő. Kis átmérőjű kúp esetén $0,55 \text{ dm}^3$ térfogat az optimális, ami átlag 7 m hosszú parcellákhoz használható jól.

ZHIZHONG et al., 1994 az osztókúp és az adagolóhenger excentricitásának következményeit tanulmányozta. A szerző szerint az excentricitás fontos tényező, amely kúpos rendszerű kiosztóknál növeli a szórás egyenlőtlenségét. A betöltő tölcsernek és a hozzá kapcsolódó henger középvonalának pontosan egybe kell esnie az osztókúp középvonalával. Csak így garantálható az egyenletes szemcse szétosztás. Ellenkező esetben a szemcsék féloldalasán haladnak végig az osztókúpon.

PEI et al., 1994 az adagoló henger átmérőjének és a vetőmagvak átjutási idejének kapcsolatát vizsgálta. A kutatók szerint kisebb henger átmérőben magasabban állnak a magvak, ezért ha a hengert felemeljük, hosszabb ideig tart a garat és az etetőhenger ürülése, ami rontja a kijuttatás egyenletességét. A szerzők vetőmagvakkal 3 különböző átmérőjű adagoló hengert vizsgáltak: $\varnothing$ 30 mm; $\varnothing$ 45 mm; $\varnothing$ 55 mm. Méréseik alapján

megállapították, hogy egyrészt minél nagyobb a mag geometriai mérete annál nagyobb hengerátmérő szükséges, másrészt optimális a nagyobb méretű henger a garat gyors ürülése szempontjából.

A kiosztó tányér sebességét vizsgálta Oyjord-féle kúpos-cellás kiosztónál (*PEI et al., 1994*). A szerzők szerint a kiosztó tányér sebessége lényegesen befolyásolja a szétosztás egyenletességét, ezért tesztelték a tányért 4 féle kerületi sebességgel: $v_1 = 0,09$ m/s; $v_2 = 0,14$ m/s; $v_3 = 0,25$ m/s; $v_4 = 0,35$ m/s. A kutatók szerint $v = 0,14$ m/sec-ig a tányér sebessége lényegesen nem befolyásolta a szétosztás egyenetlenségét. Ennél nagyobb kerületi sebesség esetén a szétosztás egyenetlensége rohamosan romlott.

2.5.5. A rotációs szétosztó vizsgálata

A rotációs szétosztó optimális fordulatszámának meghatározása szükséges az egyenletes kijuttatás biztosításához.

HEGE, 1984 szerint az egyenletes vetőmag vagy műtrágya kijuttatáshoz a rotációs szétosztónak állandó fordulatszámmal kell forognia.

BETZWAR, 1987 tapasztalatai szerint egyrészt mindegyik fejlesztő mérnök megegyezik abban, hogy a rotációs szétosztó lapátjainak nagyobb kerület sebessége egyenletesebbé teszi a kijuttatást. Ugyanakkor nem engedhető meg a műtrágya sérülése, amikor a lapátokhoz ütődik, vagy az állórész falához csapódik. A szemcsék sérüléséről csak tapasztalati úton tudunk meggyőződni. Kísérletileg szükséges meghatározni azt a sebességet, ahol a rotációs szétosztó még gyengéden bánik a műtrágyaszemcsékkel a lehető legnagyobb fordulatszámon.

BETZWAR, 1992 vetőmagokkal tanulmányozta a rotációs szétosztót. A vizsgálat 10 soros fejvel ellátott rotációs szétosztóval történt. A 10 kivezető cső alá egy-egy felfogó edényt téve megszámolta a szétosztott magvakat. A magszám 489-511 közé esett, az adagolás egyenlőtlensége: $CV=4,4$ %. Több vizsgálat után azt tapasztalta, ha az adagmennyiség kisebb, az egyenetlenség nő. Különböző méretű vetőmagvak szétosztási egyenlőtlenségét összehasonlítva megállapította, hogy a mag geometriai méretének növekedésével nő a szétosztás egyenlőtlensége.

ZHIZHONG et al., 1994 szerint elméletileg minél jobban növeljük a rotációs szétosztó fordulatszámát, annál egyenletesebb lesz a szétválasztás, mert a pulzálás frekvenciáját növeljük, és csökkentjük a hullám hosszát. Így végtelen fordulatszámhoz közeledve lenne a pulzálás frekvenciája a legkisebb. A gyakorlati tapasztalatok és a vizsgálatok szerint azonban ez nem így van.

ZHIZHONG et al., 1994 vetőmagvakkal végzett kísérlete alapján, a forgó szétosztó optimális fordulatszáma 800 ± 25 l/min. Rendszerint 4 km/h sebességgel használva a műtrágyaszórót a szórás egyenetlenség frekvenciája 133 1/sec, hullámhossza 0,092 m.

2.5.6. Munkaminőségi vizsgálatok

Az egyenlőtlen műtrágya kiszórás csökkenti a meglévő hatóanyag hasznosulását, gátolja a növény egyenletes fejlődését és rontja a termények minőségét és terheli a környezetet (*CSIZMAZIA, 1983*). A kutatók ezeket a tényeket már évtizedekkel ezelőtt felismerték, és széleskörű vizsgálatokat végeztek a szórás egyenetlenség termés-csökkentő hatásának megállapításához.

RÜHLE, 1976 szerint minden vizsgálat eredménye megegyezik abban, hogy a nitrogén hatóanyagú műtrágyák kijuttatásánál a legfontosabb az egyenletesség.

SAIDL, 1977 vizsgálatainak eredményei gabona esetén: a 20%-os egyenetlenséggel kiszórt N műtrágya 5%, a 40%-os szórás egyenetlenséggel kiszórt 10%-os termés-csökkenést okozott az egyenletesen kiszórthoz képest.

SCHÜNKE, 1978 30%-os szórás egyenetlenségnél 2-3%-os termés-csökkentő hatást mért.

DEMES – CSIZMAZIA, 1990/a; DEMES – CSIZMAZIA, 1990/b véleménye szerint az egyenlőtlen kiszórás mértékétől függő termés-csökkenés értékére az irodalom gyakran egymástól eltérő adatokat közöl, hatását azonban nem vitatják. Az adatok összevetése alapján legkevesebb 2-3%-ra tehető az a veszteség, amit országosan az egyenlőtlen műtrágyakijuttatás okoz. A különféle hatóanyagú műtrágyák közül különösen a N-műtrágya alul- vagy túladagolása hat kedvezőtlenül a termés-eredményekre.

CSIZMAZIA, 1989; CSIZMAZIA - DEMES, 1991 megállapítja, hogy az egyenlőtlen műtrágya kijuttatásnak a terméseredmény csökkenésén túl még számos negatív hatásával kell számolni. Romlik a termés minősége, talaj és környezetkárosító hatások is jelentkeznek.

A műtrágyák egyenetlen kijuttatásának terméseredményre gyakorolt hatását a későbbiekben is vizsgálták a kutatók. Eredményeik általában igazolták a korábbi megállapításokat.

BETZWAR, 1987 a munkaminőségi vizsgálatokat 3 részre bontotta:

- a parcella elejének vizsgálata,
- a parcella fő részének vizsgálata,
- a parcella befejező szakaszának vizsgálata.

A szerző a parcella elejének és befejező szakaszának elemzését tartja döntő fontosságúnak. A parcellánként különböző műtrágyamennyiséget szóró szerkezetek közül az Oyjord típusú kúpos-lamellás kiosztónak és a kúpos-szalagos kiosztónak is a szerkezeti kialakításukból eredő hibája a parcella elejének és végének torzult szórásképe. A jelenség magyarázatának ismertetését lásd a 2.3.2.1. alfejezetben. A szerző 2 különböző méretű Wintersteiger gyártmányú kúpot vetőmagvakkal vizsgálta. Kúp átmérők: 290 mm és 180 mm. Vizsgálati eredményei és következtetései:

1. *Oyjord-típusú kúpos-cellás kiosztóval szerelt parcellagép esetén:*

Parcellahossz: 12...16 m, adagmennyiség: 0,3 dm³/parcella

Nagy méretű kúp esetén a CV= 4,1 %, míg kis méretű kúp esetén CV=6,25 % volt.

2. *Kúpos-szalagos kiosztóval szerelt parcellagép esetén:*

Parcellahossz: 12...16 m, adagmennyiség: 0,3 dm³/parcella CV= 8,4 %,

Parcellahossz: 4 m, adagmennyiség: 0,1 dm³/parcella CV=5,5 %.

BETZWAR, 1987 szerint az Oyjord típusú kúpos-cellás kiosztó a parcella elején és végén kevesebb szemcsét szór az átlagosnál. A kúpos-szalagos kiosztó a parcella kezdetén és befejezésekor viszont több műtrágyát juttat ki az átlagosnál. A szerző a parcella végeknél jelentkező torzító hatás miatt rövidebb parcellákra inkább kúpos-szalagos szétosztót ajánlott, míg hosszabb parcellák esetén az Oyjord típusú kúpos szétosztó használatát tartja kedvezőnek egészen 20 m-es parcella hosszig. Ha a szétosztó kúp átmérőjét csökkentjük ez a torzító hatás még fokozottabban jelentkezik

mindkét kiosztó esetén. Nyilvánvalóan a parcellák mennyisége nincs hatással erre a torzító hatásra, viszont nagy parcellaszám esetén meglehetősen változó mértékű ez az effektus.

BETZWAR, 1992 szalagos rendszerű mérőberendezéssel, melyet a 2.5.3. fejezetben ismertettem újabb vizsgálatokat végzett a parcella elejének és végének környezetében, vetőmagvakkal.

1. *Megállapításai Oyjord típusú kúpos-cellás kiosztóval szerelt szóró gép esetén:*

A parcella elején az első 20 cm megtétele után a kiszórt magmennyiség másfélszeresére növekedett az átlagosan kijuttatott adagmennyiséghez képest, majd a parcella elejétől 50-60 cm-re fokozatosan csökkenve érte el a normális szintet. A parcella vége előtt 30-40 cm-el fokozatos csökkenés figyelhető meg a kijuttatott mennyiségben.

2. *Megállapításai kúpos-szalagos kiosztóval szerelt berendezés esetén:*

A parcella elején rögtön az átlagosan kiszórt mennyiség 150%-át juttatta ki a műtrágyaszóró gép. Átlagosan 30-40 cm megtétele után állt be a parcella egészére jellemző szórásmennyiség. A parcella vége előtt 30-40 cm-el fokozatos növekedés figyelhető meg a kiszórt mennyiségben, majd hirtelen lecsökkenve fejeződik be a szórás. *BETZWAR, 1992* véleménye szerint az eltérés az ideális szórásképtől a parcella elején és végén a következőktől függ:

- a betöltő garat ürítésének gyorsaságától,
- a nyílás geometriai alakjától, melyen az osztókúpról ürül a szem,
- a gép haladási sebességétől.

BRAIDE, 1992 keresztirányú szórásegyenlőtlenségi vizsgálatait 1,6 m munkaszélességű parcellaszóró berendezéssel - mely műtrágya szórására és szórva vetésre is alkalmas - vetőmagvakkal végezte. Az alkalmazott mérőtálcák magassága 60 mm, átmérője 40 mm. A haladási irányra merőlegesen 20 cm osztástávolságban rakott le 9 tálcát. Az egyes tálcák közötti eltérés -39 % és +49,8 % volt az átlagos kijuttatott mennyiséghez képest. A variációs tényező keresztirányban: $CV = 76 \%$.

A parcella kezdetének és végének keresztirányban torzult szórásképet, „flat-wedge” hatást elemezve *BETZWAR, 1987* a következő megállapításokat tette. A különböző

hosszúságú kijuttató csövek, melyek a rotációs kiosztótól talaj közelbe juttatják a szemcséket, nyilvánvalóan minden kúpos kiosztónál okoznak egy kis torzulást a szórás képben. Ez a hatás a parcella elején és végén keletkezik, melyet „flat-wedge” alaknak hívnak. A magyarázata ennek a jelenségnek, hogy a kijuttató csövek közepén kicsit rövidebbek, a szélek felé haladva pedig egyre hosszabbak. A parcella közepén lévő csövek ezért kicsit hamarabb kezdik a szemcsék kijuttatását, a parcella végén pedig hamarabb fejezik be. A szerző szerint a szemcsék a rotációs kiosztóból ferde magvezető csöveken jutnak a talajra, ezért a kivezető cső olyan meredek legyen, amennyire csak lehetséges, hogy a szemcsék amilyen gyorsan csak lehet, a talajra jussanak.

HOFMANN - KARG, 1984 parcellakísérletekhez használt pneumatikus műtrágyaszórók keresztirányú és hosszirányú szórás egyenlőtlenségeit hasonlította össze. A vizsgálatokat összetett műtrágyával végezte. A vizsgálati tálcák mérete: 500x500 mm volt. A szerzők mérési eredményeit az **5. táblázat** tartalmazza.

5. táblázat

Parcella kísérletekhez használt pneumatikus műtrágyaszóró gépek összehasonlító elemzése (*HOFMANN - KARG, 1984 nyomán*)

Műtrágya szórók	Keresztirányú szórás egyenlőtlenség		Hosszirányú szórás egyenlőtlenség	
	Adag: 200 – 300 kg/ha	Adag: 500 – 700 kg/ha	Adag: 200 – 300 kg/ha	Adag: 500 – 700 kg/ha
NODET Preciziosa DP	CV=6,8–11,7%	-	CV=13,1%	CV=6,2%
ACCORD Pneumatic	CV=10–18,3%	CV=5,9–12,7%	CV=10,1%	CV=5,5%
AMAZONE Jet 1200	CV=7,5–10,8%	CV=6,3–9,4%	CV=6%	CV=4,8%

Megállapítható, hogy 500x500 mm-es tálcákkal végzett mérések esetén a vizsgált pneumatikus műtrágyaszóró gépek szórás egyenlőtlensége keresztirányban CV=5,9-18,3%, hosszirányban CV=4,8-13,1%.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A gépfejlesztés és a vizsgálatok körülményeinek bemutatása

A tervezési, fejlesztési, kivitelezési munkák, a vizsgálatok és a mérések a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar Géptani Tanszékének Oktató - Kutató bázisán történtek 2002 és 2003 években.

3.1.1. A kísérletekhez használt műtrágyák ismertetése

Vizsgálataimhoz a következő műtrágyákat használtam fel:

- NPK 15-15-15 (Agrolinz Agrotechnikalien GmbH)
- Linzi só (mészammonsalétrom 27 % N, Agrolinz Melanin GmbH)
- Granulált kálisó (0-0-60 %, Tiszamenti Vegyiművek, Szolnok)
- Ammóniumnitrát (34 % N, Nitrogénművek Rt. Pétfürdő)

A mérésekhez használt különböző műtrágyák kiválasztásának szempontjai – a mechanikai mérések miatt - a műtrágyák fizikai tulajdonságai voltak. A célom az volt, hogy lehetőleg eltérő fizikai tulajdonságú műtrágyákkal történjenek a mérések, mert így a vizsgált berendezésről is átfogóbb képet nyerhetek.

A gépvizsgálatok előtt szitaanalízissel ellenőriztem a szemcsék legfontosabb geometriai méretének százalékos eloszlását. Mind a 4 műtrágyatípus esetén 500 gramm tömeget mértem, 3 különböző, egymástól független mintát véve. A 3 mérés számtani átlagának eredményeit a **6. táblázat** tartalmazza.

6. táblázat Szita analízis méréseredményei

SZEMCSE MÉRET	NPK 15-15-15		Linzi só		Kálisó		Ammónium nitrát	
	%	gramm	%	gramm	%	gramm	%	gramm
> 4 mm	35,3	176,6	64	320,3	5,38	26,9	0,16	0,8
2,5 – 4 mm	63,8	318,8	35,4	176,7	76,27	381,8	18,3	91,6
2 – 2,5 mm	0,72	3,6	0,4	2	10,9	54,6	36	180
1 – 2 mm	0,1	0,5	0,12	0,6	5,7	28,5	37	185,3
0,8 – 1 mm	0	-	0,02	0,1	0,7	3,5	5,36	26,8
< 0,8 mm	0	-	0	-	0,84	4,2	3	15,2
Összesen	100	499,5	100	499,7	100	499,5	100	499,7

A szita analízis és *GINDETT et al., 2004* kettőszázötven elemszámú mintájának méréseredményei – amelyet a 2.5.2. alfejezetben ismertettem - alapján megállapítható, hogy a kiválasztott négy műtrágya fizikai tulajdonságaiban reprezentatíván képviseli a kísérleteknél általánosan használt műtrágyákat. Gépesítési szempontból használatukkal a gépvizsgálatok biztonságosan elvégezhetők.

3.2. FIONA Probe Plot Fertiliser Drill/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép átalakítása és vizsgálata

A Debreceni Egyetem rendelkezik egy FIONA/1.5 kézzel tolható parcella-műtrágyaszóró géppel.

A berendezés főbb paraméterei:

A műtrágya szórógép 1,5 m munkaszélességű, tartály térfogat $34,9 \text{ dm}^3$. 12 db tolóhengeres szóró elemmel rendelkezik, melyekből a műtrágya szabadon esik a talajra. A tolóhengerek talajhajtásúak, 2db 20"-os gumikerékről kapják a hajtást, 1/4-es lassító áttételen keresztül. Mindkét talajhajtású gumikerék hajtja a tolóhengersort egy-egy egyirányú hajtást biztosító tengelykapcsolón át, ami egyrészt az esetleges kerékcsúszásokat, talajegyenlőtlenségeket egyenlíti ki, másrészt hátramenetnél megakadályozza a tolóhengerek visszafelé forgását. A hektáronként kiszórt műtrágyamennyiség a gép beállító táblázata szerint 60 fokozatban 58–940 kg/ha között állítható. A tolóhengeres adagoló szerkezet műanyagból készült.

A műtrágyaszóró gép használata során felmerült problémák:

- A hektáronként kiszórt műtrágya mennyiség függ a műtrágya fajtájától és ennél a géptípusnál erősen függ a tolóhengerek alatt lévő nyelv helyzetétől. Kérdésként felmerült, hogy mennyire megbízható a gép műtrágya adag beállító tolóhengere, az esetleges parcellák közötti műtrágya mennyiség változtatásakor?
- A berendezés változó sortávok estén soronkénti műtrágyázásra nem alkalmas.
- Kérdéses hogy a berendezés keresztirányban mennyire egyenletesen szór és lehet-e ezt javítani?
- A parcella-műtrágyaszóró gép csak kézzel tolható, mozgatása munkaigényes, fárasztó.

3.2.1. A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép átalakítása.

Első lépésként célom az volt, hogy a rendelkezésemre álló FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró átalakításával javítsak a gép szórás egyenlőtlenségén.

Átalakítások, fejlesztések a parcella-műtrágyaszóró gépen:

A berendezés vázszerkezetét átalakítva a 12 adagolóelemből hajlékony csöveken keresztül a műtrágyát talajközelsbe juttattam (**12. ábra, 13. ábra**). A hajlékony csövek végei a talajfelszíntől állítható magasságban és egy keresztlécen állítható osztással helyezkednek el. Ezzel a megoldással állítható sortávú sorműtrágyázásra tettem alkalmassá a gépet. Teljes felületű szórásnál a hajlékony csövek alá egy ferde állítható szögű és magasságú ütközőlemez helyezhető fel, mellyel keresztirányban az eddigieknél egyenletesebbé tehető a műtrágya kijuttatása (*HAGYMÁSSY, 2002*).



12. ábra. Az átalakított Fiona/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép



13. ábra. A műtrágya talajközelsbe juttatása

3.2.2. Az adagolás egyenlőtlenség vizsgálata

A gép tömegáramát álló helyzetben leforgatási próbával határoztam meg. Az adagolás egyenlőtlenségét a következő összefüggéssel számoltam ki (CSIZMAZIA, 2000).

$$e = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\text{átlag}}} 100\% \quad [1]$$

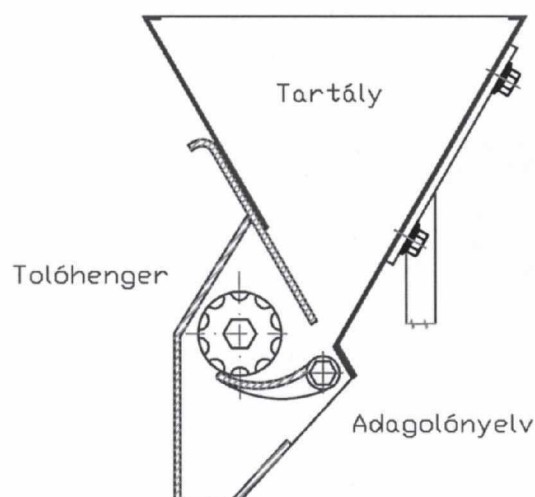
Ahol: $q_{\max}$ - a háromszori ismétlés során az egyes adagolási helyeken felfogott legnagyobb műtrágya mennyiség.

$q_{\min}$ - a háromszori ismétlés során az egyes adagolási helyeken felfogott legkisebb műtrágya mennyiség.

$q_{\text{átlag}}$ - a háromszori ismétlés során az egyes adagolási helyeken felfogott műtrágya mennyiség átlaga.

3.2.2.1. Adagolás egyenlőtlenség mérése különböző nyelvállásoknál

Tolóhengeres adagolószerkezeteknél az adagolóelem alatt elhelyezkedő nyelv helyzete befolyásolja a kijuttatott adagmennyiséget és az adagolás egyenlőtlenségét (**14. ábra**). A jelenség tanulmányozása céljából adagolás egyenlőtlenségi méréseket végeztem a műtrágyaszóró gépen beállítható 1-5 nyelvállások esetén, háromszoros ismétléssel. Az adagoló tolóhengert a 3. és a 15. számú adagolókar állásnál vizsgáltam. A gép beállító táblázata szerint a kijuttatott műtrágya mennyiség ekkor 90 kg/ha illetve 248 kg/ha.



14. ábra. A tolóhengeres adagolószerkezet vázlata

3.2.2.2. A gép beállító táblázatának ellenőrzése

NPK 15-15-15 összetett műtrágya esetén a méréseim szerint optimális 3-as nyelvéllásnál vizsgáltam a valóságosan kijuttatott műtrágya mennyiséget a gépen beállítható tolóhenger állásoknál. A műtrágyaszóró gépen 30 különböző adagolókar állással szabályozható a kijuttatott műtrágya mennyisége. A gép adagtáblázata szerint az ehhez tartozó elméletileg kijuttatott adagmennyiség 68 kg/ha - 470 kg/ha.

3.2.3. A keresztirányú szórás egyenlőtlenség meghatározása

A mérésekhez készítettem egy 190 mérőtálcából álló vizsgálópadot. Keresztirányban 19 oszlopon, hosszirányban 10 mérőtálcá soron végezhetők egyszerre a vizsgálatok. A mérőtálcák mérete 75 x 225 mm. Az általam használt mérőtálcák keresztirányú mérete csak 75 mm, ezért keresztirányban igen pontos mérést tesz lehetővé a mérőpad, egyszersmind a kapott eredmények a finomabb osztás miatt nagyobb eltéréseket mutatnak (HAGYMÁSSY, 2003/a). Az adagmennyiségek mérésére 0,1 g pontosságú digitális mérleget használtam.

A keresztirányú szórás egyenlőtlenség mérésekor a gép mérőtálcá sor felett halad el. Meghatározására egyik legjellemzőbb összefüggés a variációs tényező (CSIZMAZIA, 2003).

$$CV = \frac{100}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad [2]$$

Ahol: x_i – a háromszori mérés során egy mérőhelyen felfogott műtrágyamennyiségek átlaga

$\bar{x}$ – a háromszori mérés során az összes mérőhelyen felfogott műtrágyamennyiségek átlaga

n - a mérőhelyek száma



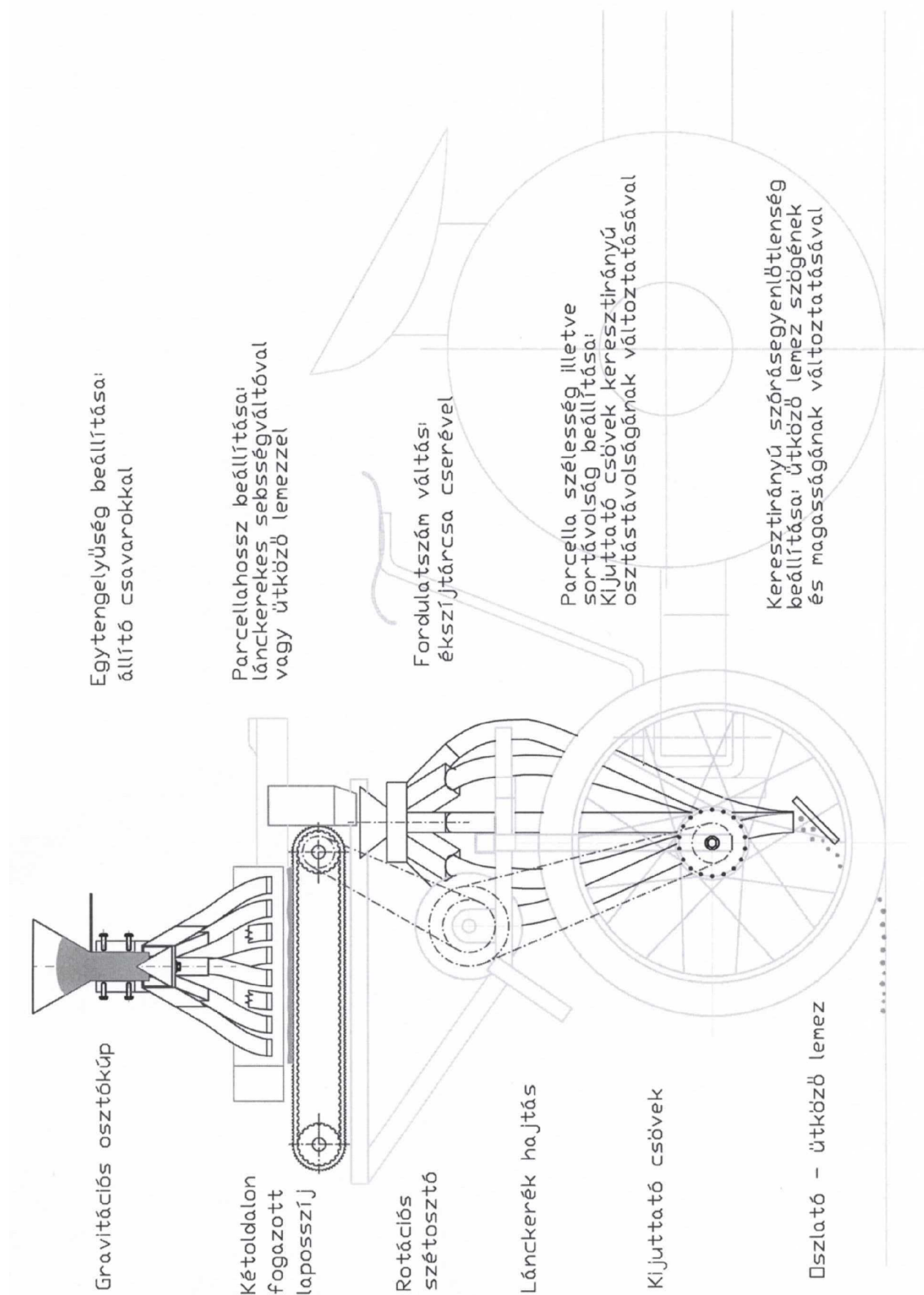
15. ábra. Szórás egyenlőtlenségi mérések az átalakított Fiona/1.5 parcella-műtrágyaszóró géppel

Teljes felületre szórásnál **(15. ábra)** a kijuttató hajlékony csövek alá egy ferde állítható szögű oszlató ütközőlemez helyezhető fel, amellyel egyenletesebbé tehető a szórás. Kulcsfontosságú kérdés, hogy az oszlató ütközőlemez milyen hatással van a keresztirányú szórásképre. Vizsgálataimat ebben az irányban folytattam tovább. A keresztirányú szórás egyenlőtlenséget mértem különböző ütközőlemez szögállásoknál. Az oszlató ütközőlemezt 0-90°-ig 5°-os lépésenként állítottam be.

Bár vizsgálataim alapján a berendezés munkaminőségi jellemzői az átalakítás után javultak, de alapvető problémái megmaradtak. Csak folyamatosan tudott szórni, kis adagmennyiségek esetén pontatlan volt és traktorhoz sem lehetett kapcsolni.

3.3. Parcella műtrágyaszóró gép tervezésének szempontjai

A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép fejlesztését követő vizsgálatokból megállapítható volt, hogy a berendezés munkaminőségi jellemzői a gép konstrukciója miatt tovább nem javíthatóak. Az igények teljesebb kielégítése céljából új technikai megoldásokat kerestem.



16. ábra. A tervezett parcella műtrágyaszóró gép működési vázlata

Alapelvem az volt, hogy a műtrágya szétosztó szerkezet egy parcellára maradék nélkül pontosan szórja ki a kísérlet során beállított műtrágya mennyiséget. Erre a feladatra egy egyszerű szerkezetű osztókúp alkalmas, amely a szemcséket egy fogazott, talajkerék-hajtású lapos szíjra teríti. A talajkerék-hajtású fogazott laposszíj a beállított parcellahossz megtétele után maradék nélkül kiüríti magából a rajta lévő műtrágyaszemcséket. A parcella keresztirányában a műtrágya terítését - elképzelésem szerint - a parcella vetőgépeken jól bevált rotációs szétosztó biztosítaná (**16. ábra**).

A tervező, fejlesztő munka következő lépéseként - még mielőtt a teljes műtrágyaszóró gép kivitelezését megkezdtém volna - vizsgálatok alá vettem a tervezett gép fő részegységeit. Ezek egyrészt önálló fejlesztésű egységek, másrészt parcella gépgyártó cégektől vásárolt berendezések. A gravitációs osztókúp és a fogazott lapos szíjas szétosztó saját fejlesztésű egységek. A rotációs szétosztó Wintersteiger gyártmány. Konstruktíós alapelvem az volt, hogy a tervezett, elméletileg működő fő részegységek munkaminőségi jellemzőiről minden esetben, mérésekkel, modellkísérletekkel győződjek meg.

3.4. A gravitációs osztókúp vizsgálata

A kúpos szétosztó egy egyszerű, pontos eszköz, de két beállítási pontatlanság leronthatja az egyenletes szétosztást.

1. Ha az adagolóhenger és az osztókúp szimmetria tengelye nem esik egybe. A kísérleti eszközön ezt két síkban lévő 3-3 csavarral lehet beállítani.
2. Ha a berendezés nem áll vízszintesen. Az ilyen típusú berendezéseken a gép hossz és keresztirányában egy-egy vízszintmérő van beépítve, melyekkel a parcellák kezelése előtt a kúpot vízszintbe kell állítani.

Ezek a hatások lényegesen befolyásolják a szétosztás egyenletességét ezért vizsgálataimat, ebben az irányban folytattam tovább.

Elsőként a gravitációs osztókúp és az adagolóhenger közötti excentricitás vizsgálatához és a szögeltérések vizsgálatához készítettem egy vizsgálópadot (**17. ábra**). Az osztókúp a vizsgálópad keretszerkezetébe úgy rögzíthető, mint a tervezett parcella-műtrágyaszóró tartószerkezetébe. Az osztókúp nyolc kivezető csöve alá egy-egy felfogó edény helyezhető. Az edényekben összegyűlt műtrágya tömegét 0,1 g pontosságú digitális mérlegen mértem le.



17. ábra. Vizsgálópad a gravitációs osztókúp ellenőrzéséhez

1.) Az excentricitás vizsgálatának menete:

A vizsgálópad keretszerkezetét vízmértékkel vízszintesre állítottam. A 6 db M 8x1 mm-es állítócsavarral beállítottam az adagolóhenger és az osztókúp egytengelyűségét. A 3.1.1. pontban ismertetett négy műtrágyatípussal két féle adagmennyiség esetén lemértem az egyes szegmenseken kifolyt műtrágya tömegét.

Az M 8x1 mm-es állítócsavarok menetemelkedése 1 mm, ezért az egyik oldalon egymás fölött lévő két állítócsavaron 1/4 fordulatot hajtva a szemben lévő csavarokat megmozdítva, 0,25 mm-es excentricitást tudtam beállítani. Ezután méréseket végeztem a 4 műtrágya típussal 1/4 fordulatonként állítva a csavarokat. A beállított excentricitás értékei: 0,25 mm; 0,5 mm; 0,75 mm; 1 mm.

2.) Az osztókúp szögeltérés vizsgálatának menete:

Az osztókúp keretszerkezetét vízmértékkel vízszintesre állítottam. A keretszerkezethez erősített szögmérő 0°-os vonalát rögzítettem a vizsgálópad állórészén lévő jelzővonalhoz. A keretszerkezet a vizsgálópad állórészéhez képest szögben beállítható. A beállított szögeltérés nagysága egy csavarorsóval szabályozható.

A négy féle műtrágyával, három féle adagmennyiség esetén lemértem a nyolc szegmensben kifolyó műtrágya tömegét 0,1 g pontossággal. A beállított szögeltérések: 1°; 2°; 3°; 4°; 5° voltak. Kijuttatott műtrágya mennyiségek: 50 kg/ha; 150 kg/ha; 300

kg/ha. Egy átlagos 15 m²-es kisparcella méretet feltételezve a beöntő tölcsérbe a következő műtrágya adagokat töltöttem: 75 g; 225 g; 450 g.

3.5. A rotációs szétosztó és vizsgálata

A tervezett kísérleti műtrágyaszóró géphez Wintersteiger gyártmányú rotációs szétosztót terveztem a műtrágya kijuttató csövenkénti egyenletes elosztására.

3.5.1. A rotációs szétosztó ismertetése

Kettős kanálrendszer dobja a szemcséket az Ø100 mm-es hengeren elhelyezkedő kivezető csövekhez (**18. ábra**), amelyek belső mérete 25x25 mm.

Hajtása $P=200$ W teljesítményű 12 V-os egyenáramú motorral történik. A villanymotor üzemi fordulatszáma $n_{\text{ü}} = 2350 \pm 120$ 1/min.

A rotációs kiosztó fejrésze cserélhető. A kísérleti gépen 8 kivezető cső van, ezért a berendezést 8 elvezető csöves fejrészszel vizsgáltam. A fordulatszám beállítása ékszíjtárcsa cserével történik.



18. ábra. A rotációs szétosztó felépítése

3.5.2. A rotációs szétosztó vizsgálata

A rotációs szétosztó optimális fordulatszámának meghatározását, vetőmagvak esetében, *ZHIZHONG et al.*, 1994 elvégezte.

Én a műtrágyák szétosztására kívánom használni a berendezést, ezért a választott 4 műtrágyatípus esetén az optimális fordulatszám meghatározására vizsgálatokat végeztem.

A mérésekhez egy vizsgálópadot állítottam össze (**19. ábra**). A rotációs szétosztót egy állítható szögű tartószerkezetre szereltem fel. Az egyenáramú villanymotor áramkörébe egy kapcsolót és egy $R=25\Omega$, $I=10A$ toló ellenállást építettem be, mellyel a fordulatszámot szabályoztam.

A vizsgálat menete:

A kívánt fordulatszámot toló ellenállással, illetve ékszíjtárcsa cserével beállítottam. A fordulatszámot mechanikus fordulatszámmérővel ellenőriztem a rotációs kiosztó forgórészének központfuratában.

Beállított fordulatszámok: 250 1/min; 500 1/min; 750 1/min; 1000 1/min; 1250 1/min; 1500 1/min.



19. ábra. A rotációs szétosztó vizsgálata

A kiválasztott 4 műtrágyatípussal vizsgálatokat folytattam. A méréseket 75 g tömegű műtrágyaadagokkal végeztem el, amely egy 5 m^2 -es parcellarészt feltételezve 150 kg/ha adagmennyiségeknek felel meg. A rotációs kiosztó kijuttató csövei alá mérőedényeket helyeztem, a felfogott műtrágyatömeget 0,1 g pontossággal lemértem. A szétosztás

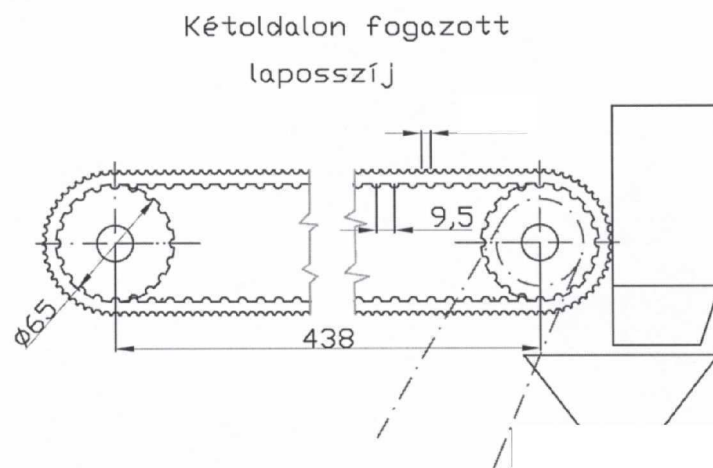
egyenletességének jellemzésére variációs tényezőt számoltam a tömegekből. A méréseket 3-szoros ismétléssel végeztem el.

3.6. Fogazott hevederes kiosztó szerkezet modellezése és vizsgálata

A kúpos jellegű kiosztó szerkezetek - mind az Oyjord-féle kúpos-cellás kiosztó mind a Hege-féle kúpos-szalagos kiosztó - problematikus pontja a parcella kezdetének és végének torzult szórásképe (*BETZWAR, 1987*). Az általam tervezett kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép kiosztó szerkezetéül egy addig még nem alkalmazott megoldást választottam, amellyel - elképzelésem szerint - kiküszöbölhetem a kúpos kiosztó szerkezetek hibáit. Két oldalon fogazott lapos gumihevedert készítettem a szemcsék továbbítására. A két oldalon fogazott laposszíj egy új típusú kiosztó, ezért úgy döntöttem, hogy mielőtt elkészíteném és beépíteném a tervezett műtrágyaszóróba a kiosztót, kisebb méretekkel egy kísérleti modellt készítek. A kísérleti modellel vizsgálatokat végzek annak megállapítására, mennyire alkalmas a szerkezet a feladat elvégzésére. Elméletem helyességéről modellkísérleti mérésekkel kívántam megbizonyosodni.

3.6.1. A hevederes kiosztó modell bemutatása

Egy 17 mm széles fogazott lapos szíjat, két Ø 65 mm-es fogaskerekre szereltem. Tengelytávolság: 438 mm (**20. ábra**). A fogaskerekek közül az egyik csapágyazott, Ø20 mm-es tengelyen. A talajkerékről hajtott másik kereket a tengelyen rögzítettem. Az alkalmazott áttétel $i_1 \times i_2 = 2 \times 2 = 4$. A lapos szíjról leeső szemcsék egy garaton keresztül hajlékony csövön talajközelbe jutnak (**21. ábra**). A lapos szíj belső fogazása a csúszásmentes járás miatt szükséges a külső fogazás pedig azért, hogy a heveder lassú mozgása közben a műtrágyaszemcsék ne mozduljanak el a helyükről.



**20. ábra. A kétoldalon fogazott hevederes műtrágya
kijuttató szerkezet vázlata**



**21. ábra. A hevederes modell kialakítása és
hosszirányú szórás egyenlőtlenségének vizsgálata**

Fontos kérdés, hogy a lapos heveder külső fogai milyenek legyenek az optimális műtrágya kijuttatás szempontjából. A probléma vizsgálatához különböző fogosztású

lapos szíjakat alkalmaztam. A vizsgált gumi hevederek fogosztásai: fogazás nélküli; 3,5 mm; 5 mm; 6,5 mm **(22. ábra)**.

3.6.2. A hevederes modell vizsgálata különböző fogosztású lapos szíjakkal

A mérések során a kézzel mozgatható keretszerkezetre szerelt talajkerék hajtású modellt mérőtálcasor felett toltam el **(21. ábra)**. Egy mérőtálca mérete 75x225 mm. Szorosan egymás mögé 20 db mérőtálcát helyeztem el, így a vizsgált hossz 4,5 m. A kiválasztott négy féle műtrágyával végeztem el a méréseket, műtrágya típusonként két féle adagmennyiséggel. 150 kg/ha és 300 kg/ha-nak megfelelő adagokat helyeztem a fogazott lapos szíjra. Egy méréssorozat után szíjat cseréltem.



**22. ábra. Különböző fogosztású fogazott
lapos szíjak a kísérleti modellhez**

A 3.6.1. fejezetben kiválasztott 4-féle fogazott lapos szíjjal végeztem el a vizsgálatokat. A mérőtálcákban összegyűjtött műtrágya tömegét lemértem, majd variációs tényezőt számoltam a hosszirányú szórás egyenlőtlenség meghatározására.

3.7. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép munkaminőségi vizsgálatai

3.7.1. Adagolás egyenlőtlenségi vizsgálatok

A nyolc kivezető csővel szerelt kísérleti parcella-műtrágyaszóró gépen vizsgáltam az egyes kivezető csövek közötti kijuttatott adagmennyiségek különbségét. A méréshez felhasználtam a kivezető csövek alatt lévő oszlató ütközőlemezt. Az oszlató lemezt vízszintesbe állítva rögzítettem, így biztonságosan ráhelyezhettem a nyolc beszámozott mérőedényt (**23. ábra**). Az edényeket közvetlenül a műtrágya kijuttató csövek alá téve felfogtam az összes csövenként kifolyó szemcsemennyiséget. A mérőedényekben összegyűlt műtrágyát 0,1 g pontossággal lemértem.



23. ábra. Adagolás egyenlőtlenség vizsgálata

Vizsgálatomat a 3.1. fejezetben ismertetett 4 féle műtrágyával végeztem el, 3-szoros ismétléssel. Minden műtrágyatípus esetén a kijuttató csövenkénti adagolás egyenlőtlenségek vizsgálatát az alábbi mennyiségek kijuttatása esetén végeztem el: 50 kg/ha; 150 kg/ha; 300 kg/ha. Egy átlagos 12 m²-es kisparcella méretet feltételezve, melynek 1,2 m a szélessége, és 10 m a hossza, a kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép beöntő tölcserébe a következő adagokat töltöttem: 50 kg/ha mennyiségnél 72 g-ot, 150 kg/ha-nál 216 g-ot, 300 kg/ha-nál 432 g-ot.

3.7.2. Szórásegyenlőtlenség vizsgálatok teljes felületre szórás esetén

A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép szórásegyenlőtlenségét egy 1,20 m széles parcelladarab modellezésével vizsgáltam. A nyolc műtrágya kivezető cső alatt lévő osztató ütközőlemezt a függőlegeshez képest 55° -os szögbe állítottam be.



**24. ábra. Szórásegyenlőtlenségi vizsgálat
teljes felületű szórás esetén**

A precízebb mérések miatt olyan vizsgálópadot állítottam össze, ahol a műtrágyaszóró gép kerekei kényszerpályán mozognak. 2 db 50x50 mm-es melegen hengerelt idomacél tartja keresztirányban állandó pályán a kerekeket. A vizsgálópadon 10 sorban és 16 oszlopban 160 db mérőtálcát helyeztem el **(24. ábra)**. 1 mérőtálca mérete 75x225 mm. A mérések egy 1,2 m széles 2,25 m hosszú parcellán történtek, így egyszerre vizsgálható a keresztirányú és hosszirányú szórásegyenlőtlenség. A mérőtálcák fülekkel egymásba kapaszkodnak, így a szemcsék nem kerülhetnek a földre. A 3.1.1. alfejezetben ismertetett 4-féle műtrágyatípussal történtek a mérések a következő adagmennyiségek esetén: 150 kg/ha; 300 kg/ha. A 12 m²-es parcella méretet vizsgálva a beöntő tölcsérbe öntött műtrágya mennyiségek: 216 g és 432 g.

3.7.3. Szórás egyenlőtlenség vizsgálatok sorszórás esetén

A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép nyolc kivezető csövének osztását 15 cm-re állítottam be. Munkaszélesség: 1,2 m.

A méréseket a 3.8.1. pontban ismertetett vizsgálópadon végeztem el, azzal a különbséggel, hogy a kivezető csövek alá 15 cm-es osztótávolsággal 8 db mérőtálca sort helyeztem el egymás mögött tíz oszlopban, összesen $8 \times 10 = 80$ db tálcát **(25. ábra)**. A mért szakasz hossza: $8 \times 225 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}$. A méréseket ebben az esetben is a 3.7.2. pontban említett műtrágyatípusokkal és adagmennyiségekkel végeztem el.



**25. ábra. Szórás egyenlőtlenségi vizsgálat
sorszórás esetén**

3.7.4. A parcella kezdetének és végének vizsgálatai

A kúpos rendszerű kiosztó berendezések szórásképe a parcella elején és végén átlagosan 300-600 mm úthossz megtételéig torzult (BETZWAR, 1992). Az általam tervezett fogazott gumiszalagos kiosztó használatával elméletileg rövidebb szakaszon kialakul a parcella egészére jellemző szórásképe. Feltételezésem igazolására méréseket végeztem. A parcella elején és végén mérőfelületeket állítottam össze, 3 sorban és nyolc oszlopban helyeztem el mérőtálcákat a parcella kezdetének és végének környezetében. Egy mérőtálca mérete: $75 \times 225 \text{ mm}$, a parcella szélessége: 1,2 m.

A vizsgált mérési hossz: $3 \times 22,5 \text{ cm} = 67,5 \text{ cm}$. A kísérlet során mértem a haladási sebességet $v = 1,5\text{-}2 \text{ km/h}$.

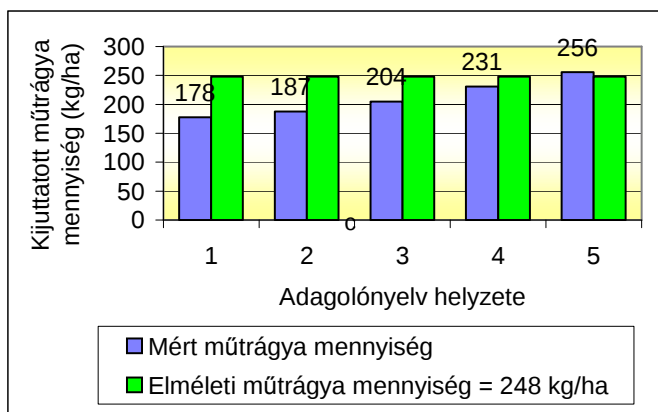
A méréseket ebben az esetben is a 3.7.2. pontban említett műtrágyatípusokkal és adagmennyiségekkel végeztem el.

4. A GÉPFEJLESZTÉS ÉS A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

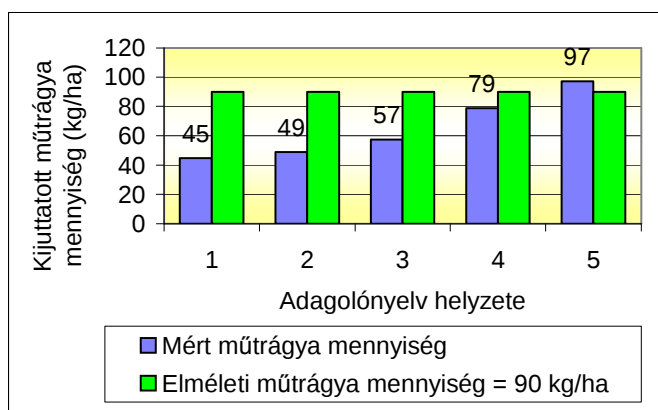
4.1. A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép értékelése

4.1.1. Az adagolás egyenlőtlenség vizsgálatának eredménye.

A kísérleteknél az egy parcellára kijuttatott műtrágya mennyisége és hatóanyagtartalma lényeges a vizsgálat megbízhatósága szempontjából. A kijuttatott műtrágya mennyiség látható a **26. ábrán** különböző nyelvállások esetén. A műtrágyaszóró gépen az adagolókart a 15-ös állásba helyeztem, a beállító táblázaton ekkor a kijuttatott elméleti műtrágya mennyiség 248 kg/ha . Kijelenthető, hogy a kívánt műtrágya mennyiségét az 5-ös adagolónyelv állás beállítása esetén érte el a gép. Az 1-es nyelvállás esetén a műtrágya mennyiség csak 72%-a a beállítottnak.

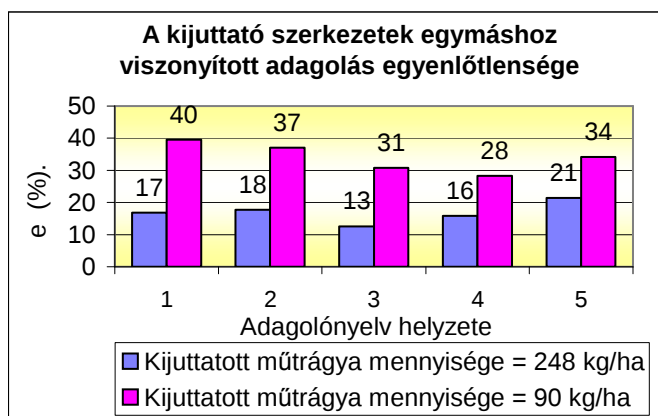


**26. ábra. A kijuttatott műtrágya mennyiségek
15-ös adagoló állásnál (248 kg/ha)**



**27. ábra. A kijuttatott műtrágya mennyiségek
3-as adagoló állásnál (90 kg/ha)**

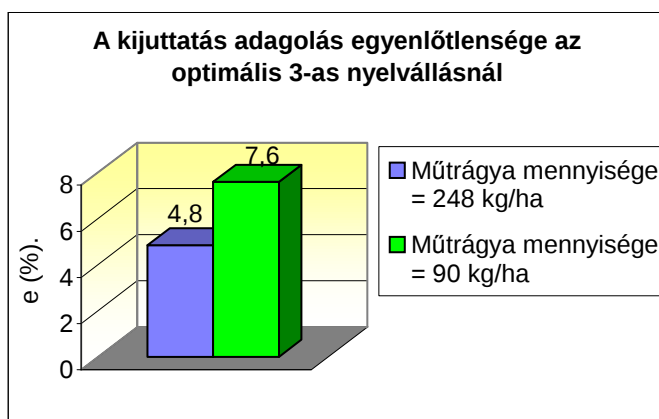
Ugyanez a jelenség figyelhető meg 3-as adagolókar állásnál a **27. ábrán**. Ekkor az elméletileg kijuttatott műtrágya mennyisége 90 kg/ha. A kijuttatott műtrágya mennyiség az 1-es adagolónyelv állásnál csak 50%-a a beállítottnak.



**28. ábra. Az adagoló szerkezetek egymáshoz
viszonyított adagolás egyenlőtlensége**

A kijuttató szerkezetek egymáshoz viszonyított adagolás egyenlőtlenségét ábrázoltam a **28. ábrán** 248 kg/ha és 90 kg/ha elméletileg beállított műtrágya mennyiség esetén.

Elemézve a diagramot kijelenthető, hogy a 3-as és a 4-es adagolónyelv helyzetek beállítása esetén volt a legkisebb az adagolás egyenlőtlensége. Vizsgálataim szerint problémát jelent a gép beállításakor, hogy míg a kijuttatott adagmennyiség szempontjából általában az 5-ös adagolónyelv állás a kedvező, az adagolás egyenlőtlenség szempontjából viszont a 3-as nyelvállás általában az optimális.



29. ábra. A kijuttatás adagolás egyenlőtlensége

Az adagolás egyenlőtlenség az optimális 3-as nyelvállásnál tanulmányozható a **29. ábrán**.

Megfigyelhető, hogy 248 kg/ha műtrágya mennyiség kijuttatásakor az $e=4,8\%$ még nem haladja meg a szabványban megengedett $e=5\%$ értéket. Azonban 90 kg/ha műtrágya mennyiség szórásakor $e=7,6\%$ már a megengedett érték felett van.

Megállapítható, hogy az adagolónyelv helyzete - melyet a gép beállító táblázata nem vesz figyelembe - nagymértékben befolyásolja a kijuttatott műtrágya mennyiséget és a keresztirányú szórás egyenlőtlenséget.

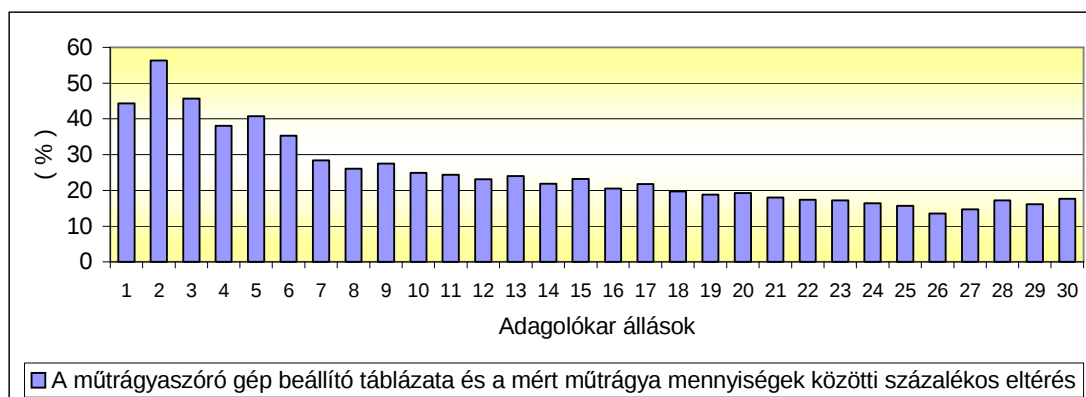
4.1.2. A beállító táblázat vizsgálatának eredménye

Megvizsgáltam a ténylegesen kijuttatott műtrágya mennyiségét a műtrágyaszóró gép minden beállítható adagolókar állásánál.

A **30. ábrán** ábrázoltam a műtrágyaszóró gép beállító táblázata által jelzett és a mért műtrágya mennyiségek közötti százalékos eltérést. Megfigyelhető, hogy kis adagmennyiségek esetén (58-125 kg/ha) az eltérés igen magas, átlagosan 30-55%.

Átlagos műtrágya mennyiségek esetén (137-366 kg/ha) az eltérés kb. 20%.

Nagyobb adagoknál (380-470 kg/ha) az eltérés átlagosan 15-18%.

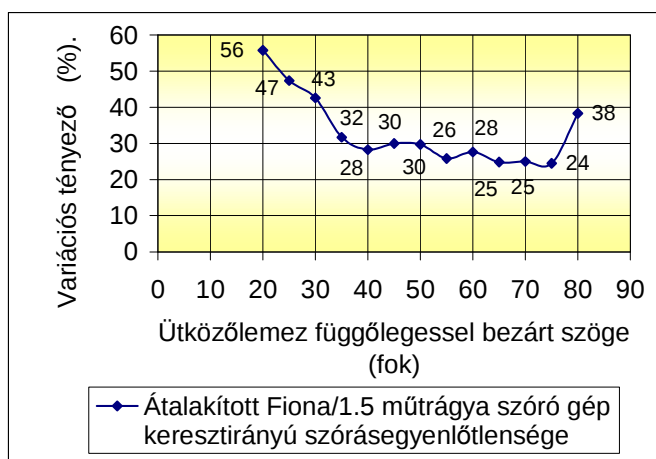


30. ábra. A FIONA /1.5 műtrágyaszóró gép beállító táblázata által jelzett és a mért műtrágya mennyiségek közötti százalékos eltérés

Az adagoló állásokat lineárisan nem követik a százalékos eltérések, ezért műtrágya típusonként új beállító táblázat készítése biztosítja a pontos kijuttatást. Kis adagmennyiségek esetén a kijuttatás még így is pontatlan.

4.1.3. A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép átalakításának értékelése

A műtrágya talaj közelébe juttatásával és szétterítésével, - melyhez oszlató lemezt alkalmaztam - a keresztirányú szórás egyenlőtlenségen kívántam javítani. Az átalakítás után szórás egyenlőtlenség méréseket végeztem. Vizsgáltam az oszlató ütközőlemez szögállásainak hatását a keresztirányú szórás egyenlőtlenségre. Meghatároztam az oszlató ütköző lemez függőlegessel bezárt optimális szögét. A vizsgálat eredményeit a 31. ábra tartalmazza.



**31. ábra. A FIONA /1.5 műtrágyaszóró gép
keresztirányú szórás egyenlőtlensége
különböző ütközőlemez szögállások esetén**

A függőlegeshez képest 15° -os szögállásig gyakorlatilag a szemcsék nem ütköztek a lemezhez, 80° felett pedig a szemcsék összegyűltek a felületen, így az eredmény értékelhetetlen volt, ezért 20 - 80° -os szögek között 5° -onként 3-szori ismétléssel végeztem el a vizsgálatokat. Megrajzoltam a szórásképet a különböző szögállások esetén, majd egy összesítő diagramban kiértékeltem a szórás egyenlőtlenség értékeit.

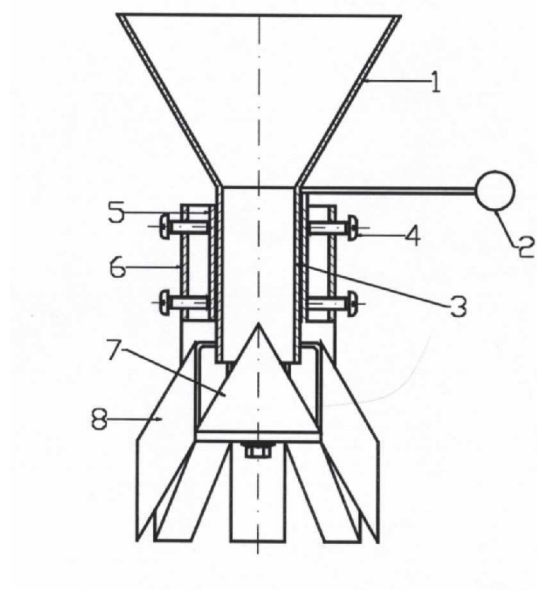
A kapott görbe minimuma 65° - 75° -os ütközőlemez állásnál volt. Megállapítottam, hogy ütközőlemez nélküli kijuttatáshoz képest az ütközőlemezes változat esetén a keresztirányú szórás egyenlőtlenség javulása 100% -os mértékű volt. A függőlegeshez képest 65 - 75° -ban beállított ütköző lemez kiegyenlített szórásképet eredményezett.

4.2. A gravitációs osztókúp fejlesztése

A tervezett szétosztó berendezés első eleme, önálló tervezésű és kivitelezésű (**32. ábra**). A beöntő tölcsérbe (1) kb. 1,5 kg műtrágya tölthető be. Az adagoló henger (3), amely az adagoló hüvelyben (5) csúszik, 6 db beállító csavarral a kívánt magasságba beállítható. A danamitból készült osztókúp (7) kúpszöge 60° , átmérője: 63 mm. A műtrágyaszemcsék mérete a kis, közepes vetőmagvak méretéhez hasonlítható, ezért választottam, a 36 mm-es adagolóhenger átmérőt (*PEI et. al., 1994*). A nyolc kifolyócső mérete 22x22 mm, meredeksége 60° . Tapasztalataim szerint a műtrágya könnyen, gyorsan ürül az ilyen geometriai méretű kifolyócsövekből.

A gravitációs osztókúp működése:

A parcellánként előre, pontosan kimért műtrágyamennyiséget beöntjük a garatba (1) és a vele összekapcsolt adagoló hengerbe (3). A parcella elején az állítókart (2) elforgatva a hüvely (5) íves pályáján mozogva 30 mm-el megemeli az adagolóhengert. A műtrágya az osztókúpon (7) lefolyva a nyolc darab elvezető csövön (8) oszlik szét. A berendezés előnye, hogy érzéketlen a szemcse méretére, bármilyen kevert hatóanyag tartalmú és szemcseszerkezetű műtrágyát, kis mennyiségben is képes jó minőségben szétosztani (*HAGYMÁSSY, 2003/b*).



32. ábra. A gravitációs osztókúp vázlata

4.3. Számítógépes modellek az osztókúp vizsgálatához

A részegységek vizsgálata során jutottam arra a felismerésre, hogy sokkal gyorsabban és megbízhatóbban történhetne a tervező munka, ha létezne egy elméleti módszer az osztókúp két problémájának elemzésére. Terveim között szerepelt ezért, hogy az osztókúp és a beöntő tölcser egytengelyűségének vizsgálatához és az osztókúp vízszintességének hatásvizsgálatához egy-egy elméleti módszert kifejlesszek. Mindkét módszer egy-egy számítógépes matematikai program, amellyel - anélkül hogy megépítenénk az osztókúpot - modellezni lehet az egytengelyűség vagy a szöghelyzet hibájának hatását az osztókúp szétoztási egyenetlenségére.

4.3.1. Számítógépes közelítő modell az excentricitás vizsgálatához

Első lépésként megvizsgáltam, hogyan ürülnek az osztókúpból a szemcsék, ha egytengelyű az osztókúp és az adagoló henger. Az adagolóhenger „h” nagyságú emelésével a henger alsó éle és a kúppalást közötti nyíláson távoznak a szemcsék (**33. ábra**). Az átömlő nyílás vízszintes vetületének méretei: külső átmérője „d”, belső átmérője: „d₁”. Nyolc kivezető cső esetén az átömlő nyílás nyolc részre osztásával, egy körcikk szegmens (T₁) felülete arányos az egy kivezető csövön kiáramló műtrágya tömegével.

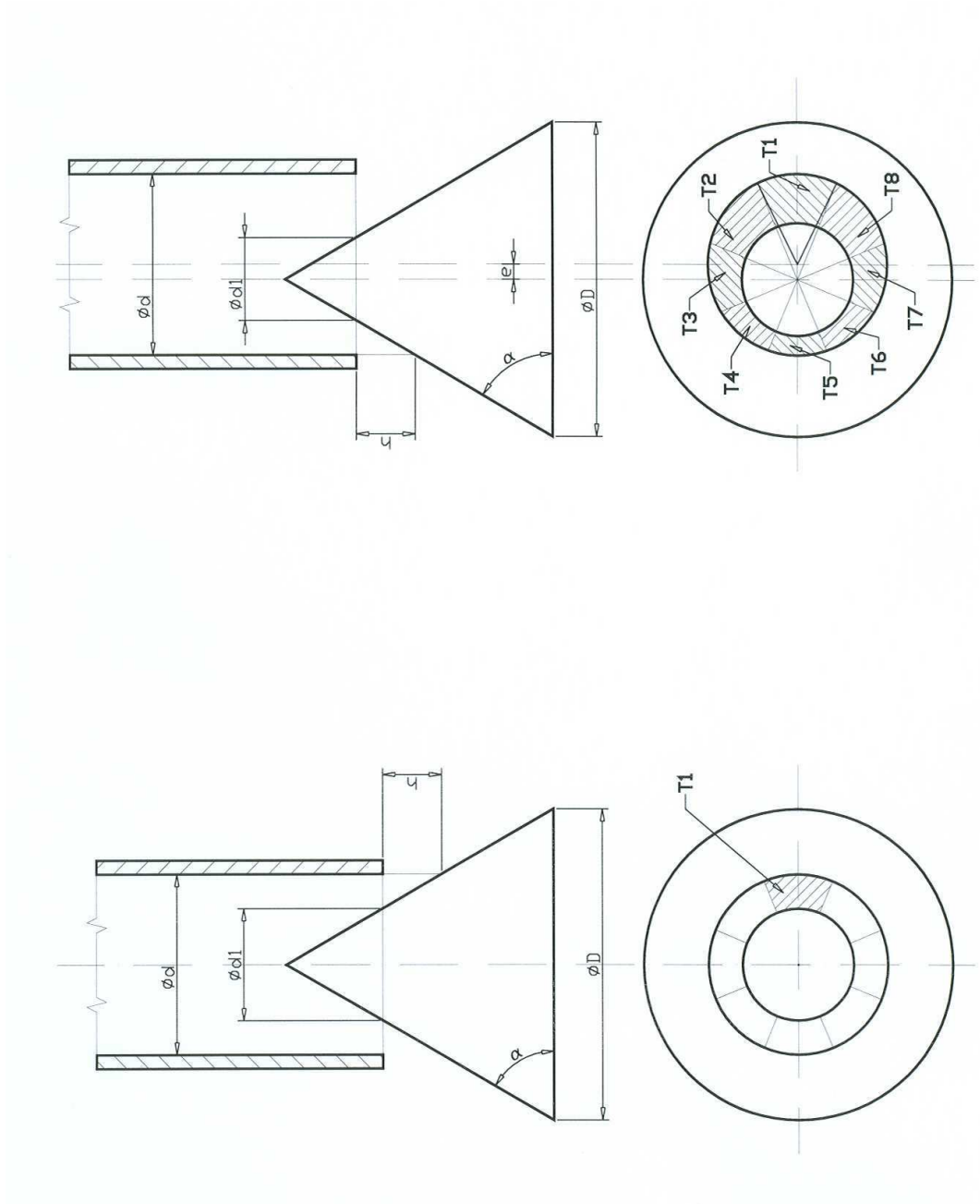
Elméletem lényege: ha az adagoló henger és az osztókúp nem egytengelyű, akkor is az elméleti körcikk szegmensek területei (T₁ ... T₈) arányosak a kivezető csöveken kiáramló műtrágya mennyiségével (**33. ábra**). A (T₁ ... T₈) különböző körcikk szegmensek területének kiszámítása már matematikai probléma.

A számítás menete röviden, a **34. ábra** vázlatának segítségével:

Az adagoló henger alsó éle által határolt vízszintes sík az osztókúpból kimetsz egy kört a kúp palást felületén, melynek átmérője:

$$d_1 = 2 \cdot \left[\frac{d}{2} - e - \left(h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \right] \quad [13]$$

$\mathbf{l}_1 = 22,5^\circ$; $\mathbf{l}_2 = 67,5^\circ$; $\mathbf{l}_3 = 112,5^\circ$; $\mathbf{l}_4 = 157,5^\circ$ A jelölések a **34. ábrán** találhatóak.



33. ábra. Egytengelyű illetve excentrikus osztókúp és adagoló henger közötti nyílás körcikkszegmenseinek összehasonlítása

γ_1 esetén sinus tétellel a C_1 ; e ; R oldalú háromszög e ; R befogók által határolt belső szöge. A háromszög oldalai és szögei a **34. ábrán** találhatóak.

$$\gamma_i = 180^\circ - \left(\lambda_i + \text{INV} \sin \left(\frac{e \cdot \sin \lambda_i}{R} \right) \right) \quad (i=1, \dots, 4) \quad [14]$$

$\gamma_2 \dots \gamma_4$ esetén értelemszerűen hasonló a számítás menete.

C_1 esetén a C_1 ; e ; R oldalú háromszög C_1 átfogója cosinus tétellel. A háromszög oldalai és szögei a **34. ábrán** találhatóak.

$$C_i = e^2 + R^2 - 2e \cdot R \cdot \cos \gamma_i \quad (i = 1, \dots, 4) \quad [15]$$

$C_2 \dots C_4$ esetén értelemszerűen hasonló a számítás menete.

Az $\omega_1 \dots \omega_5$ szögek: (A **34. ábra** jelölései alapján.)

$$\omega_1 = 2(180^\circ - \gamma_1) \quad [16]$$

$$\omega_2 = 2(\gamma_1 - \gamma_2) \quad [17]$$

$$\omega_3 = 2(\gamma_2 - \gamma_3) \quad [18]$$

$$\omega_4 = 2(\gamma_3 - \gamma_4) \quad [19]$$

$$\omega_5 = 2\gamma_4 \quad [20]$$

A C_1 - C_1 ; C_1 - C_2 ; C_2 - C_3 ; C_3 - C_4 ; C_4 - C_4 befogókkal rendelkező háromszögek területe:

A háromszög oldalai és szögei a **34. ábrán** találhatóak.

$$TH_1 = \frac{1}{2} \cdot C_1^2 \cdot \sin 45^\circ \quad [21]$$

$$TH_2 = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot \sin 45^\circ \quad [22]$$

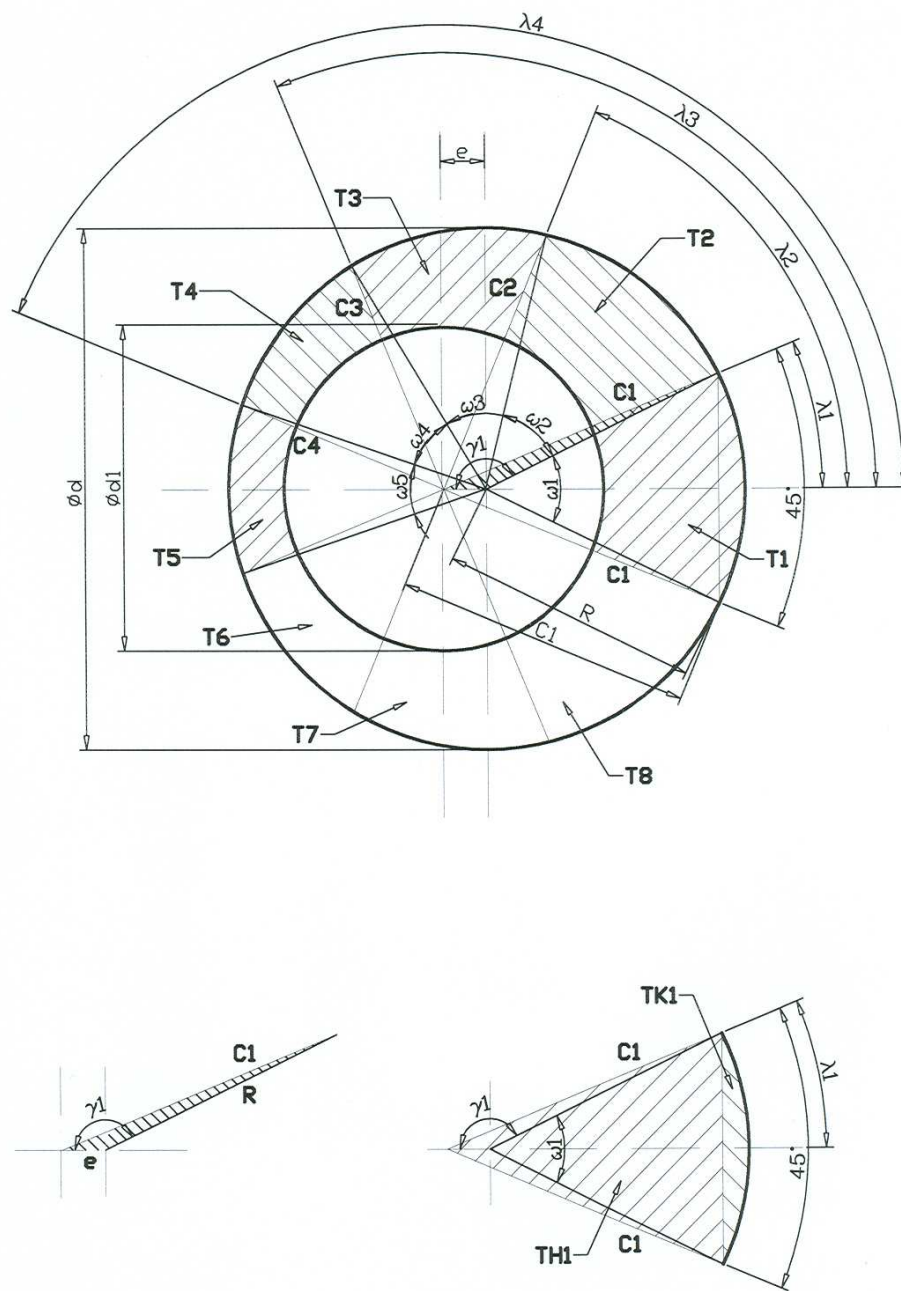
$$TH_3 = \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot \sin 45^\circ \quad [23]$$

$$TH_4 = \frac{1}{2} \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \sin 45^\circ \quad [24]$$

$$TH_5 = \frac{1}{2} \cdot C_4^2 \cdot \sin 45^\circ \quad [25]$$

A $TH_1 \dots TH_5$ területű háromszögek külső oldala és az $\varnothing d$ adagolóhenger által kimetszett körcikkek területei (**34. ábra**):

$$TK_i = \frac{R \cdot R \cdot \omega_i}{2} - \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \omega_i \quad (i = 1, \dots, 5) \quad [26]$$



34. ábra. Excentrikus adagolóhenger és osztókúp esetén a körcikkszegmens területek (T1...T8) számításának geometriai elve

A $T_1 \dots T_8$ körcikk-szegmensek területe **(34. ábra)**:

$$T_i = TH_i + TK_i - \frac{d_1^2 \cdot \pi}{32} \quad (i = 1, \dots, 5) \quad [27]$$

Az osztókúp szimmetriája miatt.

$$T_6 = T_4 \quad [28]$$

$$T_7 = T_3 \quad [29]$$

$$T_8 = T_2 \quad [30]$$

A $T_1 \dots T_8$ körcikk-szegmensek területét arányosnak tekintettem az osztókúp 8 kivezető csövén összegyűlt műtrágya mennyiségével.

A kapott adatokból különböző excentricitás értékek esetén elméleti variációs tényezőket (CV) számoltam. A számítás menetére MICROSOFT EXCEL-ben egy táblázatos programot készítettem, melyben az osztókúp fő paraméterei változtathatóak.

Változók: d az adagolóhenger belső átmérője

e excentricitás

h az adagolóhenger emelési magassága nyitáskor

a az osztókúp kúpszöge

A fő paraméterek változtatásával modellezhető, hogy a különféle geometriai méretek változása, milyen hatással van az excentricitás okozta szétosztási egyenlőtlenségre.

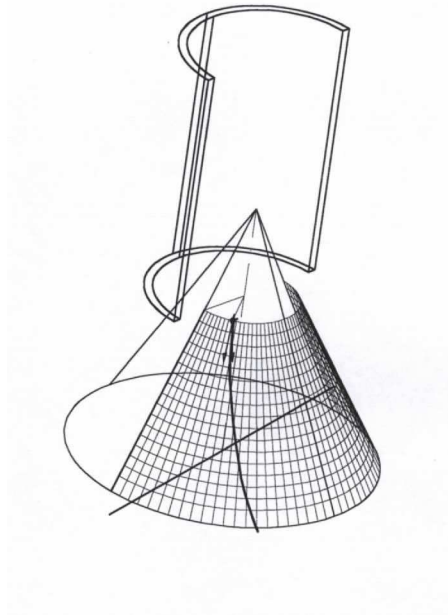
4.3.2. Számítógépes közelítő modell az osztókúp vízszinttől való szögeltérésének vizsgálatához

Megvizsgáltam a szemcse pályagörbjét az adagolóhengerből való kilépéstől az osztókúp aljáig, ahol nyolc kivezető csövön $Z1 \dots Z8$ **(36. ábra)** a műtrágya távozik az osztókúpról. Ha a kúp vízszintes, a szemcsék az alkotó mentén csúsznak vagy gördülnek végig. Ha a kúp ferde, a pálya görbült lesz **(35. ábra)**.

A szemcsére minden időpillanatban más irányú erők hatnak. A probléma kezelésére, a kúpra egy H magasságú hálót terítettem. A háló osztása az alaplappra merőlegesen v , az alkotó mentén $v \cdot \sin \alpha$, az alaplappal párhuzamosan $v \cdot \operatorname{ctg} \alpha$.

Elméletem lényege: ha ki tudom számítani a szemcse elmozdulását a háló egyik pontjától a másikig, akkor a pályagörbjét egyenes szakaszokkal tudom helyettesíteni. Az elmozdulás kiszámításának szempontjából az első szakasz végpontja lesz a második

szakasz kezdőpontja. Egy szemcse esetében a számításokat addig ismételttem, míg el nem jutottam a kúp aljáig. Ha elég sűrűre választom a háló osztását, jó közelítéssel tudom modellezni, egy szemcse pályagörbjét (36. ábra).

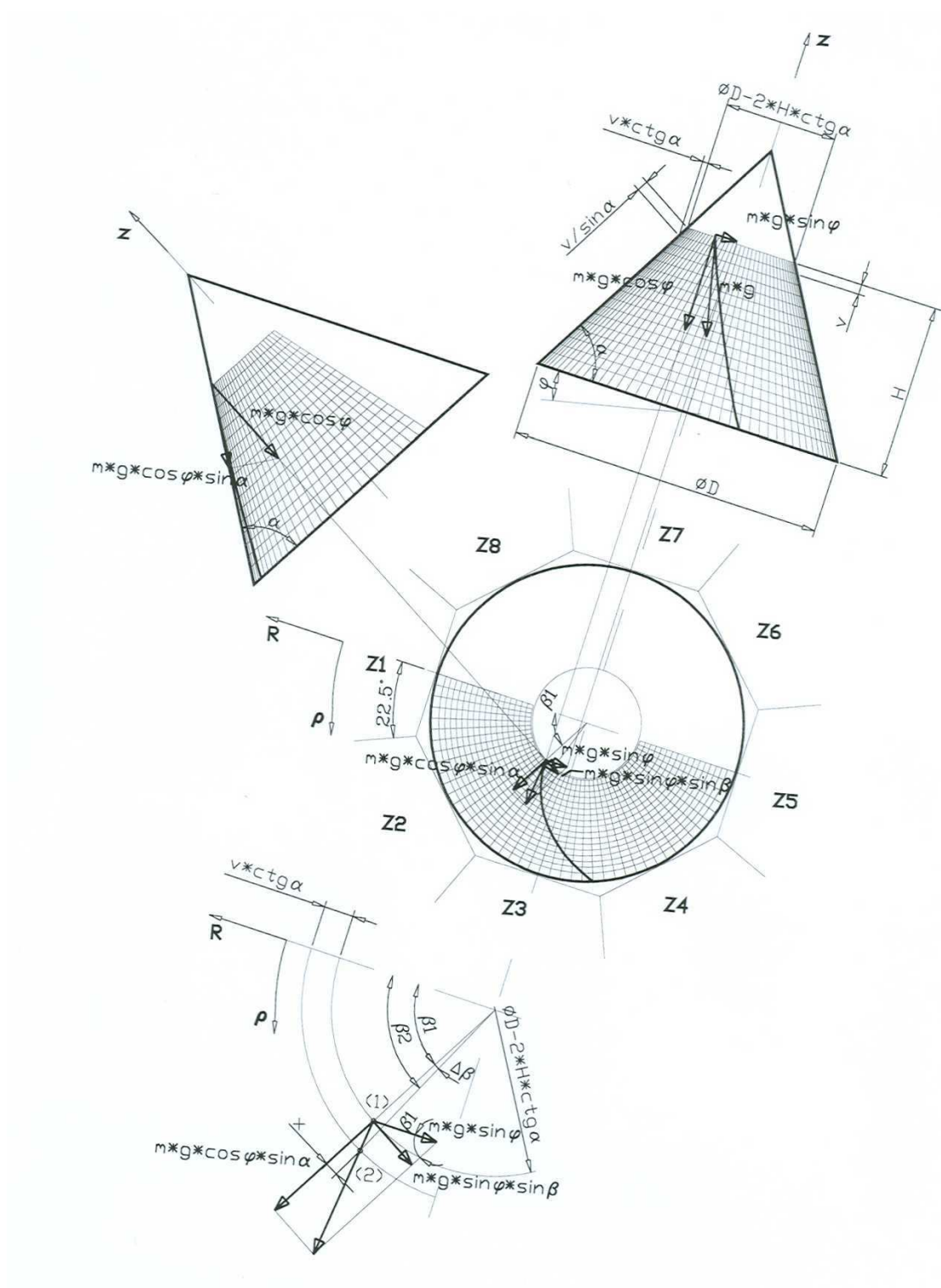


35. ábra. Az osztókúpra terített térbeli háló

Kövessük végig egy tetszőleges szemcse elmozdulását, a háló első pontjától a másodikig. A részecske elmozdulásának iránya a rá ható erők eredőjének irányába fog bekövetkezni (36. ábra).

Az adagolóhengerből kilépő szemcsére már csak a nehézségi erő, $m \cdot g$ hat. A nehézségi erőt a kúp ferdesége miatt felbonthatjuk egy kúp alaplapjára merőleges $m \cdot g \cdot \cos \varphi$ és párhuzamos összetevőre $m \cdot g \cdot \sin \varphi$. A szemcse a kúp palástfelületén fog mozogni, ezért szükségünk van a nehézségi erő kúp alkotó irányú komponensére, $m \cdot g \cdot \cos \varphi \cdot \sin \alpha$ és arra merőleges érintőirányú komponensére $m \cdot g \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta$.

A nehézségi erőnek természetesen van egy palástfelületre merőleges összetevője is, és az osztókúp ennek ellenerejével tartja a szemcsét, következésképpen egy mozgást gátló súrlódó erő is keletkezik a felület mentén. Azonban modellemem csak az elmozdulás irányát kívántam meghatározni, nem a nagyságát és a súrlódó erő mindig az elmozdulás irányával ellentétesen hat - gátolja a mozgást -, így azt nem kellett figyelembe vennem.



36. ábra. A vízszinteshez képest szögben álló osztókúpon mozgó műtrágyaszemcse elmozdulásának modellezése

Ha ismerem a szemcsére ható kúpalkotó irányú és arra merőleges érintő irányú erőket, meghatározható az eredő erő iránya. Ennek ismeretében számíthatók a 2-es pont koordinátái. Kis szögek esetén az ív egyenes szakasszal helyettesíthető. A kiindulási pontban a szemcse β_1 szöghelyzetet foglalt el a kerület mentén.

$$x_i = \frac{m \cdot g \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta_i}{m \cdot g \cdot \cos \varphi \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{v}{\sin \alpha}; \quad (i=1, \dots, H/v) \quad [31]$$

A szemcse elmozdulásának szöge az 1-es és a 2-es pont között.

$$\Delta\beta_i = \text{INV} \sin \frac{x_i}{\left(\frac{D - 2H \cdot \text{ctg} \alpha}{2} + v \cdot \text{ctg} \alpha \right)}; \quad (i=1, \dots, H/v) \quad [32]$$

Síkbeli polár koordináta rendszerben, amelyben a polár koordináták $R; \rho$, a magasság koordináta z .

$$\text{1-es pont koordinátái: } R_1 = (D - 2 \cdot H \cdot \text{ctg} \alpha) / 2 \quad [33]$$

$$\rho_1 = \beta_1 \quad [34]$$

$$z_1 = H \quad [35]$$

$$\text{2-es pont koordinátái: } R_2 = (R_1 + v \cdot \text{ctg} \alpha) \quad [36]$$

$$\rho_2 = \beta_1 + \Delta\beta_1 \quad [37]$$

$$z_2 = H - v \quad [38]$$

A következő pályaszakasz számításánál a kiindulási koordináták a 2-es pont koordinátái.

Az egyenes pályaszakaszok száma, amíg a szemcse az osztókúp aljáig ér: $i = \frac{H}{v}$.

A kúp kerülete mentén annyiszor ismétlem a közelítő pályagörbe kiszámítását ahány szögosztásra osztottam fel a hálót. A szimmetria miatt elég a kúp felére hálót teríteni. Így a kerület mentén az osztókúpba belépő mindegyik szemcsének megállapítható a kúp alján a kilépési pontja. Ennek birtokában meghatározható, hogy a műtrágya szemcsék hány százaléka jutott el az egyes kivezető csövekhez (Z1 ... Z8). A kapott adatokból különböző (φ) vízszintestől való eltérések esetén számíthatók az elméleti variációs tényező értékek (CV).

A számítás menetére MICROSOFT EXCEL-ben készítettem egy táblázatos programot.

Változó paraméterek:

D = a kúp átmérője

α = az osztókúp kúpszöge

H = a műtrágyaszemcse kilépési pontja az adagolóhengerből

v = a háló osztásköze

Természetesen a műtrágyaszemcsék nem csak az osztókúpon, hanem egymáson is gördülnek, egymásnak ütköznek, stb., ezért modelletem egy közelítő eljárásnak tekintem.

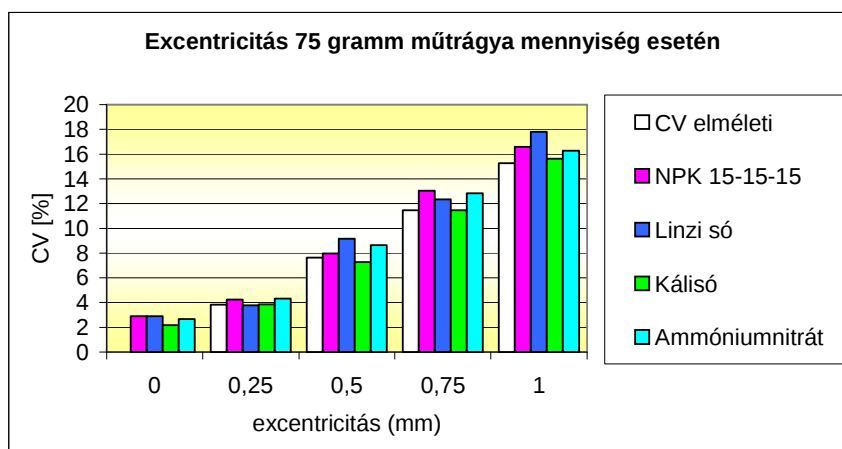
4.4. A gravitációs kúpos kiosztó értékelése

A számítógépes modell ellenőrzésére gyakorlati vizsgálatokat végeztem.

4.4.1. Az excentricitás vizsgálatának eredményei

Az excentricitás okozta szétoztási egyenlőtlenségek mérési eredményeit a **37. ábra** tartalmazza. A diagram segítségével összehasonlító értékelésre nyílik lehetőség a számítógépes modell által kiszámolt szétoztási egyenlőtlenség „CV elméleti” és a 4 vizsgált műtrágya mérési eredményei között.

- Kijelenthető, hogy az elméleti modell jól jellemzi az excentricitás okozta egyenlőtlenséget.
- Megfigyelhető, hogy a linzisó szemcsék egyenetlenebbül oszlanak szét a kivezető csövekben. A jelenség magyarázata - véleményem szerint -, hogy a nagyméretű, de gördülékeny linzisó szemcsék esetén már néhány szemcse elgurulása egy másik kivezető csőhöz jelentősen befolyásolja a szétoztás egyenlőtlenségét.



37. ábra. Az excentricitás okozta szétoztási egyenlőtlenségek

4.4.2. Az osztókúp szögeltérés vizsgálatának eredményei

Az osztókúp kismértékű dőlése a vízszinteshez képest jelentősen ronthatja a szétosztás egyenletességét.

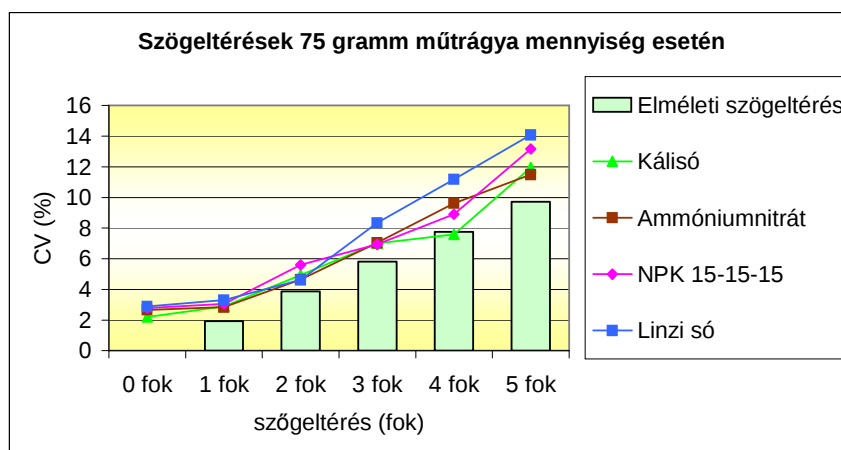
Különböző műtrágyamennyiségek esetén vizsgáltam a jelenséget. A **38. ábrán** 75 gramm, a **39. ábrán** 225 gramm, míg a **40. ábrán** 450 gramm műtrágyával vizsgáltam az osztókúpot. Mindegyik diagrammban ábrázoltam a számítógépes modell segítségével kiszámolt elméleti szétosztási egyenlőtlenség variációs tényezőit.

A diagramokat elemezve a következő megállapítások tehetők:

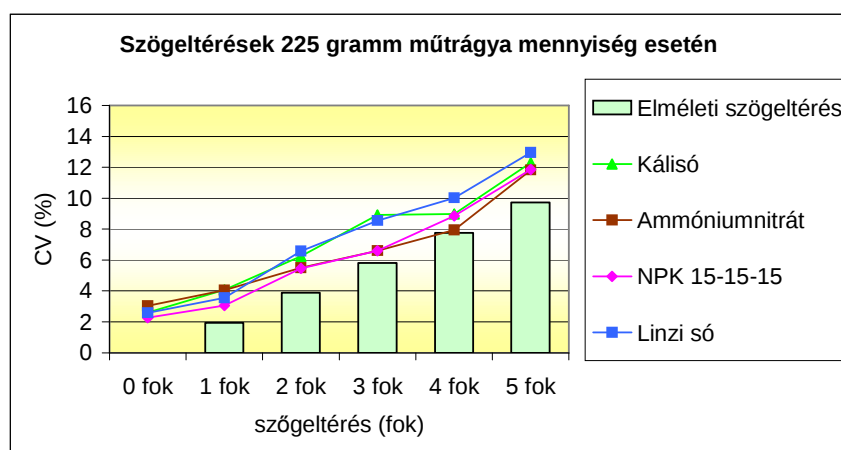
- Általánosságban elmondható, hogy az elméleti modell jól jellemzi a szögeltérés okozta egyenlőtlenségeket.
- Természetesen a modell csak közelítő módszernek tekinthető, mivel az egyedi szemcsék pályáját véletlenszerű hatások is módosítják (ütközések, egymáson gördülések, csúszások).
- A különböző műtrágyák hasonlóképpen reagálnak az osztókúp szimmetria tengelyének dőlésére.
- Kisebb műtrágyamennyiségek esetén általában nagyobb egyenetlenséget észleltem.
- Kisebb méretű műtrágyaszemcse esetén kisebb egyenetlenséget mértem, amit alátámasztanak *FLEMING, 1984* kísérletei is.

FLEMING, 1984 vetőmagokkal végzett kísérleteket. Eredményei arányaiban hasonlóak az általam mért értékekkel. 4°-os dőlésnél CV=12-16% variációs tényezőt mért, hasonló dőlésszög esetén én CV=8-11,5% variációs tényezőt tapasztaltam. A különbség oka - véleményem szerint - egyrészt az, hogy *FLEMING, 1984* Oyjord-típusú kúpos-cellás kiosztót vizsgált, ahol mindig torzul a szétosztás a kifolyó nyílás, vagy a felette lévő terelőlemezek miatt. Az eltérés oka másrészt a kúp geometriai méretének különbségében keresendő. Tapasztalataim szerint magasabb kúp esetén nagyobb a szöghelyzet hiba okozta szétosztási egyenetlenség.

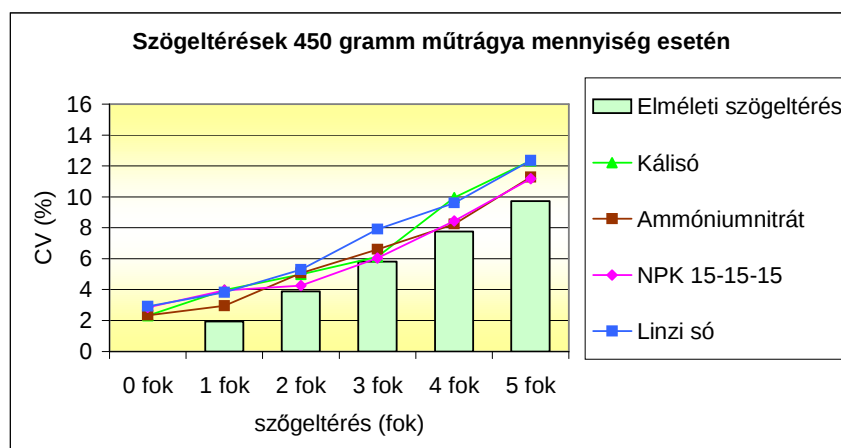
BETZWAR, 1992 3%-os lejtés esetén – amely megfelel 1,8 fok dőlésszögnek – észlelte, hogy az osztókúp dőlése torzítja a szétosztás egyenletességét. Eredménye egybevág az általam tapasztalt értékekkel.



**38. ábra. A szögeltérés okozta szétosztási egyenlőtlenségek
75 gramm műtrágya mennyiség esetén**



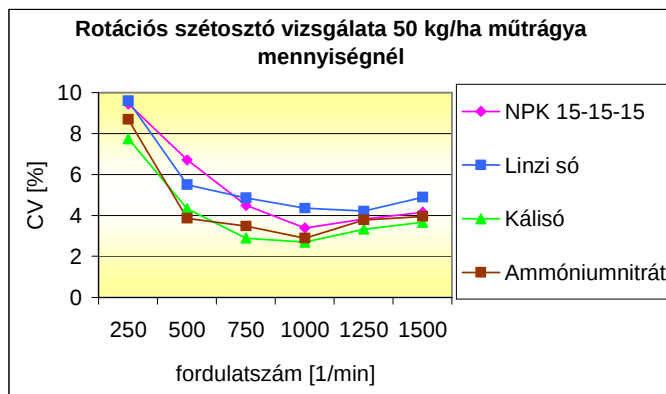
**39. ábra. A szögeltérés okozta szétosztási egyenlőtlenségek
225 gramm műtrágya mennyiség esetén**



**40. ábra. A szögeltérés okozta szétosztási egyenlőtlenségek
450 gramm műtrágya mennyiség esetén**

4.5. A rotációs szétosztó vizsgálatának eredményei

A rotációs szétosztó optimális fordulatszám meghatározásának mérési eredményei a 41. ábrán tanulmányozhatók.



41. ábra. A rotációs szétosztó vizsgálata különböző fordulatszámokon

Elemezve a diagramot a következő megállapítások tehetők:

- A fejlesztő mérnököknek az az általános véleménye, hogy a fordulatszám növelésével a rotációs szétosztó szórási egyenlőtlensége csökken, véleményem szerint csak korlátozottan helytálló. Méréseim szerint a kiválasztott négy műtrágya esetén 1000 1/min-ig a szórás egyenlőtlensége exponenciálisan csökkent. Alacsony fordulatszám esetén (250 1/min) az egyenlőtlen szétosztás magyarázható azzal, hogy a szétosztóban szakaszosan érkező műtrágya adagokat a forgórész lassú forgása miatt a kanalak nem tudják a terület mentén körben egyenletesen szétteríteni.
- Műtrágyák szétosztása esetén 1000 1/min felett kis mértékben újra növekedés figyelhető meg a szórás egyenlőtlenségében. A jelenség okának feltárása céljából magas fordulatszámokon is vizsgáltam a rotációs szétosztót (2000 1/min; 2350 1/min). A fordulatszám növelésével kiegyensúlyozatlansági problémák jelentkeztek a forgórészen, amelynek oka - véleményem szerint - a forgórész kettős kanálrendszerének szerkezeti kialakítása (3.5.1. fejezet 18. ábra). Tapasztalataim szerint 1000 1/min-nál magasabb fordulatszámokon a szétosztási egyenetlenség folyamatos növekedését a kiegyensúlyozatlan járás okozza.
- A vizsgálatokat 1500 1/min fordulatszámon elvégezve kismértékű szemcsetörést állapítottam meg NPK 15-15-15 és linzisó műtrágyák esetén. NPK 15-15-15 összetett műtrágyánál csak néhány roncsolódott szemcsét találtam, de a linzisó

műtrágya esetén a szemcsék törése - méréseim szerint - mintegy 10%-os volt. A kálisó és az ammóniumnitrát műtrágyák vizsgálatánál ilyen problémát nem észleltem.

- *ZHIZHONG et. al., 1994* szerint vetőmagvak esetén a rotációs szétosztó optimális fordulatszáma 800 l/min. Műtrágyák esetén véleményem szerint legegyszerűsebb a szétosztás 1000 l/min fordulatszámon anélkül, hogy a műtrágyaszemcsék sérülne a szétosztóban.
- *BETZWAR, 1992* vetőmagokkal vizsgálva a rotációs kiosztót átlagosan $CV=4,4\%$ szétosztási egyenlőtlenséget mért. Eredményei egybeesnek az általam tapasztalt értékekkel.

4.6. A fogazott hevederes kísérleti modell vizsgálatának eredményei

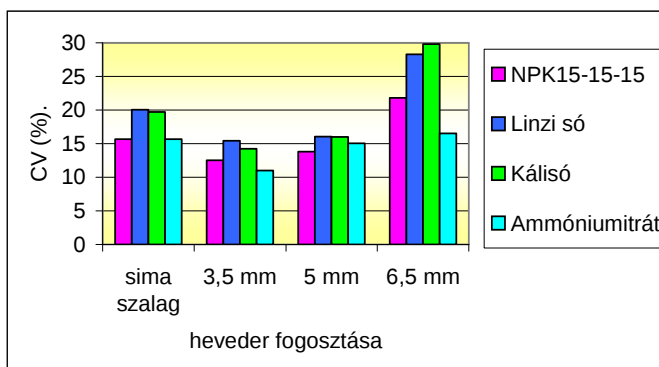
A kísérleti modell készítésének és vizsgálatának kettős célja volt. Egyrészt információt kívántam szerezni egy új típusú kiosztó, a kettős fogazott lapos szíj adagolási jellemzőiről. Másrészt a műtrágyaszemcséket továbbító külső fogazás optimális fogosztását kívántam meghatározni. A méréseket 2 műtrágya mennyiséggel végeztem el. A 150 kg/ha műtrágyamennyiség kijuttatásának eredményeit a **42. ábra**, míg a 300 kg/ha műtrágyamennyiség kijuttatási jellemzőit a **43. ábra** tartalmazza. A hosszirányú szórás egyenlőtlenséget ábrázoltam különböző fogosztású szíjak esetén.

Elemelve a diagramokat a következő megállapítások tehetők:

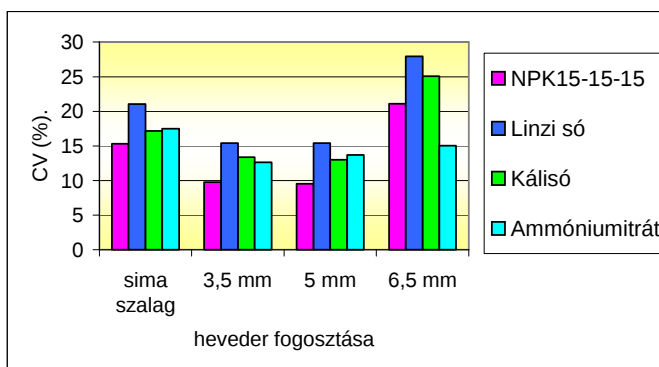
- Átlagosan 3,5 mm-es fogosztásnál volt legkisebb a hosszirányú szórás egyenlőtlensége.
- Bordázatlan szalag esetén a műtrágyaszóró gép rázkódása miatt a szemcsék elmozdultak eredeti helyükről és a szalagon lemaradtak arról a tartományról, amely a parcellahosszhoz volt beállítva. Így a mérés során lerakott mérőedényekben egyre kevesebb műtrágyatömeget mértem. A jelenség kihatott a hosszirányú szórás egyenlőtlenségre is, amely nagyobb lett, mint 3,5 mm-es bordázott szalag esetén. Problémát jelentett, hogy a parcellára kijuttatott műtrágya mennyisége csökkent. Sérült az a tervezési elv, hogy a parcellára maradék nélkül legyen képes kijuttatni a gép a műtrágyamennyiséget, ezért úgy döntöttem, hogy a bordázatlan szalag nem a megfelelő megoldás.
- Bordázott szalag esetén a heveder fogosztását növelve - elsősorban 6,5 mm-es fogosztás esetén - a szalagról leváló műtrágyafolyamban szakaszosság figyelhető

meg. A jelenség oka - megfigyelésem szerint - az, hogy az egy osztásközön belül lévő szemcsék egyszerre esnek le a forduló szalagról. Ha növeljük a borda osztásközét, egyre szaggatottabbá válik a kijuttatás, ami növeli a hosszirányú szórás egyenlőtlenséget. Tapasztalataim szerint az optimális osztásköz 3-4 mm a vizsgált műtrágyák kijuttatása esetén. Ugyanis ekkor az egymást követő szemcsék egymás utáni bordákban helyezkednek el.

- Érdekes megfigyelni, hogy a kisméretű és gördülékeny ammóniumnitrát szemcsék szórás egyenlőtlenség növekedése 6,5 mm-es fogosztás esetén nem volt jelentős. Tapasztalataim szerint az egy széles bordába lévő ammóniumnitrát szemcsék a többi műtrágyával ellentétben nem egyszerre váltak le a bordáról, hanem a fordulás szögének megfelelően kezdték el a kigördülést a szalagról.



**42. ábra. A kísérleti modell vizsgálata
150 kg/ha műtrágya kijuttatása esetén**



**43. ábra. A kísérleti modell vizsgálata
300 kg/ha műtrágya kijuttatása esetén**

4.7. A fejlesztett kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép bemutatása

A fő részegységek vizsgálataiból szerzett tapasztalatok, és a berendezéssel szemben megfogalmazott igények alapján kezdtem hozzá az új parcella-műtrágyaszóró gép tervezéséhez és megépítéséhez.

4.7.1. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép szerkezeti felépítése

4.7.1.1. A műtrágyaszóró gép járószerkezete

A berendezéshez a meglévő FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép járószerkezetét használtam fel. Kerekek: 2 db 20"-os gumikerék. Nyomtáv: 1,5 m.

4.7.1.2. A gravitációs osztókúp

A műtrágya-kijuttató egység első eleme egy gravitációs osztókúp, melyet a 3.4. fejezet vizsgálatai alapján építettem be. Az osztókúpból a beöntött műtrágya nyolc kivezető csövön távozik. A kivezető csövek közül 4-4 db a fogazott lapos szíj két oldalán elhelyezett 2 db. osztató lemezhez vezeti a szemcséket (**44. ábra**).



44. ábra. A gravitációs kúpból kivezető csövek és az osztató lemez

A kivezető rugalmas csövek (belső átmérő $d=25,4$ mm) az osztó lemez fölött elhelyezkedő bilincsekkel rögzíthetők a kívánt helyzetbe. A bilincsek és a bennük lévő rugalmas csövek helyzete az osztató lemez hossza mentén változtatható az ideális osztás

távolság függvényében. Az osztató lemez függőlegessel bezárt szöge szintén változtatható. Az ideális szögállást a 3.2.3. fejezetben leírt vizsgálataim alapján határoztam meg.

A 3.4. pontban leírt adagolóhenger és osztókúp egytengelyűsége a gravitációs kúp tartószerkezetén lévő 6 db M 8x1 mm-es csavarral állítható be.

A 3.4. pontban vizsgált osztókúp vízszintesége hosszirányban a csapágytartó kereten lévő állítócsavarokkal szabályozható be. Keresztirányú vízszinteség a járószerkezetre szerelt tartókeret emelésével vagy süllyesztésével távtartók segítségével biztosítható. A keresztirányú vízszinteség sík terepen nem okoz problémát. A vízszinteség a csapágytartó kereten lévő vízszintmérővel ellenőrizhető **(45. ábra)**.



45. ábra. Vízszintmérő a csapágytartó kereten

4.7.1.3. A fogazott heveder

A műtrágya kijuttató egység második eleme **(46. ábra)** a kétoldalon fogazott gumiheveder amely a 3.6. fejezetben leírt modellkísérletek vizsgálatai alapján készült el. A vályúszerűen kialakított gumiheveder belső szélessége 85 mm. A heveder belső fogosztása 9,5 mm, a heveder külső fogosztása 3,25 mm, fogmagasság kívül 1,25 mm. Fogaskerek szélessége elől, hátul: 4 db x 20 mm = 80 mm, fejkörátmérője: $d_a = 65$ mm.

A fogazott gumihevedert hajtó fogaskerek önbeálló házas mélyhornyú golyóscsapágyon lévő tengelyekre szereltek. Tengelytávolság 438 mm, a szalag hasznos hossza 410 mm.



46. ábra. A két oldalon fogazott heveder

A heveder két oldalára 20 mm magas oldalfalat készítettem 2 mm-es gumilemezből, így a műtrágya egy fogazott gumivályúban halad a rotációs csövenkénti szétosztó szerkezet felé. A megoldás előnyei, hogy a szemcsék bármilyen alakúak és nagyságúak a vályúból nem tudnak kiesni, a műtrágya a vályúban fémrészekkel nem, csak gumival érintkezik, ami a korrózió lehetőségét nagymértékben csökkenti. A fogazott hevederből egy terelőkúpon keresztül kerülnek a szemcsék a rotációs szétosztó garatába.

4.7.1.4. A hajtó szerkezet és a parcellahossz beállítása

A fogazott heveder hajtása lánckerekekkel történik, így a gép sebességével arányos a kijuttatott adagmennyiség (**47. ábra**). A talajkerekek 2 lépcsőben láncátvétellel hajtják a fogazott lapos szíjat, egy állandó 1:2 lassító áttétellel, és egy hétfokozatú lánchajtóművel.

Az összmódosítások a két láncátvételen: $i_1=4$; $i_2=3,5$; $i_3=3,111$; $i_4=2,8$; $i_5=2,454$; $i_6=2,333$; $i_7=1,647$ (HAGYMÁSSY, 2003/c).



47. ábra. A hajtó szerkezet

A parcellahossz kétféleképpen állítható be:

1. A 7 fokozatú lánchajtóművel; vagy
2. az ütközőlemez segítségével fokozatmentesen, a hevederre kerülő műtrágyaréteg hosszának állításával.

Kedvező a kétféle beállítási lehetőség, mert tapasztalataim szerint egyenletesebb a kijuttatás, ha a heveder hosszának legalább 60%-át kihasználjuk.

4.7.1.5. A rotációs szétosztó

A műtrágya kijuttató egység utolsó eleme (**48. ábra**).



48. ábra. A rotációs szétosztó

A Wintersteiger típusú rotációs szétosztóhoz a 3.5.2. pontban leírt mérések eredményei alapján terveztem és készítettem ékszíjhajtást.

Az ékszíjhajtás főbb adatai és méretezése *TOCHTERMANN - BODENSTEIN, 1986 és KOVÁCS, 1983* alapján:

Hajtó tárcsa: $d_{p1} \times l_p = \varnothing 45 \times 8,5 \text{ mm}$. Anyaga: Fe 235 [3]

Hajtott tárcsa: $d_{p2} \times l_p = \varnothing 106 \times 8,5 \text{ mm}$ Anyaga: danamit [4]

Áttétel: $i = \frac{d_{p2}}{d_{p1}} = \frac{n_1}{n_2} = 2,35$ [5]

A hajtó motor fordulatszáma: $n_1 = 2350 \pm 120 \text{ l/min}$

A hajtott szétosztó fordulatszáma: $n_2 = 1000 \pm 50 \text{ l/min}$.

Ajánlott tengelytávartomány: $a_{\min} = 0,7(d_{p1} + d_{p2}) = 151 \text{ mm}$; [6]

$a_{\max} = 2(d_{p1} + d_{p2}) = 302 \text{ mm}$. [7]

Valóságos tengelytáv: $a = 225 \text{ mm}$

Ékszíz: „Z” típusú; $l_o \times h_o = 10 \times 6 \text{ mm}$. [8]

Elméleti szíjhossz: $L_p = 2a + \frac{\pi}{2}(d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4a} = 691,3 \text{ mm}$ [9]

Választott szíjhossz: $L_p = 710 \text{ mm}$

Kerületi sebesség: $v_k = d_{p1} \cdot \pi \cdot n_1 = 5,53 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ < ajánlott $v_{\max} = 25 \dots 30 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ [10]

Hajtogatási frekvencia: $f = \frac{v_k}{L_p} \cdot x = 7,78 \frac{1}{\text{sec}}$ < ajánlott $f_{\max} = 30 \frac{1}{\text{sec}}$

[11]

Egy ékszíjjal átvihető névleges teljesítmény *KOVÁCS, 1983* alapján: $P_o = 800 \text{ watt}$.

Az áttételtényezőt (K_o), az átfogási szögtényezőt (K_1), a szíjhossz tényezőt (K_2), az üzemtényezőt (K_3) és a szíj darabszám tényezőt (K_4) *KOVÁCS, 1983* alapján határoztam meg.

Átvihető maximális teljesítmény: $P_1 = \frac{P_o}{K_3} \cdot K_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_4 = 636 \text{ watt}$ [12]

Az átvihető maximális teljesítmény $P_1 = 636 \text{ watt}$ nagyobb, mint a ténylegesen szükséges teljesítmény $P_{\text{mot}} = 200 \text{ watt}$, ezért a hajtás megfelelő.

A villanymotor hajtása a tartókereten lévő akkumulátorról történik, a gépkezelő által működtetett kapcsoló segítségével. Kistraktorral vagy parcellatraktorral vontatva az erőgép áramforrásához is kapcsolható.

4.7.1.6. A műtrágya keresztirányú elosztása

A műtrágya talajközelsbe juttatását és keresztirányú elvezetését $d=25,4$ mm belső átmérőjű textilbetétes áttetsző műanyag csövek végzik. A rugalmas csövek könnyen hajlíthatóak, de alaktartóak, így műtrágyadugulás nem fordulhat elő. Fontos a csövek meredeksége az eltömődési veszély miatt (BETZWAR, 1987). Vizsgálataim során ilyen problémát nem tapasztaltam. Az elkészült berendezésen minden cső általában 60° -os meredekségű, vannak kevésbé meredek szakaszok is, ahol minimálisan 50° -os a csövek függőlegessel bezárt szöge. A hajlékony csöveket a talajtól állítható magasságú keresztlécen bilincsekkel lehet rögzíteni. A bilincsek gyorsan oldható szárnyas anyákkal keresztirányban könnyen áthelyezhetők (49. ábra).



49. ábra. A műtrágya keresztirányú elosztása

A rotációs szétosztó fejrészének cseréjével változtatható a kijuttató csövek száma. A csövek keresztirányú mozgatásával 1,5 m-ig bármilyen sortávhoz, munkaszélességhez beállíthatóak. Teljes felületre szórás esetén a csövek alá egy osztató ütköző lemez szerelhető fel, melynek magassága és függőlegessel bezárt szöge is állítható. A 3.2.3. pontban ismertetett mérések alapján optimális szögét meghatároztam.

4.7.1.7. A műtrágyaszóró tartószerkezete

A járszerkezetre felépített műtrágya kijuttató egység tartószerkezete egy mozdulattal könnyen leszerelhető. A tartószerkezet 40x40x2 mm-es, hidegen hajlított zártszelvényű idomacélból készült, hegesztett keretes szerkezetű, a kellő merevség biztosítására. A csapágytartó keret 20x60x2 mm-es, hidegen hajlított zártszelvényű idomacélból készült, szintén hegesztett keretes szerkezetű.

A műtrágyával érintkező részek általában vagy gumiból, vagy műanyagból készültek. A rotációs kiosztó anyaga Al-ötvözet. A műtrágyával érintkező acél alkatrészeket alapozó, ólomperoxid réteggel, majd zománcfesték bevonattal láttam el.

4.7.2. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép működése



50. ábra. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép traktorral vontatott változata

A kisparcellás műtrágyaszóró gépet lehet kistraktorral vontatni, ilyenkor a gépkezelő a kistraktor és a szórógép között kialakított ülésen ül **(50. ábra)**. A műtrágyaszórót lehet kézzel tolni **(51. ábra)**, vagy parcella traktorhoz kapcsolni. Munkaszélessége 1,5 m-ig fokozatmentesen állítható, a parcellahossz fokozatokban és fokozatmentesen is szabályozható, ajánlott parcellahossz maximálisan 15 m.

A műtrágyaszóró gép a parcella hosszában előre kimért műtrágyamennyiséget juttatja ki, maradék nélkül. A gép tároló ládáiban lévő számozott dobozokban lehet előkészíteni az előre pontosan lemért mennyiségű és összetételű műtrágyát **(52. ábra)**.



51. ábra. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép kézzel tölt változata



52. ábra. A tároló ládákban előkészített műtrágya

A gépkezelő az előzőleg parcellánként lemért műtrágyamennyiséget a betöltő tölcserbe tölti. A parcella előtt kinyitva a tölcser a műtrágya a gravitációs kúpon szétoszlik a 8 hajlékony csőbe. Innen két ütközőlemezen keresztül a szemcsék elrendeződnek egy kétoldalasan fogazott lapos szíjra. A fogazott hevederen elhelyezkedő műtrágyaréteg hossza ütközőlemezekkel állítható. A fogazott lapos szíj a talajkerekekről láncáttételen át kapja a hajtást, így a kijuttatott adagmennyiség a haladási sebességtől független. A lánckerék áttétel 7 fokozatban állítható, amellyel a parcellahossz szabályozható. A fogazott lapos szíjról a szemcsék a rotációs kiosztóba esnek, amely kanalas forgórésze kíméletesen és pontosan a kijuttató hajlékony csövekbe továbbítja a műtrágyát. A

rotációs kiosztó fejrésze cserélhető, attól függően hány kijuttató csőben osztjuk szét a szemcséket. Kistraktorral vontatott műtrágyaszórás esetén a berendezés 2 db lazán illesztett vonószemmel vontatott, amely egyrészt biztosítja az iránytartást, másrészt megengedi a talaj egyenetlenségek miatti mozgás különbségét a traktor és a műtrágyaszóró gép között. A gépkezelő a traktor és a műtrágyaszóró gép között foglal helyet a kistraktor vonórúdjára szerelt ülésen, így nem terheli a könnyű szerkezetű műtrágyaszórót (50. ábra).

4.7.3. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép fejlesztésének értékelése



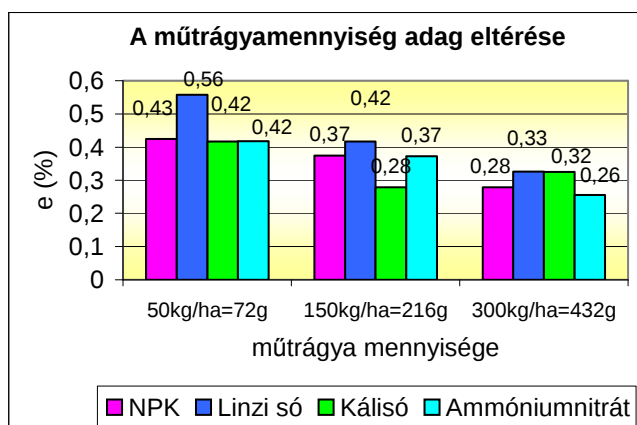
53. ábra. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép

Értékelve a fejlesztett kísérleti parcella-műtrágyaszóró gépet, kijelenthető hogy részegységeiben is több eddig még nem alkalmazott műszaki megoldást tartalmaz. Egészében vizsgálva a kísérleti műtrágyaszóró egy olyan önálló tervezésű, és fejlesztésű gép, amely szerkezeti felépítésében és működési elvében is alapvetően különbözik a hasonló kialakítású berendezésektől (53. ábra). A tervezést és a kivitelezést számtalan vizsgálat és elméleti módszer fejlesztése előzte meg. Mindezek figyelembe vételével megállapítható, hogy a kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép tudományos megalapozottsággal készült fejlesztő munka eredménye.

4.8. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép munkaminőségi vizsgálatának eredményei

4.8.1. Az adagolás egyenlőtlenség vizsgálatának értékelése

A műtrágyamennyiség adageltérése az **54. ábrán** figyelhető meg. Elemezve a diagramot megállapítható, hogy a kísérleti műtrágyaszóró gép adagolás egyenlőtlensége (e) – melynek meghatározását a 3.2. fejezetben ismertettem - nagyságrendekkel alacsonyabb, mint a szabványban előírt megengedett érték. A kísérleti műtrágyaszóró esetén az (e) értéke 0,26-0,56%, a szabványos (e) megengedett értéke 5%. A kijuttatott műtrágya mennyiség pontossága a műtrágyaszóró gép működési elvéből következik. A műtrágya parcellánként előre dobozokban lemért. A műtrágyaszóró gép miközben végighalad a parcellán, maradék nélkül kijuttatja a területre a parcella elején a gépbe töltött műtrágya mennyiséget.



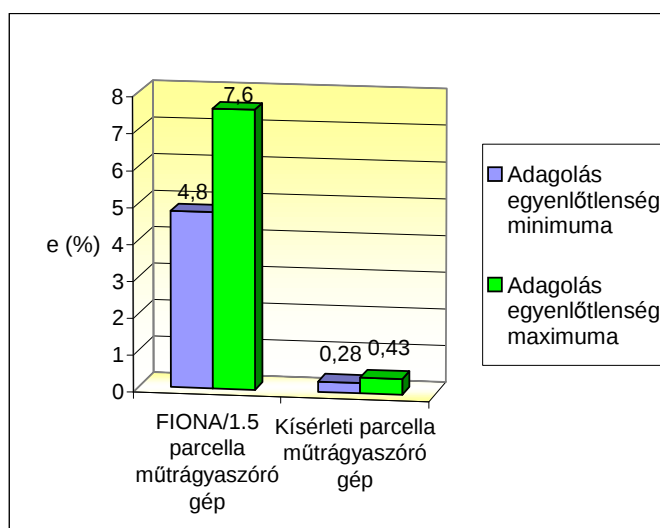
54. ábra. A műtrágya mennyiség kijuttatásának adagolás egyenlőtlensége

Összehasonlítottam a fejlesztett kísérleti parcella-műtrágyaszóró gépet a FIONA/1.5 folyamatos mennyiséget szóró parcella-műtrágyaszóró géppel. A kijuttatott műtrágya mennyiség pontossága az **55. ábrán** tanulmányozható. A diagramon megfigyelhető, hogy a kijuttatott műtrágya mennyiség adagolás egyenlőtlenségében a különbségek a két gép között igen nagyok. A jelenség magyarázata ebben az esetben is az, hogy a fejlesztett műtrágyaszóró gépbe betöltött műtrágya mennyiséget 0,1 gramm pontosságú mérlegen mértem le és azt a gép maradék nélkül kijuttatta a mérődobozokba.

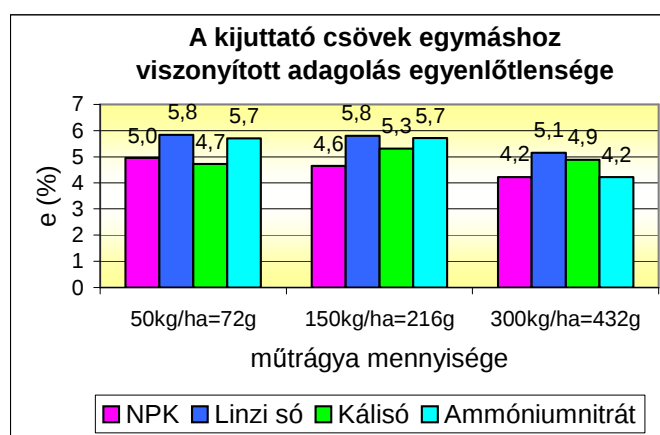
Tapasztalataim szerint a kijuttatott adagmennyiség pontosságát a kísérleti parcella-műtrágyaszóró gépen is leronthatják, főleg beállítási problémák és emberi tényezők.

Néhány példa:

- nem megfelelően beállított parcella hossz,
- a betöltő tölcser pontatlan nyitása,
- egyenetlen parcella ösvény,
- egyenetlen haladási sebesség, különösen a lökészerű változások a haladási sebességben okoznak problémát.



55. ábra. A FIONA/1.5 és a kísérleti műtrágyaszóró gép adagolás egyenlőtlenségének összehasonlítása NPK 15-15-15 műtrágya szórása esetén



56. ábra. A kísérleti műtrágyaszóró gép kijuttató csövenkénti adagolás egyenlőtlensége

Mértem a kijuttató csövek egymáshoz viszonyított adagolás egyenlőtlenségét. A vizsgálat eredményeit az **56. ábra** tartalmazza. Összehasonlítva a mérés eredményeit a 4.1.1. fejezetben közölt FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép vizsgálatának eredményeivel, a következő megállapítások tehetők.

- FIONA/1.5 műtrágyaszóró gép 90 kg/ha műtrágyamennyiségnél: $e=28\%$.
Kísérleti műtrágyaszóró gép 50 kg/ha műtrágya mennyiségnél: $e=4-5,2\%$.
- FIONA/1.5 műtrágyaszóró gép 248 kg/ha műtrágyamennyiségnél: $e=12\%$.
Kísérleti műtrágyaszóró gép 300 kg/ha műtrágya mennyiségnél: $e=4,2-5,1\%$.

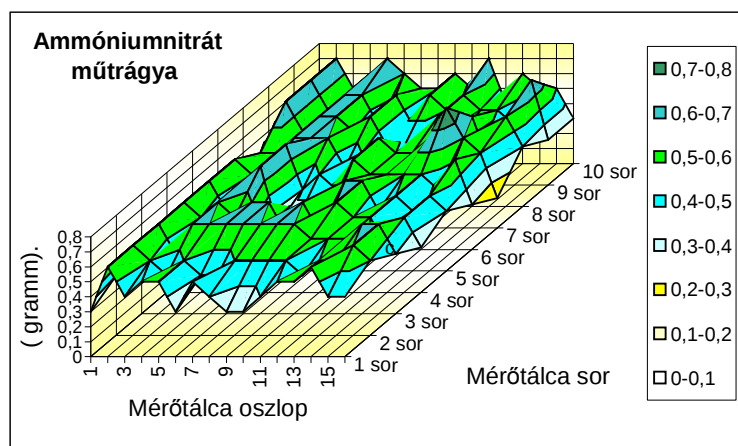
Megállapítható, hogy fejlesztett műtrágyaszóró gép a kijuttató csövekbe egyenletesebb műtrágyamennyiséget juttat, amely elsősorban a rotációs szétosztó jó működésére utal.

4.8.2. A szórás egyenlőtlenségi vizsgálat eredményeinek értékelése teljes felületre szórás esetén

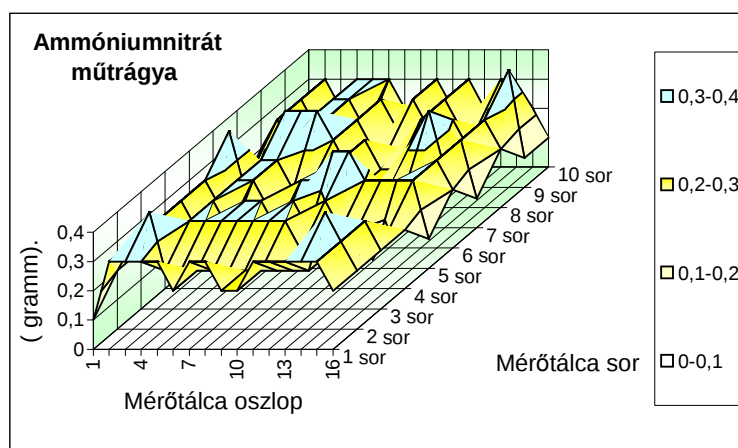
A vizsgálatok egy parcelladarabon történtek, ezért a kapott eredmények lehetőséget adtak arra, hogy egy új megoldást alkalmazzak az adatok elemzésében. A 160 db mérőtálca eredményeit felhasználva 3 dimenziós képen megrajoltam az egyes területelemekhez tartozó műtrágya mennyiséget. Az eredmény egy szemléletes szóráskép, amelyen nyomon követhető, hogy a vizsgált terület egyes részein mennyi a kijuttatott műtrágya mennyisége.

Ammóniumnitrát műtrágya teljes felületre szórása esetén ábrázoltam a lemerített műtrágya mennyiségeket, az **57. ábrán** 300 kg/ha, az **58 ábrán** 150 kg/ha műtrágyamennyiség szórása esetén.

Elemezve a szórásképet a sötétebb tónusú helyek nagyobb műtrágya koncentrációra, míg a világosabbak kisebb adag mennyiségre utalnak. A szórásképeken megfigyelhető, hogy a parcella szélein az első és az utolsó oszlopban kevesebb a mért műtrágya mennyiség. Ez a szélhatás jelensége csak ütközőlemez használatakor, teljes felületre szóráskor lép fel. A négy műtrágyatípus méréseit követően a szórásképeket elkészítettem.



**57. ábra. Teljes felületen szórás képe 300 kg/ha
műtrágya mennyiség esetén**



**58. ábra. Teljes felületen szórás képe 150 kg/ha
műtrágya mennyiség esetén**

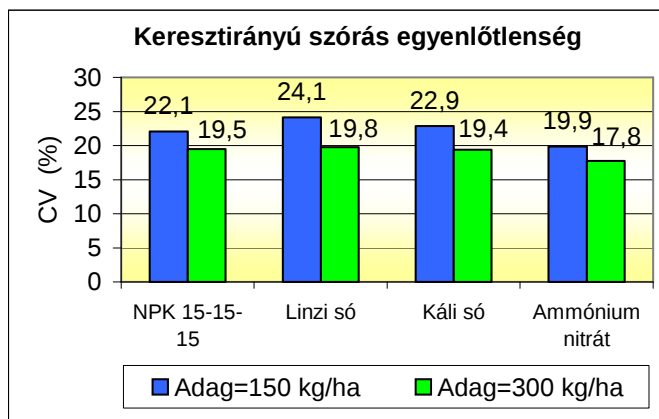
A szórásképek tanulmányozása szemléletes képet ad a műtrágya parcellán belüli eloszlásáról, de számszerű összehasonlításokra nem ad lehetőséget. A mérések eredményeiből ezért meghatároztam a keresztirányú és a hosszirányú szórás egyenlőtlenségek variációs tényezőit (CV). A kapott eredményeket az **59. és a 60. ábrán** lévő diagramokon mutatom be.

Elemelve a diagramokat a következő megállapítások tehetők:

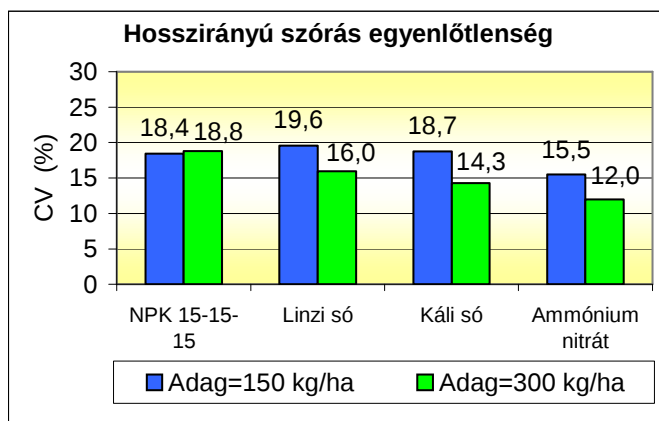
- Kisebb adagmennyiség (150 kg/ha) kijuttatásakor általában nagyobb a szórás-egyenlőtlenség.
- A variációs tényezők számszerű értékében az egyes műtrágyatípusok között nem volt lényeges különbség, de az a tendencia, hogy a nagyobb szemcseméretű

műtrágyának (linzisó) nagyobb a szórás egyenlőtlensége, míg a kisebb szemcsemérettel rendelkezőnek (ammóniumnitrát) alacsonyabb a variációs tényezője, itt is felfedezhető.

- Vizsgálataimat összehasonlítva OYJORD, 1984 200x200 mm-es tálcákkal mért eredményeivel megállapítható, hogy a kísérleti parcella-műtrágyaszóró keresztirányú szórás egyenlőtlensége (CV=17,8-24,1%) kedvezőbb, mint az Oyjord által vizsgált kúpos-szalagos és kúpos-cellás parcella gépeké (CV=23,3-26,4%).



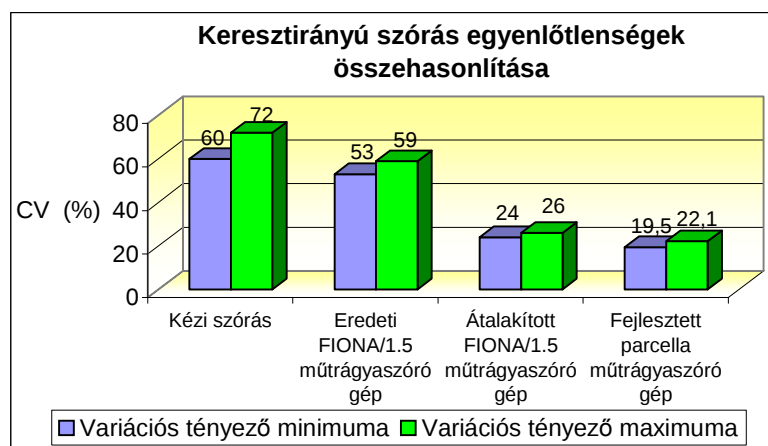
59. ábra. Keresztirányú szórás egyenlőtlenség teljes felületre szórás esetén



60. ábra. Hosszirányú szórás egyenlőtlenség teljes felületre szórás esetén

A parcellakísérletek során a parcellánként különböző mennyiségű műtrágya kijuttatását a legtöbb helyen, kézi úton előre kimért műtrágyával végzik. Feladatombnak tartottam ezért, hogy összehasonlításokat végezzek a kézi szórás és a gépi szórás munkaminőségi jellemzői között. Egy gyakorlott növénytermesztőt kértem meg, aki parcella-kísérleteknél szokott kézi műtrágyaszórást végezni, hogy az általam készített

vizsgálópádon végezzen próbaszórást. A mérés eredményeiből variációs tényezőket számoltam.



61. ábra. Keresztirányú szórás egyenlőtlenségek összehasonlítása teljes felületre szórás esetén

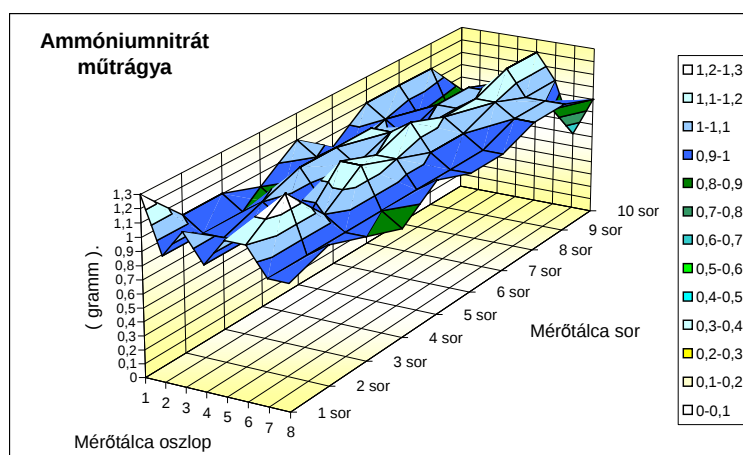
Az **61. ábrán** egy összesítő diagramon mutatom be a kézi szórás, az eredeti FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszó gép, a 3.2. fejezetben ismertetett átalakított FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép és a fejlesztett kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép keresztirányú szórás egyenlőtlenségeit jellemző variációs tényezőket.

Elemmezve a diagramot az alábbi megállapítások tehetők:

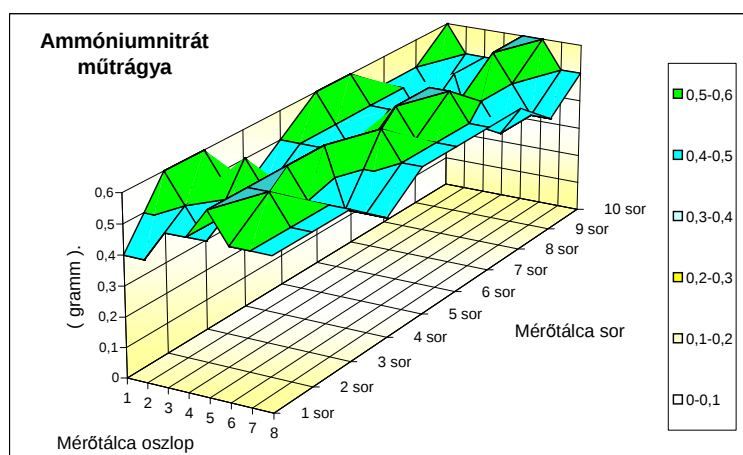
- Keresztirányban a legegyenlőtlenebb szórás képe a kézzel kiszórt műtrágyának volt $CV=60-72\%$.
- Meglepően magas variációs tényező számolható az eredeti FIONA/1.5 gép mérési eredményeiből. $CV=53-59\%$. Tapasztalataim szerint ennek oka az, hogy a 15 cm osztástávolságú tolóhengerekből leeső szemcsék sávokban kerültek a mérő tálcákba. A kisméretű 7,5 cm széles mérőtálcák kimutatták ezt a keresztirányú szórás képbeli ingadozást.
- A jól beállított oszlató - ütközőlemez az átalakított FIONA /1.5 műtrágyaszóró gép esetén a keresztirányú variációs tényező lecsökkentette $CV= 24-26\%$ -ra.
- A fejlesztett kísérleti műtrágyaszóró gépen lévő rotációs szétosztó egyenletesebb szétosztásra képes, mint a tolóhenger. Ezt alátámasztják a 4.5. alfejezet kísérletei is. A mért variációs tényező $CV=19,5-22,1\%$.
- Megállapítható hogy a 4 szórási eljárás közül a kísérleti parcella-műtrágyaszórónak a legalacsonyabb a keresztirányú szórás egyenlőtlensége.

4.8.3. A szórás egyenlőtlenségi vizsgálatok eredményeinek értékelése sorszórás esetén

A vizsgálatok ebben az esetben is egy parcelladarabon történtek, amely lehetőséget adott arra, hogy a mérések eredményeit felhasználva egy szemléletes szórásképet rajzoljak. A szórásképen nyomon követhető a soronként és oszloponként kijuttatott műtrágya mennyisége. Ammóniumnitrát műtrágya sorszórása esetén ábrázoltam a mérőtálcákban lemerített műtrágya mennyiségét. Az **62. ábrán** 300 kg/ha műtrágya adag kijuttatása esetén, míg az **63. ábrán** 150 kg/ha műtrágya mennyiség kijuttatása esetén tanulmányozható a szórásképet.



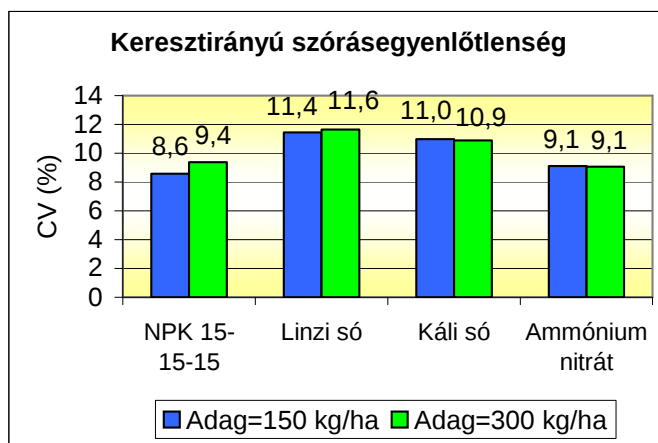
**62. ábra. Sorszórás képe 300 kg/ha
műtrágya mennyiség esetén**



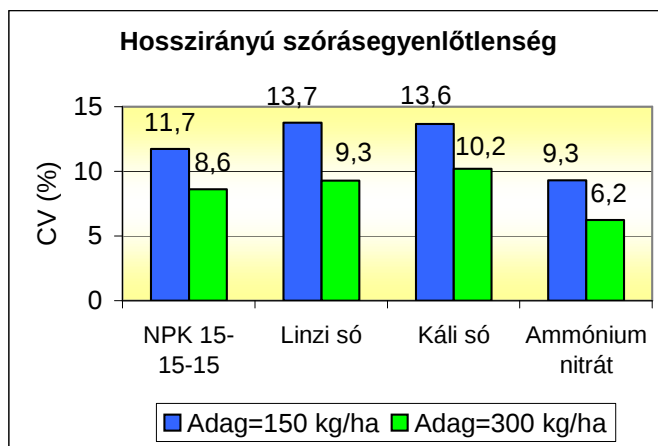
**63. ábra. Sorszórás képe 150 kg/ha
műtrágya mennyiség esetén**

Elemelve a diagramokat az alábbi megfigyelések tehetők:

- Az egyenletes szórásképet sorszórás esetén nem torzította el a szélhatás jelensége összehasonlítva a teljes felületen szórással.
- 300 kg/ha és 150 kg/ha műtrágyamennyiségnél egy hosszirányú sáv felfedezhető a negyedik - hatodik mérőtálca oszlop környezetében, ami valószínűleg a rotációs szétosztó hibája.



64. ábra. Keresztirányú szórás egyenlőtlenség sorszórás esetén



65. ábra. Hosszirányú szórás egyenlőtlenség sorszórás esetén

Sorszórás esetén is egzakt értékekkel kívántam jellemezni a fejlesztett parcella-műtrágyaszóró gépet. A mérések eredményeiből ezért meghatároztam a keresztirányú és a hosszirányú szórás egyenlőtlenségek variációs tényezőit (CV). A kapott eredményeket a **64. ábrán** és a **65. ábrán** megrajzolt diagramokon mutatom be.

Értékelve a diagramokat az alábbi megállapítások tehetők:

- A keresztirányú szórás egyenlőtlenségek variációs tényezője átlagosan a fele a teljes felületre szórás értékeinek. Ennek oka egyrészt, hogy teljes felületen szórásnál az osztató ütközőlemez csak bizonyos határig képes javítani a szórás egyenlőtlenségen, és a szélhatás jelensége, ami tapasztalataim szerint nagyon lerontja a variációs tényezőt.
- A nagyobb geometriai méretű szemcsék (linzisó) kijuttatásánál fellépő nagyobb szórás egyenlőtlenség jelensége itt is felfedezhető.

4.8.4. A parcella kezdetén és végén végzett szórásvizsgálatok eredményei

A 8 oszlop x 3 sor = 24 mérőtálcán összegyűjtött műtrágyamennyiséget lemérve térben ábrázoltam a parcella elejének és végének szórásképét.

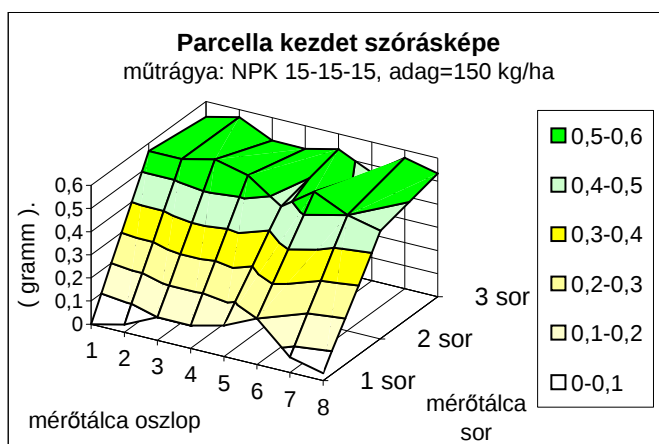
4.8.4.1. A parcella elején végzett vizsgálatok értékelése

A **66. ábrán** NPK 15-15-15 összetett műtrágya 150 kg/ha adag mennyiség kijuttatása esetén, a parcella elejének szórási jellemzői tanulmányozhatóak. A szórásképen 0,1 g-os lépésenként ábrázoltam a sávosan kiszórt műtrágya mennyiségeket. A **67. ábrán** a műtrágya ammóniumnitrát, a kijuttatott mennyiség 300 kg/ha. A szórásképen 0,15 g-os lépésenként ábrázoltam a sávokban kiszórt műtrágya mennyiséget. A szórásképek tanulmányozása után levonható következtetések:

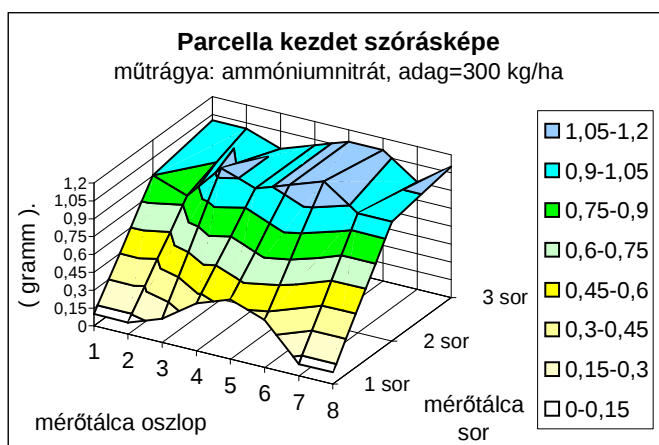
- Különböző műtrágyatípusok és műtrágyamennyiségek vizsgálatait követően kijelenthető, hogy a parcella elején az első 20-30 cm megtétele után kialakul a parcella egészére jellemző szóráskép. A diagramokon egy mérőtálca sor hossza 22,5 cm.

Vizsgálati eredményeimet összehasonlítottam *BETZWAR, 1992* mérési eredményeivel. Betzwar kúpos-cellás kiosztóval szerelt gép esetén 50-60 cm hosszon tapasztalt torzulásokat a parcella elejének szórásképében, míg kúpos-szalagos gép esetén a torzulások 30-40 cm úthossz megtételéig jelentkeztek.

Megállapítható, hogy a fejlesztett kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép használatakor a parcella elején a teljes mennyiség kijuttatása rövidebb útszakasz megtétele után alakul ki, mint a kúpos kiosztóval rendelkező gépeken.



**66. ábra. A parcella elejének szórásképe
150 kg/ha műtrágya kijuttatása esetén**



**67. ábra. A parcella elejének szórásképe
300 kg/ha műtrágya kijuttatása esetén**

- A teljes szóráskép kialakulása folyamatosan megy végbe a kísérleti műtrágyaszóró gépen. Összehasonlítva a kúpos rendszerű gépekkel, amelyeknél a változások nem folyamatosak, több részre is oszthatóak és mindig tartalmaznak egy útszakaszt, ahol a kijuttatott műtrágyamennyiség átlagosan másfélszerese a parcella egészére jellemző szórás mennyiségnek (BETZWAR, 1992).

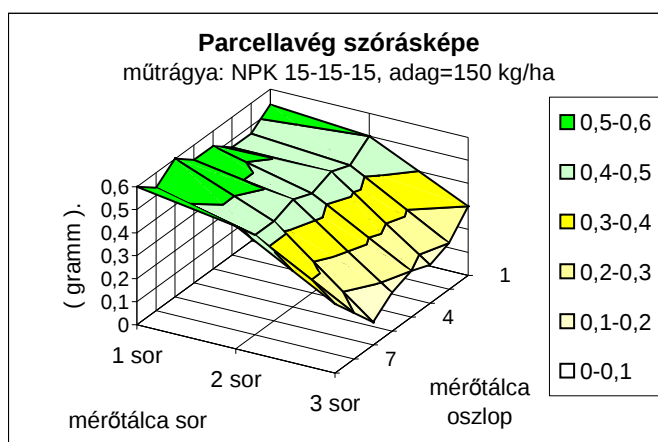
Álláspontom szerint a kísérletek szempontjából kedvezőbb, ha a parcella elején nincsenek ugrásszerű változások a kijuttatott műtrágya mennyiségében.

- A térbeli szórásképeken jól kivehető az ékhatás „flat wedge” is, bár nagyon kis mértékű. Az ék alakú szóráskép a parcella elején és végén összhangban áll a BETZWAR, 1987 által tapasztalt jelenséggel. Magyarázata, hogy a szélső kijuttató

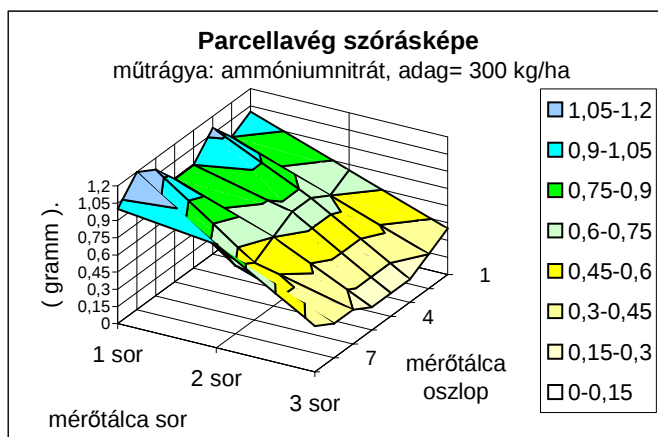
csövekben egyre hosszabb utat tesz meg a műtrágya, mint a középben lévőekben, ezért a szórásképen ék alakúak a sávok. A fejlesztett műtrágyaszóró gépen a különbség a leghosszabb és a legrövidebb kijuttató cső között mindössze 18 cm. Tapasztalataim szerint a jelenség a kezdeti (átlagosan) 20 cm megtétele után megszűnik.

4.8.4.2. A parcella végén végzett vizsgálatok értékelése

A parcella befejezésének környezetében is lemértem a mérőtálcákban összegyűjtött műtrágya mennyiségeket és a kapott adatokból térbeli szórásképet rajzoltam.



**68. ábra. A parcella végének szórásképe
150 kg/ha műtrágya kijuttatása esetén**



**69. ábra. A parcella végének szórásképe
300 kg/ha műtrágya kijuttatása esetén**

A **68. ábrán** mutatom be az NPK 15-15-15 műtrágyával 150 kg/ha műtrágya mennyiséggel végzett mérés eredményét, míg a **69. ábrán** tanulmányozható az ammóniumnitrát műtrágyával, 300 kg/ha mennyiséggel végzett mérés szórásképe.

Értékelve a diagramokat a levonható következtetések:

- Összességében a parcella végén ugyanazok a jelenségek megfigyelhetők, mint a parcella elején néhány különbséggel kiegészítve.
- A műtrágyamennyiség folyamatos csökkenése és az ékhatás „flat wedge” fordított irányban játszódik le, mint a parcella elején.
- A műtrágya mennyiség folyamatos csökkenése, tapasztaltaim szerint hosszabb útszakaszon zajlik le (30-40 cm), mint a parcella elején. Különösen ammóniumnitrát műtrágyánál (**69. ábra**) látható, hogy a sávok jobban elnyújtottak, ahol ez a szakasz átlagosan 40-50 cm hosszú.

A jelenség magyarázata véleményem szerint, hogy míg a műtrágya végig vándorol a fogazott hevederen a rezgések következtében enyhén eloszlik, s néhány szemcse átugorhat a következő fogárokba.

- Összehasonlítva mérési eredményeimet *BETZWAR, 1992* vizsgálataival megállapítható, hogy a fejlesztett kísérleti műtrágyaszóró gép hasonló útszakasz megtétele során (30-50 cm) fejezi be a szórást, mint a kúpos rendszerű parcella gépek. A szórásképp viszont kedvezőbb a kísérleti parcella-műtrágyaszóró esetében, mert folyamatos csökkenés figyelhető meg a parcella végén a kijuttatott mennyiségben, a kúpos rendszerű gépek esetében viszont általában ugrásszerűek a változások.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép átalakítása és vizsgálata során megfogalmazható következtetések

1. Tolóhengeres adagolószerkezet esetén az adagolónyelv helyzete nagymértékben befolyásolja a kijuttatott műtrágyamennyiséget és a keresztirányú szórás egyenlőtlenségét. A beállító táblázat szerinti mennyiség kijuttatásához az 5-ös adagolónyelv az ideális, a keresztirányú szórás egyenlőtlenség viszont a 3-as, esetleg 4-es adagolónyelv állásnál az optimális.
2. Megállapítható, hogy a műtrágyaszóró adagolás egyenlőtlensége (e) a szabványban előírt $e_{\max.}=5\%$ alatt van. Az adagmennyiség csökkenésével az adagolás egyenlőtlensége nő (pl. 90 kg/ha kijuttatása esetén már nem megfelelő az $e=7,6\%$ értéke).
3. Méréseim alapján megállapítottam, hogy a 30 eltérő adagolókar állásnál a beállítható és a ténylegesen kijuttatott műtrágyamennyiség között az eltérés = 15-55%. Az eltérés nem állandó mértékű, műtrágya típusonként az adagolókar állításával egy másik mennyiségre arányosan nem számíthatóak át a kijuttatott adagok. A szórni kívánt műtrágya mennyiséget minden esetben leforgatási próbával szükséges ellenőrizni.
Kis mennyiségű műtrágya kijuttatása esetén (100 kg/ha alatti adag) a műtrágya mennyiség pontossága még így is bizonytalan (eltérés=30-55%).
4. Teljes felületre szórás esetén a felszerelt és helyesen beállított osztató ütközőlemez jelentős javulást idézett elő a keresztirányú szórás egyenlőtlenségben $CV=56\%$ -ról, $CV=24-26\%$ -ra.

Az osztókúp vizsgálatából levonható következtetések

1. Bizonyítható, hogy az osztókúp és az adagoló henger excentricitásából eredő szétosztási egyenlőtlenséget modellező közelítő elméleti eljárás a valóságos viszonyok leírására alkalmas.
Kijelenthető hogy az elmélet, miszerint az átömlő nyílás körcikkszegmensének területe arányos a kivezető csöveken kiáramló műtrágyamennyiséggel - méréseim szerint - helytálló.

Megállapítható, hogy 0,25-0,5 mm excentricitás okozta szétoztási egyenetlenség a mérésekkel már kimutatható, és arányos az elméletileg meghatározott variációs tényezővel.

2. Az osztókúp szöghelyzet hibájából keletkező szétoztási egyenetlenséget modellező számítógépes program, közelítő eljárásnak tekinthető. Méréseim alapján megállapítható, hogy a közelítő elméleti módszer mind tendenciájában, mind nagyságában képes modellezni a szöghelyzet hibából eredő eltéréseket.

Mind az elméleti modell, mind a mérések azt bizonyítják, hogy már 2-3°-os szög eltérés is jelentős változás idéz elő a szétoztás egyenetlenségében.

A rotációs szétoztó vizsgálatából levonható következtetések

1. Kijelenthető, hogy a rotációs szétoztó helyesen beállítva egy pontos eszköz a műtrágyák kijuttatására.
2. Tapasztalataim szerint az 1000 l/min-es optimális fordulatszám a vizsgált műtrágyák esetén kedvező szétoztást biztosít. Megfigyelésem szerint a szétoztás egyenetlenségét lerontja, ha a rotációs szétoztó garatába egyenetlen adagokban kerülnek a szemcsék, vagy ha féloldalas a bekerülő szemcsefolyam.

A kísérleti modell vizsgálatából levonható következtetések

1. A két oldalon fogazott gumihevederes modell a kísérlet során kedvező eredményt adott. A fogazott gumivályúban lévő műtrágya biztonságosan halad a kiömlő nyílás felé. A belső fogazás miatt a szalag nem csúszik meg, a külső fogazás következtében még a modell erőteljes mozgásakor sem mozdulnak el a szemcsék a helyükről.
2. A kísérleti modell méréseredményeiből szerzett ismeretek birtokában a fejlesztett parcella-műtrágyaszóró fogazott hevederének fogazatát 3,25 mm-re választottam.

A munkaminőségi vizsgálatokból levonható következtetések

1. Megállapítható, hogy a fejlesztett műtrágyaszóró adagolás egyenlőtlensége nagyságrendekkel kisebb, mint a vizsgált FIONA/1.5 folyamatos szóró parcellagépé, ezért

ha a kísérletek során fontos az egymást követő parcellákra kijuttatott műtrágya mennyiség pontossága, a szakaszosan szóró parcella-műtrágyaszóró gép használata ajánlott.

2. Vizsgálataim alapján kijelenthető, hogy a fejlesztett műtrágyaszóró keresztirányú szórás egyenlőtlensége ($CV=19,5-22,1\%$) is kedvezőbb, mint a vizsgált FIONA/1.5 ($CV=24-26\%$) folyamatosan szóró parcella-műtrágyaszóró gépe.
3. A kézi szórás egyenlőtlensége ($CV=60-72\%$) vizsgálataim alapján messze elmarad a gépi szórás jellemzőitől ($CV=19-26\%$).
4. Mérések alapján bizonyítottam, hogy sorszórás esetén a fejlesztett parcella-műtrágyaszóró gép szórás egyenlőtlensége kisebb, mint a teljes parcellafelületre szórás esetén ($CV=8,6-11,6\%$).
5. Vizsgálataim alapján megállapítható, hogy a parcella elején és végén a fejlesztett műtrágyaszóró kedvezőbb szórási jellemzőkkel rendelkezik, mint az egyébként elterjedt és pontos Oyjord-féle kúpos-cellás és Hege-féle kúpos-szalagos gépek.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban a szántóföldi kisparcellás kísérletek során a műtrágyaszórás gépesítése általában nem megoldott. Különösen igaz ez azoknál a kísérleteknél, ahol az egymást követő parcellákra különböző mennyiségű és hatóanyag tartalmú műtrágyát kell kijuttatni. Ennek a legtöbb helyen kézi úton végzett munkaműveletnek a gépesítésére kívántam megoldást adni.

Elsőként egy FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép munkaminőségi vizsgálatait végeztem el. Kimutattam az adagolás egyenlőtlenségének, szórás egyenlőtlenségének hibáit. Megállapítottam működésének hiányosságait.

A vizsgálatok alapján szerzett ismeretek és a megfogalmazott célok alapján megterveztem és elkészítettem egy új parcella-műtrágyaszóró gépet. A fejlesztett parcella-műtrágyaszóró gép, különböző mennyiségű és összetételű műtrágyát képes az egymást követő parcellákra kijuttatni anélkül, hogy közben megállna. A berendezés végighaladva a parcellán, az előre kimért műtrágyamennyiséget juttatja ki, maradék nélkül. A parcellánként szükséges mennyiségű és összetételű műtrágyát, számozott dobozokban lehet előkészíteni. A kisparcellás műtrágyaszóró gép vontatható traktorral, ilyenkor a gépkezelő a traktor és a szórógép között kialakított ülésen ül. A műtrágyaszóró gép tolható kézzel, vagy üzemeltethető parcella traktorral. Munkaszélessége 1,5 m-ig fokozatmentesen állítható, a parcellahossz fokozatokban és fokozatmentesen is szabályozható.

A fejlesztett gép előnyei: különböző összetételű műtrágyák kijuttathatók vele, érzéketlen a szemcsék alakjára, méretére, kis mennyiségek is biztonságosan kijuttathatók a géppel és a parcellára kijuttatott műtrágya mennyisége rendkívül pontosan beállítható.

A fejlesztés során fontos volt, hogy a tervezés megfelelő elméleti alapokra helyezve történjen, ezért a tervezett műtrágyaszóró gép fő részegységeit (osztókúp, fogazott hevederes kiosztó, rotációs szétosztó) külön-külön vizsgálatok alá vontam.

1. Kimutattam az osztókúp beállításának fontosságát. Meghatároztam a maximálisan megengedhető eltéréseit (vízszinteség = 2-3°, egytengelyűség = 0,2-0,3 mm).
2. A tervező munka gyorsabbá és pontosabbá tételéhez kifejlesztettem egy-egy elméleti módszert az osztókúp és a beöntő tölcser egytengelyűségének vizsgálatához és az osztókúp szögeltérés hatásvizsgálatához. Mindkét módszer egy-egy

számítógépes matematikai program, amellyel modellezni lehet az egytengelyűség és a szöghelyzet hibájának hatását az osztókúp szétoztási egyenlőtlenségére. A matematikai módszerek az osztókúp tervezésekor nyújtanak segítséget.

3. Kimutattam a rotációs szétoztó fordulatszáma és szétoztási egyenlőtlensége közötti összefüggést, műtrágyák kijuttatása esetén. Meghatároztam az optimális beállítást ($n=1000 \pm 150$ 1/min) ($CV=2,6-4,3\%$).
4. Kifejlesztettem egy eddig még nem alkalmazott műtrágya kijuttató egységet (két oldalon fogazott heveder). A talajkerékajtású heveder belső fogazása a csúszásmentes járás miatt szükséges a külső fogazás pedig azért, hogy a heveder lassú mozgása közben a műtrágyaszemcsék ne mozduljanak el a helyükről. Bizonyítottam, hogy szoros összefüggés van a hosszirányú eloszlás és a heveder fogparaméterei között. Modellkísérletekkel meghatároztam a vizsgált műtrágyákhoz az optimális értéket (fogosztás = 3-4 mm).
5. A műtrágya keresztirányú elosztásának egyenletesebbé tételére oszlató-ütköző lemezt alkalmaztam. Meghatároztam a lemez szögének hatását a szórás egyenlőtlenségeire és megadtam az optimális beállítást ($65-75^\circ$).

A fejlesztett parcella-műtrágyaszóró gép jellemzőiről munkaminőségi vizsgálatokkal győződtem meg.

1. Bizonyítottam, hogy a fejlesztett berendezés a műtrágya mennyiséget nagyságrendekkel pontosabban szórja ki, mint a vizsgált folyamatos működésű géptípus. A kedvező adagolásegyenlőtlenség - ($e_{\text{fejlesztett gép}}=0,28-0,42\%$), összehasonlítva a FIONA/1.5 szóró gépével ($e_{\text{Fiona/1.5}}=4,8-7,6\%$), - a berendezés alapelvéből következik.
2. Kimutattam, hogy a gép keresztirányú szórásegyenlőtlensége ($CV_{\text{szakaszos}}=19,5-22,1\%$) kisebb, mint a kézi szórásé ($CV_{\text{kézi szórás}}=60-72\%$) vagy a vizsgált FIONA/1.5 folyamatos működésű géptípusé ($CV_{\text{Fiona/1.5}}=24-26\%$).
3. Bizonyítottam, hogy a kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép kedvezőbb szórási jellemzőkkel rendelkezik a parcella elején és végén, mint a kúpos rendszerű parcella gépek.

7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép átalakítása és vizsgálata alapján

1. Kimutattam, hogy a tolóhengeres adagoló szerkezet milyen feltételek mellett és beállítási tartományban alkalmas egyedi parcellák műtrágyázására.
2. A műtrágya keresztirányú terítésének egyenletesebbé tételére oszlató lemezt alkalmaztam. Meghatároztam a lemez szögének hatását a szórás egyenlőtlenségre és kimutattam optimális beállítását (65-75°).

Az osztókúp fejlesztése és vizsgálata során elért eredmények

1. Kidolgoztam egy elméleti módszert, amellyel modellezhető az osztókúp és a beöntő tölcsér egytengelyűségi hibájának hatása a szétosztás egyenletességére.
2. Készítettem egy számítógépes közelítő modellt, mellyel szimulálható az osztókúp szöghelyzet hibájának hatása a szétosztás egyenletességére.
A két közelítő modellel szerzett ismeretek birtokában az osztókúp optimális méretei, beállításai meghatározhatóak.
3. Kimutattam, hogy már kis méretű excentricitás (0,25-0,5 mm) és néhány fokos (2-3°) szögeltérés is jelentősen növeli a szétosztás egyenlőtlenségét.

A rotációs szétosztó vizsgálatának eredménye

1. Kimutattam a rotációs szétosztó fordulatszáma és szétosztási egyenlőtlensége közötti összefüggést, műtrágyák kijuttatása esetén. Meghatároztam optimális beállítását ($n=1000 \pm 150$ 1/min) (CV=2,6-4,3%).

A fogazott hevederes műtrágya kijuttató fejlesztésének és vizsgálatának eredménye

1. Kifejlesztettem egy fogazott hevederes műtrágya kijuttató egységet. Bizonyítottam, hogy szoros összefüggés van a hosszirányú eloszlás és a heveder fogparaméterei között és meghatároztam optimális értékét (fogosztás =3-4 mm).

A kísérleti parcella-műtrágyaszóró fejlesztésének és vizsgálatának eredményei

1. Kifejlesztettem egy új típusú parcella-műtrágyaszóró gépet.
2. Kimutattam, hogy a szakaszos működési elv pontosabb ($e_{\text{szakaszos}}=0,28-0,42\%$) és egyenletesebb ($CV_{\text{szakaszos}}=19,5-22,1\%$) műtrágya kijuttatást biztosít, mint a folyamatos működési elvű géptípus ($e_{\text{folyamatos}}=4,8-7,6\%$), ($CV_{\text{folyamatos}}=24-26\%$) vagy a kézi szórás ($CV_{\text{kézi szórás}}=60-72\%$).
3. Bizonyítottam, hogy a fejlesztett hevederes szóró szerkezettel a parcella elején és végén rövidebb útszakaszra korlátozódik a szórásképző torzulása a kúpos rendszerű parcella gépekkel összehasonlítva.

8. A GYAKORLATBAN FELHASZNÁLHATÓ EREDMÉNYEK

Javaslatok a FIONA/1.5 parcella-műtrágyaszóró gép átalakított változatának használatához

Ha kisebb engedményeket tehetünk a kijuttatott műtrágyamennyiség pontossága terén, és az egymást követő parcellákra nem kell különböző műtrágyamennyiséget kijuttatni, használatát javaslom a következő kiegészítésekkel:

1. A beállított adagmennyiséget minden esetben leforgatási próbával ellenőrizni szükséges, ugyanis a géphez mellékelt beállító tábla még arányaiban sem megbízható. 100 kg/ha műtrágya mennyiség alatt a kijuttatás pontossága még így is bizonytalan.
2. A keresztirányú szórásegyenletesség a felhelyezett osztató-ütköző lemez hatására kielégítő pontosságú.
3. Állítható sortávú sorszórás megvalósítható a berendezéssel a felhelyezett kijuttató csöveknek köszönhetően.
4. A berendezés csak kézzel tolható, mozgatása nehéz fizikai munkával jár, ezért csak kis számú parcella kezelésére ajánlom. A parcellaösvény egyenletlenségei nagyon befolyásolják a mozgatás erőszükségletét. Ennek függvényében 2-3 dolgozó szükséges az egyenletes munka végzéséhez.

Javaslatok az osztókúp tervezéséhez és beépítéséhez

1. Az osztókúp tervezése előtt ajánlom az excentricitást és a szöghelyzet hibát modellező számítógépes programok lefuttatását különféle osztókúp geometriai méretek esetén. A programok segítséget nyújtanak az ideális átmérők, kúpszögek kiválasztásában.
2. Az osztókúp használata előtt javaslom az osztókúp és az adagolóhenger egytengelyűségének gondos beállítását, mert már kis mértékű excentricitás (0,25-0,5 mm) is jelentősen ronthatja a szétosztás egyenletességét. Ezt a műveletet a gép használata előtt egyszer kell elvégezni.
3. A szórás megkezdése előtt a terepviszonyok figyelembe vételével az osztókúp vízszintességét ellenőrizni szükséges. A beállító csavarokkal ez a művelet gyorsan elvégezhető.

Javaslatok a rotációs szétosztó beállításához

A rotációs szétosztó használatát a következő kiegészítésekkel ajánlom.

1. A forgórész fordulatszámát műtrágyák kijuttatásánál 1000 l/min közelében javaslom beállítani.
2. A műtrágya rotációs szétosztóba vezetését célszerű egy vezetőkúppal megoldani, hogy a szemcsék forgórészbe történő központos beérkezése biztosított legyen.

Javaslatok a fogazott gumiheveder beépítéséhez

1. A műtrágyát továbbító heveder fogosztását javaslom 3-4 mm-re választani.
2. A parcellahossz beállítását egy próbaszórással célszerű ellenőrizni.

Javaslatok a kísérleti parcella-műtrágyaszóró használatához

Az elkészült kísérleti parcella-műtrágyaszóró géppel végzett vizsgálatok alapján a következő javaslatok tehetők.

1. A gép alkalmas alpműtrágyázási és fejtrágyázási feladatok elvégzésére. A műtrágya mennyiséget parcellánként dobozokban minden esetben szükséges előre elkészíteni.
2. A kísérleti parcella-műtrágyaszóró gép kistraktorral vagy parcellatraktorral vontatható. Kis számú parcella esetén a kézzel tolt változatot javaslom.
3. A parcella teljes felületének szórására és tetszőleges sortávú sorszórására is ajánlható a berendezés. A parcella szélessége 1,5 m alatt legyen, javasolt parcellahossz: 6-12 m.

9. HIVATKOZOTT IRODALMAK JEGYZÉKE

1. ANCZA, E. – CSIZMAZIA, Z. 2002/a. Nagyító alatt... SULKY DPX expert műtrágyaszóró gép. Gyakorlati AGROFÓRUM. 13. 10. 64-66.
2. ANCZA, E. 2002/b. Műtrágyaszóró gép munkaminőségi vizsgálata. EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság Tudományos Konferencia. Debrecen. 350-355.
3. ANCZA, E. 2003/a. The test results of Sulky DPX fertilizer distributor. Natural Resources and sustainable development. Oradea-Debrecen. 37.
4. ANCZA, E. 2003/b. Röpitőtárcsás műtrágyaszóró gép szórólapátjainak jellemzői és azok hatása. Agrár-műszaki Bizottság XXVII. Kutatási és fejlesztési tanácskozás. Gödöllő. 2. 209-213.
5. ANCZA, E. – GINDERT, K. Á. – HAGYMÁSSY, Z. 2004. Röpitőtárcsás műtrágyaszóró gépek lapátjellemzőinek hatása a munkaszélességre és szórás egyenletességre. Agrár-műszaki Bizottság XXVIII. Kutatási és fejlesztési tanácskozás. Gödöllő. 41.
6. BASFORD, W. D. – GROVES, S. 1992. Plot treatment system on a 12m dower gantry. Proceedings of the Eight International Conference on Mechanisation of Field Experiments Soest, Germany. 42-46.
7. BETZWAR, W. 1986. Full mechanization in cereal breeding management. The IAMFE Journal and Newsletter, Norway. Number 1. 46-52.
8. BETZWAR, W. 1987. Precision in plot planting equipment. Proceedings of the IAMFE/ICARDA Conference Heald at Aleppo/Syria. 55-72.
9. BETZWAR, W. 1992. A method for the evaluation of seed distribution of plot seeders and precision spaced planters. Proceedings of the Eight International Conference on Mechanisation of Field Experiments Soest, Germany. 68-82.

10. BETZWAR, W. 1996. The full line of Wintersteiger plot seeders. Proceedings of the Tenth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Paris/Versailles, France. 228-233.
11. BOTHA, A. H. – PURCHASE, J.L. – WILKINS, D. E. 1994. Small-grain precision planter for Dryland experimental plots. Agronomy Journal. 86. 2. 359-361.
12. BRAIDE, F. G. 1992. Field evaluation of a multi purpose spinning disc knapsack broadcaster. Proceedings of the Eight International Conference on Mechanisation of Field Experiments Soest, Germany. 63-67.
13. CARMAN, K. 1996. Some Physical Properties of Lentil Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. 63. 87-92.
14. CSIZMAZIA, Z. 1983. Röpítőtárcsás műtrágyaszóró gépek munkaszélességét és szórás egyenletességét befolyásoló legfontosabb tényezők vizsgálata. Kandidátusi értekezés. Debrecen.
15. CSIZMAZIA, Z. 1984. Röpítőtárcsás műtrágyaszóró szerkezet fejlesztésének eredményei. Járművek, Mezőgazdasági Gépek. 31. 4. 121-126.
16. CSIZMAZIA, Z. 1989. Vizsgálópálya műtrágyaszóró gépekhez. Járművek, Mezőgazdasági Gépek. 36. 3. 93-96.
17. CSIZMAZIA, Z. – DEMES, GY. 1991. Korszerű, függesztett, röpítőtárcsás műtrágyaszóró gépek. Járművek, Mezőgazdasági Gépek. 38. 7. 241-246.
18. CSIZMAZIA, Z. 1993. Vizsgálóbázis fejlesztése műtrágyaszóró gépekhez. Járművek, Mezőgazdasági Gépek. 40. 3. 109-112.
19. CSIZMAZIA, Z. 1997. Vizsgálópálya műtrágyaszóró gépek ellenőrzésére. Gyakorlati AGROFÓRUM. 7. 2. 58-59.

20. CSIZMAZIA, Z. 1998. Some questions of the development of fertilizer spreaders. First Latin American IAMFE Conference and Exhibition Buenos Aires, Argentina. 38-42.
21. CSIZMAZIA, Z. 1999. Az egyenletes műtrágyázás néhány kérdése. Növény és talajtudomány a mezőgazdaságban. Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai. III. Nemzetközi tudományos szeminárium. Szerk: Nagy János – Németh Tamás. Debrecen. 138-151.
22. CSIZMAZIA, Z. 2000/a. Tápanyagkijuttató gépek. Mezőgazdasági gépszerkezettan. Szerk: Szendrő Péter. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 141-176.
23. CSIZMAZIA, Z. 2000/b. Some Physical Properties of Fertilizer Particles. The 11th International Conference on Mechanisation of Field Experiments Chelmsford, UK. 219-226.
24. CSIZMAZIA, Z. 2003. A tápanyaggazdálkodás gépei. Géptan. Szerk: Szendrő Péter. Mezőgazda Kiadó. Győr. 199-220.
25. DEMES, GY. 1973. Mezőgazdasági gépek vizsgálata. Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet. Házi szabvány.
26. DEMES, GY. – CSIZMAZIA, Z. 1990/a. A különféle működési rendszerű műtrágyaszóró gépek alkalmazási lehetőségei a szántóföldi növénytermesztésben. Járművek, Mezőgazdasági Gépek. 37. 7. 255-278.
27. DEMES, GY. – CSIZMAZIA, Z. 1990/b. Az egyenletes műtrágyaszórás feltételei és problémái. KSZE AGROFÓRUM. 4. 20-23.
28. DIEKMANN, J. 1987. Faba Bean Plot Planter. Proceedings of the IAMFE/ICARDA Conference Heald at Aleppo/Syria. 43-45.
29. DUTTA, S. K. – NEMA, V. K. – BHARDVAJ, R. K. 1988. Physical Properties of Gram. Journal of Agricultural Engineering Research. 39. 259-268.

30. FLEMING, J. J. 1984. Modifications to the Oyjord seed drill. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Dublin, Ireland. 63-70.
31. FOWLER, W. 1988/a. The Trialsmaster – A Multifunctional Trials Machine. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Debrecen, Hungary. 40-44.
32. FOWLER, W. 1988/b. Evaluation of fertilizer spreader as fitted to the trialmaster. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Debrecen, Hungary. 93-97.
33. FÜZI, J. 1998. A MICROBAND PDA mikrogranulátum kijuttató adapterek hazai alkalmazása, különböző vetőgépekre való felszerelhetőségi lehetőségeiről. FMMI GM Gépminősítő Kht. Tanulmány
34. GECIT, H. H. – EMEKLIER, H. Y. 1987. Mechanization of field experiments in Central Anatolia. Proceedings of the IAMFE/ICARDA Conference Heald at Aleppo/Syria. 152-155.
35. GINDERT, K. Á. – CSIZMAZIA, Z. - HAGYMÁSSY, Z. – ANCZA, E. 2002/a. Műtrágyák fizikai jellemzőinek összehasonlító vizsgálata. Wellmann Oszkár Tudományos Konferencia. Hódmezővásárhely. 63.
36. GINDERT, K. Á. 2002/b. Összetett műtrágya fizikai jellemzői. EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság Tudományos Konferencia. Debrecen. 356-361.
37. GINDERT, K. Á. 2003/a. Predicting fertilizer spreading pattern. Natural Resources and sustainable development. Oradea-Debrecen. 39.
38. GINDERT, K. Á. 2003/b. A pétisó súrlódási jellemzői. Agrár-műszaki Bizottság XXVII. Kutatási és fejlesztési tanácskozás. Gödöllő. 3. 46-50.

39. GINDERT, K. Á. – HAGYMÁSSY, Z. – ANCZA, E. 2004. Műtrágyák szórásképének jóslása a szemcsék vizsgálata alapján. Agrár-műszaki Bizottság XXVIII. Kutatási és fejlesztési tanácskozás. Gödöllő. 18.
40. GORIAL, B. Y. – O' CALLAGHAN, J. R. 1990. Aerodynamic Properties of Grain/Straw Materials. Journal of Agricultural Engineering Research. 46 (4). 275-290.
41. GRIFT, T. E. – HOSTEE, J. W. 1997. A Measurement of Velocity and Diameter of Individual Fertilizer Particles by an Optical Method. Journal of Agricultural Engineering Research. 66. 235-238.
42. GULYÁS, L. – KALMÁR, I. – KALMÁRNÉ, V. E. – LÉVAI, K. – PAPP, J. 1983. A szántóföldi kísérletek gépesítése szakanyag kivonata. Mezőtúr
43. GUPTA, R. K. – DAS, S. K. 1997. Physical Properties of Sunflower Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. 66. 1-8.
44. HAGYMÁSSY, Z. 2002. Parcella műtrágyaszóró gép fejlesztése. EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság Tudományos Konferencia. Debrecen. 362-368.
45. HAGYMÁSSY, Z. 2003/a. Kispárcellás műtrágyaszóró gép korszerűsítése. Agrár-műszaki Bizottság XXVII. Kutatási és fejlesztési tanácskozás. Gödöllő. 2. 38-42.
46. HAGYMÁSSY, Z. 2003/b. A szántóföldi kispárcellás kísérletek gépesítése. EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság Tudományos Konferencia. Gödöllő. 142-148.
47. HAGYMÁSSY, Z. 2003/c. Parcella műtrágyaszóró gép fogazott lapos hevederes szóró szerkezete. Agrártudományi közlemények. Debrecen. 12. 39-41.

48. HATTINGER, F. – MAYER, M. 1998. The full line of planting and seeding equipment for field plot trials in breeding, testing and seed production. First Latin American IAMFE Conference and Exhibition Buenos Aires, Argentina. 238-246.
49. HEGE, H. U. 1984. Actual overlook in the HEGE Equipment for Mechanisation of Field Experiments. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Dublin, Ireland. 71-72.
50. HEGE, H. U. 1986. Planters and drills for research plots short survey of various systems. The IAMFE Journal and Newsletter, Norway. Number 1. 29-33.
51. HEGE, H. U. 1987. Plot planting equipment of the Hege Company. Proceedings of the IAMFE/ICARDA Conference Heald at Aleppo/Syria. 48-54.
52. HEGE, H. U. 1988/a. The „Hege 75” Tool Carrier (System Weißenstephan). Proceedings of the Seventh International Conference on Mechanisation of Field Experiments Debrecen, Hungary. 45-48.
53. HEGE, H. U. 1988/b. The Hege fertilizer distributor. Proceedings of the Seventh International Conference on Mechanisation of Field Experiments Debrecen, Hungary. 98-101.
54. HOFFMEISTER, G. 1979. Physical properties of fertilizer and methods for measuring them. Bulletin Z-147. Muscle Shoals. Al: Tennessy Valley Authority. 31.
55. HOFMANN, L. – KARG, M. 1984. The use of pneumatic fertilizer spreaders for the general N-supply of experimental crops. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Dublin, Ireland. 257-264.
56. HOFSTEE, J. W. – HUISMAN, W. 1990. Handling and Spreading of Fertilizers Part 1: Physical Properties of Fertilizer, in Relation to Particle Motion. Journal of Agricultural Engineering Research. 47. 213-234.

57. HOFSTEE, J. W. 1992. Handling and Spreading of Fertilizers Part 2: Physical Properties of Fertilizer, Measuring Methods and Data. Journal of Agricultural Engineering Research. 53. 141-162.
58. ISO 5690/1, 1985. Equipment for distributing fertilizers – Test methods – Part 1: Full width fertilizer distributors.
59. ISO 5690/2, 1984. Equipment for distributing fertilizers – Test methods – Part 2: Fertilizer distributors in lines.
60. JEGATHEESWARAN, P. 1987. Mid-Mounted Three-Cone Planter. Proceedings of the IAMFE/ICARDA Conference Held at Aleppo/Syria. 40-42.
61. JOSHI, D. C. – DAS, S.K. – MUKHERJEE, R. K. 1993. Physical Properties of Pumpkin Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. 54. 219-229.
62. KECK, H. – GOSS, J. R. 1965. Determining Aerodynamic Drag and Terminal Velocities of Agronomic Seeds in Free Fall. Transactions of the ASAE. 8. (4).
63. KHAN, M. A. – WARREN, W. E. 1984. A combine seeder for wheat breeding. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Dublin, Ireland. 79-85.
64. KHAN, M. A. – MUNRO, R. 1994. A combine seeder for off-station wheat breeding trials. Proceedings of the Ninth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Beijing, China. 158-161.
65. KOVÁCS, L. 1983. Műszakiak zsebkönyve. Műszaki könyvkiadó. Budapest. 797.
66. KUNSÁGI, F. 1988. A gabonafélék szántóföldi kisparcellás kísérletek gépesítésének fejlesztési lehetőségei, különös tekintettel a tápanyag visszapótlásra. Szakmérnöki Diplomaterv. Gödöllő

67. LELKES, J. 2000. Aspects of the Hungarian Branch of IAMFE. The 11th International Conference on Mechanisation of Field Experiments Chelmsford, UK. 313-316.
68. LUERS, H. 1975. Accuracy up to the operator. Arable Farming. Ipswich, UK. 2. 7. 25-26.
69. MATUZ, J. 1983. A búzanemesítés folyamata és gépei Szegeden. Növénytermelés. 32. 2. 183-188.
70. McGOLDRICK, P. M. 1984. The adaptation of a commercial fertilizer spreader for experimental plots. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Dublin, Ireland. 265-271.
71. MESTERHÁZI, P. Á. – PECZE, ZS. - NEMÉNYI, M. 2001. A precíziós növényvédelmi eljárások műszaki-térinformatikai feltételrendszere. Növényvédelem. 37. 6. 273-282.
72. MOCK, I. 1987. Experience with research equipment for Dryland experiments in Australia. Proceedings of the IAMFE/ICARDA Conference Heald at Aleppo/Syria. 160-168.
73. MOHSENIN, N. N. 1968. Physical properties of plant and animal materials. New York and Breach. 742.
74. MSZ-05-10.0283, 1992. Szilárdműtrágya-szóró gépek műszaki követelményei. Ipari és Kereskedelmi Minisztérium.
75. MÜLLER, F. 1996. The complete Hege plot seeder program. Proceedings of the Tenth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Paris/Versailles, France. 234-239.

76. MÜLLER, F. 1998. Hege Maschinen GmbH – equipment for agricultural research. First Latin American IAMFE Conference and Exhibition Buenos Aires, Argentina. 130-147.
77. NEMÉNYI, M. 1993. Energetikai és biológiai szempontok a kukorica hibridek mesterséges szárításánál. Akadémiai doktori értekezés. Mosonmagyaróvár. 124.
78. NEMÉNYI, M. – PECZE, ZS. – MESTERHÁZI, P. Á. – NÉMETH, T. 2001. A precíziós növénytermesztés műszaki és térinformatikai rendszere. Növénytermelés. 50. 4. 419-430.
79. NIMKAR, P. M. – CHATTOPADHYAY, P. K. 2001. Some Physical Properties of Green Gram. Journal of Agricultural Engineering Research. 80 (2). 183-189.
80. OLAJIDE, J. O. – ADE-OMOWAYE, B. I. O. – OTUNOLA, E. T. 2000. Some Physical Properties of Shea Kernel. Journal of Agricultural Engineering Research. 76. 419-421.
81. OLAOYE, J. O. 2000. Some Physical Properties of Castor Nut relevant to the Design of Processing Equipment. Journal of Agricultural Engineering Research. 77(1). 113-118.
82. OLIESLAGERS, R. – RAMON, H. – DE BAERDEMAEKER, J. 1996. Calculation of Fertilizer Distribution Patterns from a Spinning Disc Spreader by means of a Simulation Model. Journal of Agricultural Engineering Research. 63. 137-152.
83. OYJORD, E. 1984. Three simple apparatuses for studies of distribution of seed drills precision planters and fertilizer spreaders. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Dublin, Ireland. 116-119.
84. OYJORD, E. 1986. Strategies of mechanization of field experiments. The IAMFE Journal and Newsletter, Norway. Number 1. 9-12.

85. OYJORD, E. 1987. A simple apparatus for field or laboratory testing of seed drills. Proceedings of the IAMFE/ICARDA Conference Heald at Aleppo/Syria. 46-47.
86. OYJORD, E. 1994. National and international strategies for mechanization of field experiments. Proceedings of the Ninth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Beijing, China. 9-15.
87. OYJORD, E. 1995. National and international strategies for mechanization of field experiments. Proceedings of the Fourth Regional Conference on Mechanisation of Field Experiments Kaunas/Dotnuva, Lithuania. 10-15.
88. OYJORD, E. 1998. National and international strategies for mechanization of field experiments. First Latin American IAMFE Conference and Exhibition Buenos Aires, Argentina. 296-301.
89. OYJORD, E. 2000. IAMFE forwards from year 2000. The 11th International Conference on Mechanisation of Field Experiments Chelmsford, UK. 47-50.
90. PÁLMAI, O. 2003. A mezőgazdasági kemikáliák felhasználása és az élelmiszerbiztonság. Gyakorlati AGROFÓRUM. 14. 5. 2-4.
91. PECZE, ZS. - MESTERHÁZI, P. Á. –NEMÉNYI, M. 2001. A helyspecifikus tápanyag-visszapótlás műszaki háttere. Mezőgazdasági technika. 42. 62. 5-6.
92. PEI, Y. – CAO, Y. – ZHOU, W. J. 1994. Study on the cone type feeding mechanism of plot seeder. Proceedings of the Ninth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Beijing, China. 193-199.
93. POLYÁK, I. N. 2000. Movement of Wheat Grains in the Air. The 11th International Conference on Mechanisation of Field Experiments Chelmsford, UK. 241-248.
94. POLYÁK, I. N. 2001. Búza vetőmag fizikai jellemzői. Doktori (Ph.D.) értekezés, Debrecen.

95. POLYÁK, I. N. 2002. Műszer fejlesztés informatikai támogatása. EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság Tudományos Konferencia. Debrecen. 345-349.
96. ROUSSELET, M. – MEGNIEN, J. C. 1996. Spreading of solid mineral fertilizer. Proceedings of the Tenth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Paris/Versailles, France. 130-136.
97. RÖDEL, G. 1984. The belt dispenser. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Dublin, Ireland. 106-113.
98. RÜHLE, K. 1976. Düngerverteilsysteme und die Besonderheiten von pneumatischen Geraten. Landtechnik. 31. 12. 540-544.
99. RÜHLE, K. 1977. Querteilung pneumatischer Düngerstreuer. Landtechnik. 32. 5. 202-207.
100. SAIDL, M. 1977. Indikace kvality rozmetani tuhych prumyslovych hnovij. Mechanizace Zemedelstvi. Praha. 27. 6. 254-258.
101. SCHÜNKE, U. 1978. Düngausbringung. Landtechnik. 33. 6. 272-274.
102. SHURING, M. – RÖDEL, G. 1988. Technical developments for field plot and laboratory mechanization. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Debrecen, Hungary. 86-89.
103. SINGH, K. K. – GOSWAMI, T. K. 1996. Physical Properties of Cumin Seed. Journal of Agricultural Engineering Research. 64. 93-98.
104. SITKEI, GY. 1981. Mezőgazdasági anyagok mechanikája. Akadémiai Kiadó, Budapest. 461.

105. SORENSEN, J. N. – ANDERSEN, K. – KOLDING, S. 1988. A precision fertilizer seeder for use in frames. Proceedings of the Sixth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Debrecen, Hungary. 102-105.
106. STUMBORG, M. A. – Mc CRYSTAL, G. E. – COVELL, M. 1992. Design of a Casette Air Seeder for Breeder Plots. Proceedings of the Eight International Conference on Mechanisation of Field Experiments Soest, Germany. 56-61.
107. SUTHAR, S. H. – DAS, S. K. 1996. Some Physical Properties of Karingda Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. 65. 15-22.
108. TOCHTERMANN, W. – BODENSTEIN, F. 1986. Gépelemek 2. Mozgó gépszerkezetek. Műszaki könyvkiadó, Budapest. 350.
109. VISVANATHAM, R. – PALANISAMY, P.T. – GOTHANDAPANI, L. – SREENARAYANAN, V. V. 1996. Physical Properties of Neem Nut. Journal of Agricultural Engineering Research. 63. 19-26.
110. ZELTNER, E. 1987. Organization and mechanization of variety trials and field experiments in Bavaria. Proceedings of the IAMFE/ICARDA Conference Heald at Aleppo/Syria. 156-159.
111. ZHIZHONG, Z. – HONGBO, S. – XIUYU, W. 1994. The research on plot drill series. Proceedings of the Ninth International Conference on Mechanisation of Field Experiments Beijing, China. 168-172.

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán az Interdiszciplináris Agrár és Természettudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem ATC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 200.....

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogydoktorjelölt 200..... - 200..... között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 200

.....
a témavezető aláírása