

OTKA zárójelentés
Nyt. szám: 34375

**Precíziós feladatspecifikus növényvédőszer
kijuttatás eljárástechnikai összefüggéseinek
vizsgálata**

Témafelelős: dr. László Alfréd

2001 - 2005

1. Kutatási hipotézis, célkitűzések

A fenntartható mezőgazdasági fejlődés kritériuma, hogy

- ne károsítsa (terhelje feleslegesen) a környezetet,
- alkalmazzon környezetkímélő anyag(vegyyszer)- és energiatakarékos technológiákat,
- fordítson külön figyelmet a minőségre.

Amikor tehát a vegyszeres növényvédelmi eljárások fejlesztéséről beszélünk, nem térhetünk ki a hatóanyagok biztonságosabb, célzott elhelyezésének kutatási feladatai elől.

Alkalmazástechnikai szempontból ez a követelmény azt jelenti, hogy csak a biológiailag kívánatos hatás érdekében szükséges minimális hatóanyagot kell megfelelő eloszlásban a célfelületre juttatni. Így alapvetően kevesebb szert kell felhasználni, és kevesebb szer kerül olyan helyre, ahol ez káros következményekkel járhat.

Mit kell tehát tenni, hogy az alkalmazási biztonság növekedjen, a veszteségek, az elsodródás pedig csökkenjen? A kérdés megválaszolásához fel kell tárnunk azokat a legfontosabb műveleti, ill. környezeti tényezőket, amelyek felelősek a nem kielégítő lerakódásokért, az elsodródás létrejöttéért.

Kutatási célkitűzésünk két védekezési területen:

- egy kiválasztott állomány permetezésénél és
 - szántóföldi síkszórásnál,
- a fenti műveleti tényezőkkel olyan összefüggés- és hatásvizsgálatok elvégzése, amely a hatóanyagok célzott, biztonságos és csökkentett elsodródás melletti kijuttatásához új ismeretek, tudományos törvényszerűségek feltárásával járul hozzá.

A nagyszámú műveleti tényező között változóként

- a kijuttatási eljárásnak (szórástechnikai, kenéses),
- a cseppképzés módjának (hidraulikus, mechanikus, pneumatikus), a cseppstruktúrának, a szórófej méretének, hidraulikusnál konstrukciós kialakításának (XR referencia, injektoros, anti drift),
- a szórószerkezet kialakításának (hagyományos síkszóró vagy szóróíves, ill. légzsákos, állítható - "célzott"),
- üzemeltetési feltételek között a haladási sebességnek,
- klimatikus jellemzők között a szélesebbességnek,
- adalékanyagokkal az anyagjellemzőknek (felületi feszültség, viszkozitás)

a hatását vizsgáltuk a hatóanyag lerakódási viszonyokra, az elsodródás (veszteség) mértékére, jellegére. Új eljárásnéven a permetezési folyamat automatizált helyspecifikus (célzott) szabályozásának néhány feltételét értékeltük. Célunk

- a vegyszerfelhasználás ill. a veszteségek csökkentése,
- a vegyszertakarékos eljárások bevezetéséhez új alkalmazástechnikai ismeretek feltárása, új kenőanyagok értékelése,
- új minőségellenőrzési eljárások kidolgozása, pl. állománypermetezőknél vertikális szórásképvizsgáló berendezéssel,
- szórófejek elsodródási paramétereinek meghatározása alkalmazástechnikai ajánlásokhoz.

2. Kutatási program

2.1. Feladat: Összefüggés és hatásvizsgálatok elvégzése a kiválasztott védekezési feladatoknál változó kijuttatási eljárás, szórószerkezet kialakítás, szórófej konstrukció, cseppképzési jellemzők, üzemeltetési feltételek (haladási sebesség), klimatikus jellemző (szélesség) és permetlé anyagjellemzők (felületi feszültség, viszkozitás) mellett. Célunk a vegyszerfelhasználás ill. a veszteségek csökkentése, új környezetkímélő kijuttatási eljárások (célfelülethez illeszthető szórószerkezet, CDA technika, légszákos permetező, kenőgépek) elméleti és alkalmazástechnikai ismereteinek feltárása.

Módszer: Szakirodalmi ismeretek feldolgozása rendszerezése, áramlástechnikai - fizikai összefüggések alkalmazása. A laboratóriumi vizsgálatokat különböző eljárások, cseppképzési módok, fúvóka, ill. szórófej típusok, anyagjellemzők, nyomás és mérési pozíció mellett végeztük.

Szántóföldi és állománypermetezés eloszlási jellemzőinek vizsgálatánál vízérzékeny papírral (víz jelzőanyag), vagy valóságos levélmintákkal (Fluoreszcein - Na indikátor) történő módszert alkalmaztunk. Kiértékeléshez az első esetben képelemzőt, a második esetben spektrofluorimétert használtunk. A rendelkezésre álló vizsgálati berendezések, feltételek (PDPA lézer képanalizátor, képelemző, diagnosztikai laboratórium mérőberendezésekkel, különböző gépek - eszközök - armatúrák, szántóföldi-kertészeti vizsgáló tér) jól kiegészítették egymást, biztosítva egyúttal a különböző mérési módszerek összehasonlíthatóságát is.

Eredmények: A környezetkímélő növényvédelmi eljárások feltételrendszerén belül vizsgáltuk:

- 2.1.1. A cseppképzési mód helyes megválasztásának hatását, összefüggéseit.
- 2.1.2. A veszteségek csökkentésének különböző módjait, néhány környezetkímélő kijuttató eljárás, eszköz alkalmazástechnikai jellemzőit.

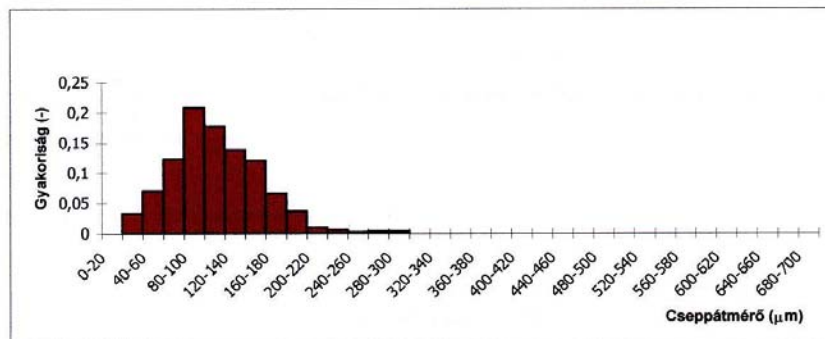
2.1.1. Felhasználói oldalról a cseppképzés módja az elsődleges meghatározó szempont egy adott műveletre történő fúvóka kiválasztásánál. A **hidraulikus cseppképzés** hátránya, hogy a folyadéksugárban lévő cseppek méretei viszonylag nagy értékhatárok között változnak. Előnye viszont egyszerű kezelhetősége, megbízható mennyiség szabályozása, széles alkalmazási területe. A mechanikus, pneumatikus cseppképzés esetén ezzel összehasonlítva előny viszont, hogy a csepptartomány jobban szűkíthető és egyenletesebb lesz a cseppeloszlás. Tehát az eloszlásgörbe itt meredekebb lesz és a kisebb cseppek felé tolódik el.

A lézeres vizsgálatoknál kapott eloszlásgörbék jól jellemzik a porlasztás inhomogenitását, a cseppek méreteloszlását. Leolvasható róluk a közepes (VMD) ill. a maximális és minimális cseppátmérő. Hidraulikus cseppképzésnél a 10%-os és a 90%-os gyakorisághoz tartozó átmérő intervallum nagyon széles terjedelmű, általában meghaladja a 200 μm -t. A gyakorlatban elterjedt további inhomogenitási mutató a VMD/NMD arány. Például réses porlasztónál 2,5-6,0 közötti értékeket mértünk.

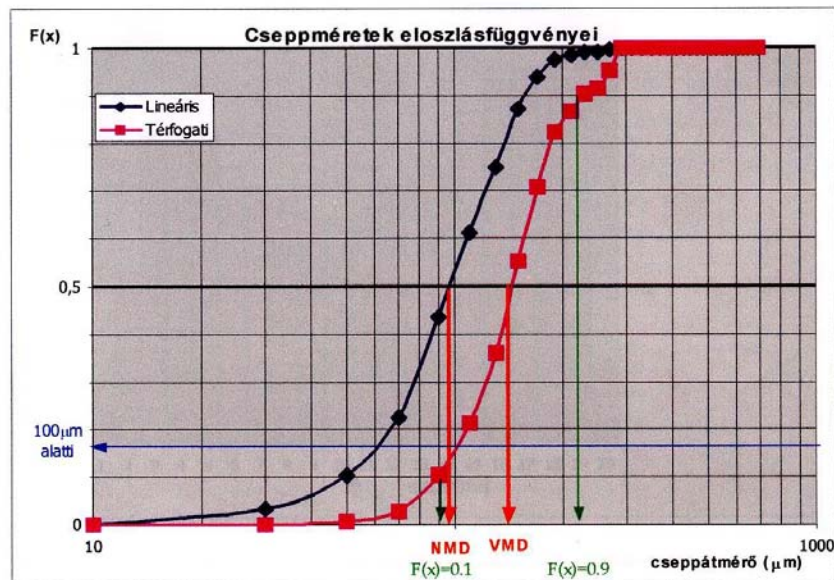
A **mechanikus cseppképzésű** forgótárcsás szórófejekkel egyenletesebb cseppeloszlás, kisebb cseppméretek, így vegyszertakarékosság érhető el, ugyanakkor rosszabb a cseppek penetrációja, nő az elsodródásveszély, kedvezőtlenebb a keresztirányú szórás kép. Az üzemeltetési és konstrukciós jellemzők helyes megválasztásával ezek a káros hatások részben csökkenthetők. Vizsgálataink során a Mikron X-1, Mikron 3 Speed szórófejek, valamint az

Ultrafan MK2 szállítólevégős permetező folyadékszallítási teljesítményét és cseppképzését mértük.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a tárcsára rávezetett folyadékmennyiség a tárcsa fordulatszámát csökkenti. A 0,3-1,0 bar intervallumon belül például 2,1-szeres folyadékadagolás növekedés eredményezett 13,2%-os fordulatszám csökkenést. A Mikron X-1 típusnál a cseppstruktúra képelemzéssel történő vizsgálata alapján látható, hogy az adott üzemeltetési jellemzők mellett egy, a hidraulikusnál szűkebb csepptartományt kaptunk. Egy közepes VMD érték (140 μm) mellett kedvező VMD/NMD jellemzőt (1,49) mutat a cseppméretek eloszlásfüggvénye (1. ábra). A cseppek térfogatának 80%-a a 90-120 μm közötti mérettartományban található. Ezek a jellemzők általában kedvezőek egy környezetkímélő technológia megválasztása szempontjából. A 100 μm alatti cseppek térfogataránya 17%, ez viszont már hátrány, ugyanis ez az elsodródásra hajlamos nagyobb hatóanyagarányt mutatja.



Cseppméretek lineáris sűrűségfüggvénye



Cseppjellemzők:

VMD (μm)	NMD (μm)	VMD/NMD	V0.1D (μm)	V0.9D (μm)	V/V ($d < 100 \mu\text{m}$)
140	94	1,49	90	210	0,17

1. ábra

Mikron X-1 tip. szórófej cseppstruktúra vizsgálata képelemzéssel

Összességében a mért átlagos térfogati közepes cseppátmérő (VMD) értékek az alkalmazott forgótárcsás típusoknál, az üzemeltetési jellemzők (tárcsafordulatszám, folyadékadagolás) függvényében 58-250 µm között ingadoztak. A cseppstruktúra – a hidraulikus cseppképzéssel összehasonlítva – sokkal homogénebb, az ezt mutató VMD/NMD arány általában 1,25-2,0 között változott.

Az átlagos folyadékfogyasztási adatok figyelembevételével 5-8 km/h sebesség között és 1,0 bar nyomás alatt 1,2 m osztástávolságnál a fajlagos szórásteljesítmény 5-100 l/ha között szabályozható. Tehát a CDA technika alkalmazásával valóban egy csökkentett vegyszerfelhasználású növényvédelmi eljárás valósítható meg, természetesen ha ezt az elsodródás nem befolyásolná kedvezőtlenül.

2.1.2. A környezetterhelés, a veszteségek csökkentésének legjárhatóbb útja az elsodródás csökkentése. Ennek hatékony módja a cseppméret növelése. A cseppképzési mód, szórófej típus, nyomás, méret változtatása mellett ez történhet adalékanyagok alkalmazásával, vagy új típusú réses fúvókák (pl. AD - Antidrift, ill. AI - AirInjector) felhasználásával. Az ún. injektoros fúvókák segítségével nagyobb szélesség mellett is permetezhetünk jelentősebb elsodródás nélkül.

Permetléhez keverhető **adalékanyagokkal** a felületi feszültség jelentősen csökkenthető, ill. a viszkozitás növelhető. E két anyagjellemző tudatos változtatásával a cseppképzés folyamatába beavatkozhatunk, a cseppstruktúrát módosíthatjuk. Kutatási programunk során 2 adalékanyag (viszkozitásnövelő, ill. felületi feszültségcsökkentő) cseppnagyságmódosító hatását vizsgáltuk vizes oldataikban. A vizsgálatokat különböző fúvóka ill. szórófej típusok, nyomás és mérési pozíció mellett végeztük. Minden esetben párhuzamos víz kontroll méréseket is végeztünk. Például viszkozitásnövelő adalékanyag (Bandrift) 0,05-0,1%-os alkalmazásával a térfogati közepes cseppátmérő (VMD) megnő, a 100 µm alatti cseppek részaránya pedig csökken - jelentősen csökkentve a környezetkárosító elsodródás veszélyét.

1. táblázat Cseppstruktúra jellemzők a szórófej típus és a nyomás függvényében

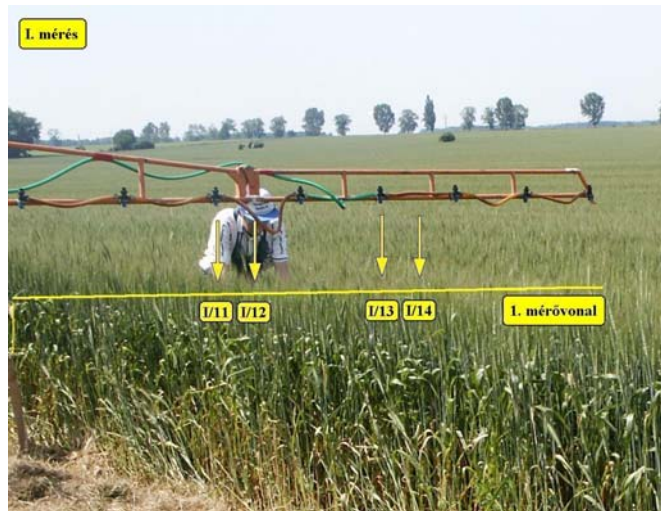
Szórófej típus	Nyomás [bar]			
	2	3	5	6
TeeJet XR11004				
10% VD µm	147	136	114	106
VMD µm	292	269	238	231
TeeJet AI11004				
10% VD µm	340	302	253	237
VMD µm	666	588	514	497

A vizsgálati eredmények (1. táblázat) igazolták, hogy az új típusú **injektoros fúvókák** alkalmazásával a cseppméret növelésnek a leghatékonyabb módját választhatjuk. Például 11004-es mérettartományban egy XR tip.-nak injektorosra történő cseréjénél a VMD átlagosan 2,2-szeresére nő, míg azonos típuson belül 4 bar nyomáscsökkentéssel csak 1,3-szorosra. Emellett jelentősen csökken a kis cseppek térfogataránya (10% VD).

Elsodródást csökkentő szerepe van állománypermetezésnél a szállító levegő alkalmazásának. Búza állománypermetezésénél az utóbbi években már elismert, javasolt új technológia a **légzsákos permetezés**. Kérdés, hogy az injektoros fúvókákkal összehasonlítva munkájuk milyen alkalmazástechnikai értékelést, minősítést kaphat. Búza állománypermetezésénél olyan kijuttatástechnika alkalmazása a cél, amellyel egyrészt a kalász, a levélzet, a szár teljes

felülete, minden oldala elégséges borítást kap, az állomány minden szintjére elegendő mennyiségű permetlé jut, másrészt csökkenthetők az elsodródási veszteségek.

Az üzemi szabadföldi méréseknél 3 különböző kijuttatástechnikával dolgozó növényvédőgép munkaminőségét hasonlítottuk össze. Elsőként egy hagyományos réses fűvókákkal (TeeJet XR11004 VK) felszerelt szántóföldi síkszóró keretű permetezőgépet (Novor 1005), majd ugyanezt a gépet injektoros fűvókákkal (TeeJet AI 11004) felszerelve, és végül szintén hagyományos fűvókákkal (Hardi 11004) rendelkező légszásos permetezőgépet (Hardi Twin Air) üzemeltettünk, mindegyiket két kijuttatási dózissal. Célunk a penetráció és recovery mértékének, illetve az állomány különböző szintjein lerakódott vegyszermennyiségnek a meghatározása volt. A permetezési művelet után a haladási irányra merőlegesen előre kijelölt mérővonalak mentén mintákat vettünk az állományból (2. ábra). A növényállományra nem lerakódó vegyszermennyiség jellemzésére minden mérővonalon mesterséges felfogó felületeket (Petri-csészéket) helyeztünk a talajra. Jelzőanyagként 0,2%-os BSF oldatot alkalmaztunk, a felfogott anyag mennyiségét fluorimetriás mérési módszerrel határoztuk meg.



2. ábra

A mérővonalak és mintavételi pontok kijelölése

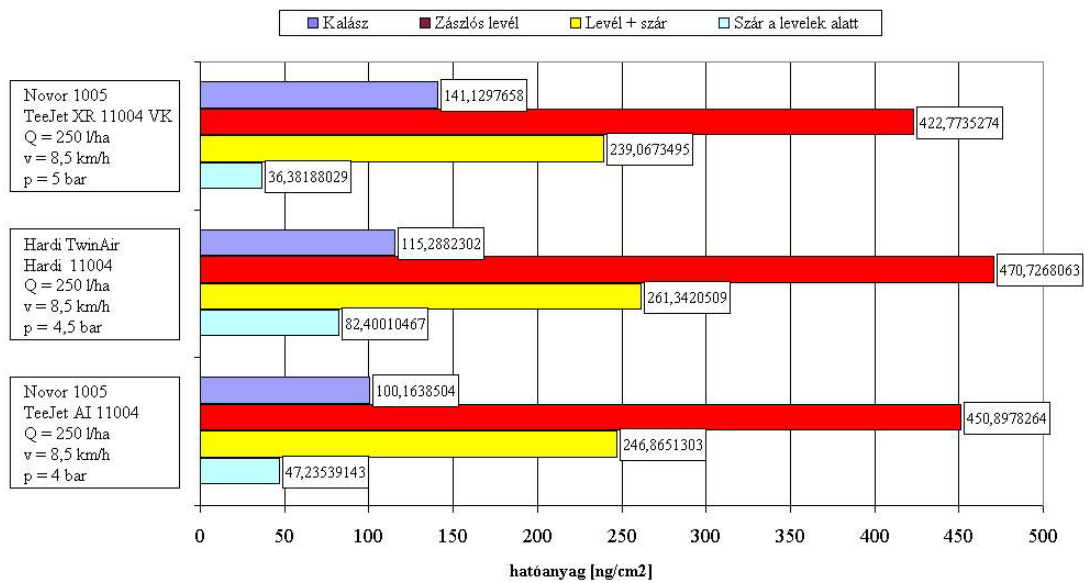
A vizsgálati eredmények igazolták az injektoros fűvókák, ill. a légszásos eljárás munkaminőségi előnyeit a hagyományos réses fűvókákkal szemben. A 150 l/ha-os dózis alkalmazása mellett a penetráció mértéke a légszásos kijuttatás-technika esetében folyamatosan emelkedik, a zászlószáron és a szárközépen 15-16%-kal, a szántónál 93%-kal nagyobb hatóanyag-lerakódást mértünk, mint hagyományos réses fűvókák esetében (2. táblázat). A kalászra viszont kb. 10%-kal kevesebb vegyszer jutott, amire a szállító légáram ad magyarázatot. Az injektoros fűvókák eredményei ettől részben eltérnek, mert a kalászra és a szántóra jóval többet juttat (45%, ill. 155%), mint a légszásos permetezőgép, a szárközépre

2. táblázat: A vizsgált kijuttatási technikák munkaminőségének összehasonlítása 150 l/ha-os dózis mellett.

	Novor 1005 XR 11004 VK	Hardi TwinAir Hardi 11004	Novor 1005 AI 11004
I. Kalász	100%	90,6%	145,2%
II. Zászlós levél	100%	116,1%	117,2%
III. Levél + szár	100%	115,3%	92,9%
IV. Szántó darab	100%	192,7%	255,5%

viszont kevesebbet. Ez a jelenség az injektoros fűvókákra jellemző nagyobb cseppmérettel magyarázható. Megjegyzendő, hogy az injektoros fűvókák normál üzemmódú nyomása min. 3 bar, de ennél kisebb nyomáson is alkalmazhatók (esetünkben 2 bar). Igaz, hogy a légbeszívó hatás ilyenkor kisebb, de így is elsodródást csökkentő, nagy légzárványos cseppeket kapunk.

A 250 l/ha-os szórásnorma esetén a szártőn lerakódott vegyszermennyiségeknél már kisebbek a különbségek. A légszákos permetezőgép penetrációja a 150 l/ha-os dózishoz hasonlóan jó, a szártőre 163,3%-kal, szárközépre, ill. a zászlósvégre 27-30%-kal többet, a kalászra 5%-kal kevesebb vegyszert juttat, mint a levegőrásegítés nélküli hagyományos réses fűvókákkal felszerelt gép. Az injektoros fűvókák esetében a magasabb permetezési nyomás elsősorban a 2. és 3. szint fedettségi értékeit javította, a szártővédelem kevésbé hatékony, mint a légszákos eljárásnál (3. ábra).



3. ábra

Kijuttatástechnika hatása a hatóanyag lerakódására a növényállomány különböző magasságaiban, 250 l/ha dózis alkalmazása mellett

A penetrációs és lerakódási viszonyokat tekintve tehát az összehasonlított három kijuttatógép esetében a légszákos kijuttatás-technika előnyeit kell kiemelni. Mind alacsonyabb, mind pedig magasabb dózis mellett jobb a penetráció mértéke, több vegyszer jut az állomány alsóbb részeibe, és több a hasznosult vegyszer mennyisége. Az injektoros fűvókákkal felszerelt gépek esetében magasabb permetezési nyomás alkalmazandó, a lerakódási viszonyok jobbak, mint hagyományos réses fűvókák esetében. Nem elhanyagolható az a tény sem, hogy beruházási költségeit tekintve jóval kedvezőbb megoldás egy légszákos technológiánál, munkaminőségi szempontból azonban alatta marad annak. Az eljárási költségeket összehasonlítva 200-250 ha alatti szántóterületen az injektoros fűvókák Ft/ha fajlagos költsége kedvezőbb, e fölötti területnagyságtól realizálható csak a levegőrásegítéses üzemmód minőségi hozadéka.

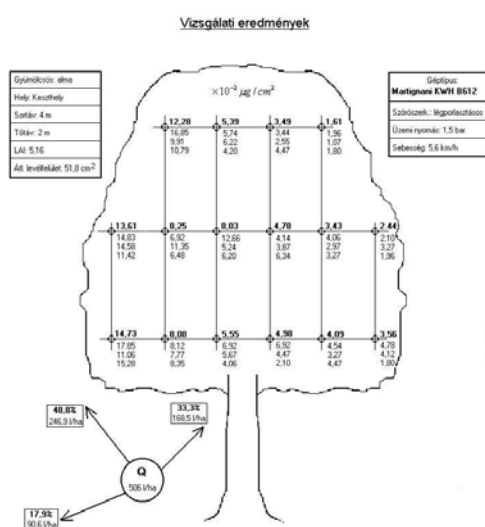
Hatékony technológiai megoldás, ha **sor- ill. sávpermetezést**, esetleg **foltkézelést** alkalmazunk. Méréseinknél a vetőgépre szerelt sorpermetező szórófejek alkalmazásával, a preemergens felületkezelés szerszükségletének 70-75 %-a megtakarítható volt. A vizsgálati program keretében síkszórásnál a sávpermetezésre ill. helyspecifikus felületszelektív gyomirtásra alkalmazható réses (TP, VeeJet HU, OC) és ütközőlapos (TK) fűvókák

laboratóriumi, továbbá üzemi alkalmazástechnikai méréseit végeztük el. A szórószerkezet üzemi beállításához, a berendezés feladatspecifikus üzemeltetéséhez táblázatok, diagramok segítségével megadtuk a különböző fűvókátípusok, méretek folyadékadagolás – nyomás, porlasztási szög – nyomás, terítési szélesség – nyomás, térfogati közepes cseppátmérő – nyomás paramétereit. A kifejlesztett kísérleti szórószerkezettel teljes felületkezelést, sávpermetezést ill. a permetezési folyamat automatikus szabályozásával, egy gyomfolt felismerő optikai rendszer kifejlesztésével szakaszos, ún. felületszelektív permetezést is vizsgáltunk félüzemi feltételek között.

A mérési adatok számítógépes feldolgozásával grafikusan ábrázoltuk a kezelt területen lerakódott hatóanyag (jelzőanyag) mennyiség változását a teljes munkaszélesség ill. a szakaszos kezelés mérővonala mellett. Az eredmények igazolták a különböző üzemmódok specifikus fűvókátípus igényét, így nem javasoljuk az ütközőlapos fűvókák szakaszos üzemmódban történő alkalmazását, alacsony nyomáson (1-2 bar) pedig a legtöbb típus porlasztási szög, terítési szélesség, cseppstruktúra változása nagyon nyomásérzékeny, a rendszer szabályozhatósága bizonytalan.

Állománypermetezésnél a munkaminőségi, eloszlási jellemzőket szállítólevégős hidraulikus cseppképzésű ill. **légporlasztásos szórószerkezetek** összehasonlítása alapján végeztük, azonos üzemeltetési feltételek (sebesség, célfelület, klíma, dózis), de két vizsgálati módszer (vízérzékeny papír, levélminta BSF-el) együttes alkalmazása mellett. A vizsgálatokkal egyrészt a légszállítás és a szórószerkezet megválasztásának, beállításának a hatását értékeltük, másrészt a vizsgálati módszerek megválasztásából eredő hibalehetőségeket kívántuk feltárni.

Az alkalmazott három permetezőgép típus: Kertitox NA 10/4 szállítólevégős, Hardi Mini Variant 600 légporlasztásos, Martignani Kwh B612 légporlasztásos (utóbbiak szórószerkezete eltérő). Gyümölcsös állománypermetezésénél (alma, sortáv 4 m, tőtáv 2 m, LAI 5,16) az állományjellemzők különbözőségének befolyásoló hatását úgy csökkentettük, hogy 3 fa azonos célfelület pozícióit (haladási irányra merőleges sík mátrix pontjait) megjelöltük, és a 3 gép permetezése után a mintavétel (pl. levéllyukasztóval) e pontokon történt. Így végül ún. „átlagfa” adatokból számolhattuk az eloszlási jellemzőket (4. ábra).



4. ábra

Hatóanyag eloszlási jellemzőinek vizsgálata (módszer: egyoldalról történő permetezés, levélminta BSF-el)

Az eredmények igazolták, hogy a vizsgálati módszer megválasztásának jelentős hatása van. A vízérzékeny papír alkalmazása egyszerűsíti a mérést végző feladatait, de jelentős hibaforrás okozója a levéltől eltérő anyag- ill. felület jellemzői miatt. Átlagosan 10-15%-al nagyobb fedettség értékeket mértünk 20-30%-al nagyobb szórás mellett. A szórószerkezetek beállítását vertikális eloszlásmérő paddal végeztük az előzetes fa-adatfelmérések (levélszám, levélfelület, eloszlás) alapján (2.2. pont).

Megállapítható, hogy a Martignani szűkebb cseppspektruma, kisebb VMD-je egyenletesebb fedést eredményezett, de az alacsony relatív páratartalom miatt (45%) a legrosszabb recovery jellemzőket kaptuk (3. táblázat). A Hardi biztosította a legmagasabb fedési értékeket, de szórószerkezete elfogadhatatlan egyenetlenség, ill. rossz penetráció mellett dolgozott. Ezt igazolta a vertikális paddal történő előzetes bemérés is (2.2. pont). A hagyományos szállítólevegős, szóróíves permetezőgéppel – megfelelő beállítás után - még elfogadható munkaminőség, de nagyobb elsodródás (a légorlasztásoshoz képest kisebb párolgási veszteség) várható. Tehát csak egy munkaminőségi jellemző (pl. fedés) alapján nem lehet minősíteni egy permetezőgépet, a mi esetünkben is ez téves eredményre vezetne. A permetezés egy sorközből, egy oldalról történt a penetráció értékelhetősége, továbbá a vertikális pad eredményeivel való összevethetőség miatt, így a szórás értéke csak relatív összehasonlításra alkalmas. Elméletileg összegezhetők a kétoldali adatok a teljes eloszlás, fedés becslésére – ez például a Martignani esetében $12,98 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

3. táblázat: Állománypermetezés átlagos eloszlási, fedési jellemzői

Géptípus	Cseppképzési mód, szórószerkezet	*Fedés $10^{-2} \mu\text{g}/\text{cm}^2$	Szórás S	Penetráció	Recovery %
Kertitox NA 10/4	hidraulikus, szállítólevegős, szóróív	7,29	4,94	0,39	54,8
Hardi Mini V 600	légporl., fúvócsövek,	9,14	13,56	0,10	68,7
Martignani Kwh	légporl., diffuzor	6,49	4,30	0,40	48,8

*egyoldalról történt permetezés

Az ún. **kenőgépek** nem cseppképzéssel dolgoznak, hanem a permetlével átitatott kanóc, félig áteresztő falú tömlő vagy kefe elemekkel a permetlét (nagy koncentráció mellett) a célfelületre kenik. Nem szélérzékeny, víztakarékos eljárás, egyes esetekben 50-80 %-os vegyszer-megtakarítás is elérhető vele. A Tanszéken 2001-ben kifejlesztett függesztett kenőgép egyszerűsített hidraulikus rendszerrel, szabályozható folyadék szállítással, speciális porózus anyagból készült 1 méter széles kenőcsővel rendelkezett. Laboratóriumi vizsgálatai után üzemi alkalmazása is megtörtént – kedvező tapasztalatokkal – a devecseri erdőszet csemetekertjében.

2.2. Feladat: Új minőségellenőrzési eljárás kidolgozása állománypermetezőknél, diagnosztikai vizsgálati módszerek fejlesztése

Módszer: A kötelező típusvizsgálatok és időszakos felülvizsgálatok hazai bevezetésének feltétele egy megfelelő diagnosztikai eszközháttér kialakítása. Tanszékünk a minősítési módszerek hazai kidolgozásában, a mérés technikai eljárások fejlesztésében a braunschweigi BBA-val és az FVM MGI-vel együttműködve jelentős szerepet vállalt. Korábbi kutatási-fejlesztési programjaink keretében az egységesítés alatt álló európai minőségbiztosítási irányelvekkel is kompatibilis, akkreditálható növényvédelmi minőségellenőrző, diagnosztikai laboratóriumot hoztunk létre, amelynek mérőhelyei, feladatai a következők: manométer hitelesítés, szórófej vizsgálópad, szivattyú vizsgálópad, keretági folyadék-fogyasztás ellenőrző berendezés, keresztirányú szórásképvizsgáló berendezés, vertikális eloszlásmérő

pad, folyadék adagolás-szabályzó mérőpadja, cseppnagyság vizsgáló, légáramlás vizsgáló szélcsatorna.

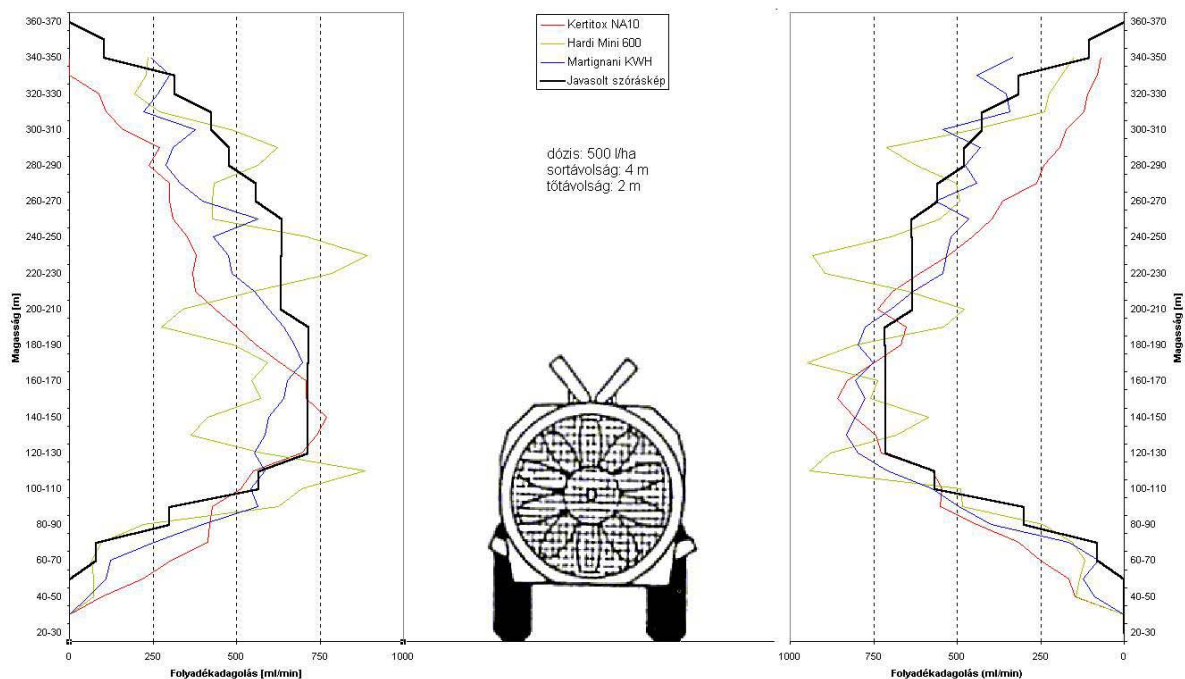
A szántóföldi permetezők keresztirányú permeteloszlásának megítéléséhez alkalmazott vályús mérőpad (pl. a tanszékünkön beszerzett Hardi Spray Scanner) nagyon jól bevált a sokéves gyakorlat során. Egészen más a helyzet a gyümölcs- és bizonyos értelemben a szőlőültetvényekben alkalmazott szállítólevégős, légorlasztásos permetezőknél. Itt egy kétfázisú áramlást kell egy "félíg áteresztő" tér viszonyaira úgy szabályozni, hogy a célfelületek távolsága, mérete, alakja, helyzete térben és időben változik.

Az alkalmazott vertikális eloszlásmérő padnál a permetködöt egy lamellákkal ellátott fal fogja fel, amely 100 mm-es szegmensekben elválasztja a folyadékot a levegőtől. Az egyes szegmensek által leválasztott folyadékot fokbeosztásos üvegcsövekbe gyűjtjük össze. A tesztek a permetezőgép álló helyzetében kell elvégezni. A mérőpad magassága 3,4 m, szélessége 2 m. Az ültetvénypermetező gép középtengelye és a mérőpad közötti távolság a sorköz fele (általában 2 m).

Eredmények: Az OTKA M 27943 sz. Műszerpályázat segítségével beszerzett OWMech-350 tip. **vertikális eloszlásmérő berendezés** alkalmazásával célul tűztük ki egy új minősítő eljárás hazai bevezetését, eljárástechnikai ajánlásainak kidolgozását. Első lépésben különböző permetezőgép típusok (Kertitox NA10, Kertitox Bóra 2000, Martignani Kwh B612, Hardi Mini Variant 600) gépvizsgálati tesztfeladatait végeztük el, változó üzemeltetési jellemzők mellett.

Következő lépésben a természetes növényi kultúrában mért eloszlásadatainkat összevetve a vizsgálópadon kapott eredményekkel, olyan állományjellemzőktől függő elméleti eloszláskép, szóráskép szerkesztési eljárást kerestünk, amelyhez a gyakorlatban „illeszthetjük” a diagnosztikai gépbeállítási műveletet. Az elkészített eloszlási képnek természetesen a növényi kultúra jellemzőinek (nagyság, alak, növekedés) is meg kell felelnie. Ezen kívül a felülethez viszonyított permet mennyiséget is figyelembe kell venni. A kívánt eloszláskép elérése a permetezőgép beállítási paramétereitől függ. Ide tartoznak elsősorban a ventilátor áramlási iránya és a légsebesség, a fúvókák áteresztőképességük szerinti kiválasztása és a bekapcsolt fúvókák elrendezése. Nem mindig lehet minden permetezőgéphez a kívánt eloszlási formát beállítani. De a mérőpad lehetővé teszi, hogy az egyes permetezőgép típusok beállítási lehetőségeit a megkívánt eloszlási forma függvényében megállapíthassuk, értékelhessük.

A 2.1.2. pontban ismertetett állománypermetezési vizsgálatokhoz illesztettük a fenti szempontok szerint kidolgozott új gépbeállítási minőségellenőrző eljárásunkat. Így a módszer alkalmazhatóságát a gyakorlatban tesztelhetjük, a kijuttatott hatóanyag tényleges térbeli eloszlásadatai alapján. A kijelölt három fa alakja, levélszáma, annak eloszlása, felülete, ill. az üzemeltetési alapadatok alapján megszerkesztettük az elméleti (javasolt) szórásképet. Ehhez állítottuk be, a lehetőségek határai között a 3 vizsgált kijuttató gépet (5. ábra). A lerakódási eredmények (2.1.2. pont) egészen elfogadhatóan tükrözik a vertikális mérőpad eloszlási jellemzőit (Hardinál a szóráskép-fedés egyenetlenségek, Kertitoxnál a 2 méter feletti kisebb adagolási, fedettségi értékek a jellemzőek). A kidolgozott vizsgálati eljárás tehát igazolta alkalmazhatóságát, mind a gépvizsgálatoknál, mind a gépbeállításoknál, de egy általánosítható, a gyakorlatba is bevezethető eljárás kimunkálásáig a megkezdett programot bővíteni, fejleszteni kell.



5. ábra
Állománypermetezők minőségellenőrző, gépbeállítási vizsgálata
vertikális eloszlásmérő padon

Már e célt is szem előtt tartva a továbbiakban összehasonlító vizsgálatok történtek a vertikális eloszlásmérő segítségével, melynek során azonos szórószerkezet konstrukció mellett elemeztük az üzemeltetési jellemzők (szórófej típus, méret, irányszög, nyomás, sebesség) változtatásának hatását. Ezzel párhuzamosan vizsgáltuk a szórásteljesítmények szimmetriáját, a szivattyú-szabályzó-szórófej szakaszok nyomásesését. Az EN 12760-3 szabvány alapján egy ventilátor minősítő berendezést alakítottunk ki, mellyel mérhető a szívóoldali légáramlás értéke, a légsebesség nyomásoldali nagysága, szimmetriája, a légszállítás szimmetriája. A BBA (NSzK)-val kialakított együttműködés keretében vizsgáltuk és értékeltük az ott kifejlesztésre került légsebesség-eloszlás jellemzőit mérő diagnosztikai berendezést.

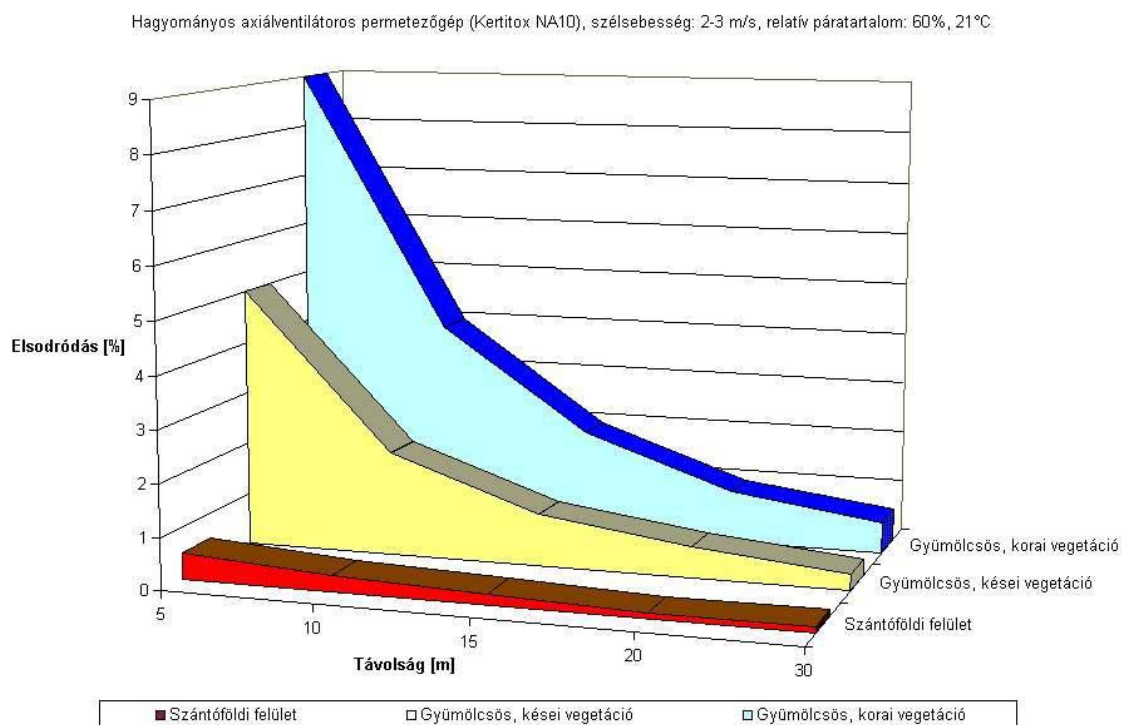
2.3. Feladat: Elsodródási jellemzők és a vizsgált műveleti tényezők közötti összefüggések vizsgálata szántóföldi síkszórásnál és ültetvény-permetezésnél. Szórófej elsodródási jellemzők meghatározása. Az EN ajánlásokkal kompatibilis vizsgálati módszer első hazai bevezetése.

Módszer: Egy új vizsgálati eljárást terveztünk, a BBA-val (NSzK) együttműködve, mely kísérleti szabadföldi és szélcsatornás mérésekre épült. A méréseknél a kezelt terület mellett egy mérőfelület kialakítására volt szükség, melyet úgy kell kimérni, hogy a legtávolabbi munkamenet már ne befolyásolja az elsodródást. A vizsgálati terület hosszát úgy kell megválasztani, hogy szélirány-változásoknál a direkt elsodródás egy megengedhető határon belül még mindig a mérőfelületre érkezzon (6. ábra).

A műveleti tényezők között változóként a szórószerkezet kialakítást, szórófej konstrukciót, cseppképzési módokat, haladási sebességet és klimatikus feltételeket választottuk. Az

elsodródott lebegő ill. talajra lerakódott jelzőanyagot különböző felfogó elemeken (szűrőpapír, műanyagzsinórok, tálcák), egy reprodukálható elhelyezési szisztéma szerint mértük. A felfogott anyag (BSF) mennyiségét a felfogó felületnél laboratóriumban fluorimetriás mérési módszerrel határoztuk meg. A számítógépes kiértékelő program mérővonalanként és a vizsgálatok középértékeként táblázatosan és grafikusan adja meg a távolság függvényében az elsodródott illetve lerakódott hatóanyag-mennyiség $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ és %-os értékeit.

Eredmények: Szántóföldi vizsgálatoknál a szélesség középértéke a mérések alatt 2-5 m/s, a választott haladási sebesség pedig 4-6-8-12 km/h volt. A vizsgálatokat különböző típusú (XR, AD, AI) és méretű réses, továbbá mechanikus cseppképzésű tárcsás szórófejekkel végeztük 3 bar nyomás mellett. Gyümölcsösben a 2.1.2. pontban ismertetett állománypermetezés után (ill. a következő év tavaszán) a Kertitox NA10 **szállítólevégős gép elsodródási** vizsgálatára került sor. A szántóföldi, gyümölcsös korai, ill. késői vegetáció melletti kezelések %-os elsodródási veszteségeit összehasonlítva jelentős különbségekkel kell számolnunk (7. ábra). Különösen a korai vegetáció melletti hagyományos permetezés jár jelentős környezetterheléssel. Ezek az eredmények is igazolják a szakaszos, vagy lombkorona érzékelőkkel szabályozott, vezérelt precíziós kijuttatás fejlesztésének, alkalmazásának szükségességét.

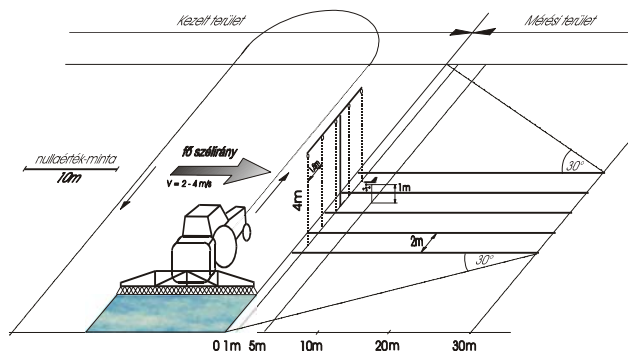


7. ábra

Elsodródási veszteségek összehasonlítása

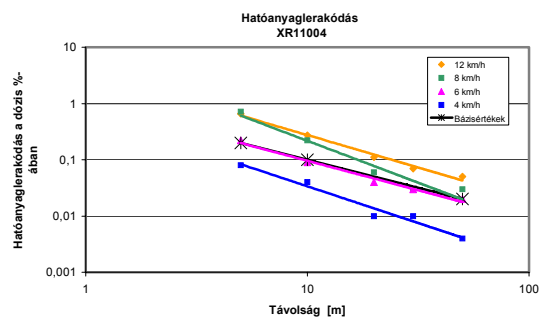
Az **elsodródás** okait **szántóföldön** vizsgálva megállapítható, hogy a menetsebesség hatására keletkező ún. menetszél teremt meg első fázisban az elsodródás lehetőségét. Ennek mértékét az üzemeltetőtől függő kijuttatástechnikai paraméterek (szórófej magasság, szórófejtípus, méret, permetezési nyomás, haladási sebesség) határozzák meg. Második fázisban az oldalszél hatására következik be a kezelt területről történő tényleges elsodródás, melyet a klimatikus jellemzők befolyásolnak.

A szántóföldi kísérletek adatbázisa alapján ún. bázis elsodródási értéket határoztunk meg egy egységes viszonyítási alap biztosítása érdekében. A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a távolság függvényében az elsodródás és a talajra lerakódott hatóanyag (a kijuttatott érték %-ban kifejezve) mennyisége egy negatív kitevőjű hatványfüggvény szerint változik. Kétszeres logaritmikusan tehát megközelítően párhuzamos egyenesekkel ábrázolhatjuk az összefüggéseket (8. ábra). Nagyobb távolság esetén a mérési pontok esetünkben elsősorban felfelé tértek el az egyenestől, a nagyobb hőfokesés (termik) miatt.



6. ábra

Szántóföldi elsodródás vizsgálat mérési elrendezése



8. ábra

Hatóanyag lerakódás a kijuttatott dózis %-ában (XR 11004-3 bar)

A szabadföldi elsodródás mérések nagyon munkaigényesek és nehezen reprodukálhatók, ezért a BBA-nál kifejlesztettek egy új mérési eljárást szántóföldi permetezőgépek elsodródási potenciáljának meghatározására. A szélcsatornában történő lézeres mérés lehetővé tette az elsodort felhő térfogatáramának, valamint súlypontjának meghatározását. E két paraméter együtt ad egy mérőszámot az elsodródási potenciálra, az ún. DIX-indexre.

Az eredmények alapján megállapítható:

- A szántóföldi elsodródás okai elsősorban kijuttatástechnikai (cseppspektrum, szórófej-típus, szórófej méret, kijuttatott mennyiség, permetezési nyomás ill. magasság, haladási sebesség) és klimatikus (szélsebesség- és irány, léghőmérséklet, relatív páratartalom, felhőzet) tényezőktől függenek. Nagyobb VMD (térfogati medián átmérő) cseppméret, kisebb haladási sebesség csökkenti az elsodródást.
- A meteorológiai tényezők közül a szélsebességnek van a legnagyobb hatása az elsodródásra. A szélsebesség növekedése az elsodródás növekedését eredményezi.
- 3 m/s szélsebesség értékek felett elsodródást csökkentő új szórófej konstrukciók alkalmazása szükséges (AD, AI, ID). Ezekkel a szórófejekkel esetenként 5 m/s feletti szélsebességnél is még elfogadható elsodródás értékeket mértünk.
- Az elsodródás lehetőségét megteremtő menetszél hatása szélcsatornában jól szimulálható. Az így számítható DIX (elsodródási potenciál index) és az üzemi elsodródási értékek között lineáris regressziós összefüggés mutatható ki.
- A távolság függvényében elsodródott, talajra lerakódott hatóanyag mennyisége kétszeres logaritmikusan megközelítően párhuzamos egyenesekkel ábrázolható. Ún. bázis elsodródási értékekhez viszonyítva a vizsgált eszközök, szórófejek minősíthetők, osztályba sorolhatók, így alkalmazhatóságuk feltétele hatóságilag szabályozható.
- A hagyományos kijuttatástechnikával meghatározott ún. bázis elsodródási értékekhez képest az „elsodródást csökkentő berendezések” jelentősen mérséklék az elsodródást. Az injektoros fűvőkával felszerelt szántóföldi permetezőknél az elsodródás például 50-75%-al is kevesebb lehet, ha csökkentett haladási sebességgel dolgozunk (max. 5 km/h). Németországban bevezetésre került az „elsodródást csökkentő permetezők” hivatalos

regiszterének a felállítása. A rendszer jövőbeni hazai alkalmazása, bevezetése szakmailag indokolt.

2.4. Feladat: A permetezési folyamat automatikus szabályozhatóságának vizsgálata. Gyomfoltok helyspecifikus, differenciált kezelése.

Módszer: A szabályzó-berendezések vizsgálatánál egy nemzetközi együttműködésben kifejlesztett EU kompatibilis mérőpadot alkalmaztunk. A kifejlesztett foltkezelő berendezésnél vizsgáltuk az adagolási jellemzőket, a szabályozás időbeli viselkedését, késedelmét, injektoros adagolásnál a homogenitás időbeli és térbeli változását, a műveleti tényezők változásának hatását, továbbá a gyomfoltok és permetlé-adagolás illesztési pontosságát, a fedettség mértékét.

Eredmények: A szabályozott, helyspecifikus kijuttatási technika megvalósítására két út áll a rendelkezésünkre.

- Előre elkészített permetezési térkép alapján egy helyzetérzékelő (GPS) + permetezésszabályzó rendszer biztosítja a differenciált (esetleg igen-nem) kijuttatást. A fedélzeti számítógép, ill. GPS rendszer azonosítja a gép helyzetét, a chip kártyáról leolvassa az adott helyhez tartozó permetezési adatokat és vezérlő jeleket küld a mennyiség-szabályozónak (esetleg nyitó-záró elektromágneses szelepeknek).
- Azonos idejű (gyomfelismerés a permetezéssel egyidőben) kijuttatást alkalmazunk.

Mindkét megoldás rendelkezik szabályzó berendezéssel. Szabályozni vagy a kijuttatási nyomás, vagy a permetlé koncentráció változtatásával lehet. Amennyiben a kijuttatott folyadék koncentrációja állandó, a dózist a permetezési nyomás változtatásával lehet befolyásolni. Ennek a legnagyobb hátránya az, hogy a dózis állításával változik a cseppspektrum. Ezt küszöböli ki, ha a permetezett folyadék koncentrációjával szabályozunk. Ebben az esetben az állandó térfogatáramú vivőanyagba (pl. vízbe) adagoljuk permetezés közben a növényvédőszer. Mivel általában a növényvédőszer mennyisége arányaiban messze elmarad a vivőanyagtól, a kipermetezett folyadék mennyisége lényegében nem változik a növényvédőszer mennyiségének változásával. Ezért a cseppspektrum közel állandó marad a szabályzás alatt.

Első lépésben a nyomásváltozás alapján **szabályozó** két berendezést (RAVEN SCS 400, ill. RDS PRO SERIES 800) vizsgáltunk a tanszéki diagnosztikai berendezéssel. A mérőpadon egy sebességjelet és egy térfogatáramot szimuláltunk a szabályzónak. Egy szoftver segítségével folyamatosan mérni lehet a sebességet illetve a térfogatáramot. A két adat ismeretében a program folyamatosan meghatározza a dózis pillanatnyi értékét. A mérés során különböző üzemállapotokat szimuláltunk: szórókeret szakaszainak, ill. permetezés ki/be kapcsolása, sebességváltozás, ugyanazon dózisérték többszöri beállítása állandósult üzemállapotban. A számítógépes adatgyűjtő és kiértékelő program segítségével a kapott időfüggvényekből meghatározhatók a szabályzás jellemzői (szabályozás késedelmé, hibája). A mért szabályzási jellemzők mindegyik állapotváltozásnál a megengedhető ISO határértéken belül voltak.

Helyspecifikus gyomkezelésre alkalmas berendezés kifejlesztésére (nagyobb költségvonzata miatt) más kutatási program támogatását is igénybe kellett vennünk, pályázatunkban is így terveztük. Az OTKA program első évében FKFP kutatási témából be tudtuk szerezni az RDS PRO SERIES 800 központi szabályzó egységet, majd az OTKA támogatásból ennek működtető szoftverét. De a helyzetmeghatározó beszerzésére beadott pályázataink ezután

sikertelenek voltak (pl. OTKA Műszerpályázat, FVM Agrár-Környezetgazdálkodási Pályázat). Hazai kutatási együttműködés keretei között vizsgáltuk az ún. azonos idejű (gyomfelismerés a permetezéssel egyidőben, kamerával) precíziós kijuttatás műszaki feltételeit. Ennek keretében feladatunk volt a víz vívőanyagba **injektáló vegyszeradagoló** berendezés kísérleti vizsgálata. A laboratóriumi mérésekhez egy olyan modell-folyadékkört alakítottunk ki, amely 3 vegyszerinjektáló ágat és egy víz vívőanyagvonalat tartalmazott. A 3 vegyszerkör mindegyikéhez külön armatúra rendszer (tartály, szivattyú, nyomásszabályzó) lett kiépítve. Mértük az injektor adagolási teljesítményét, adagolási egyenletességét, szabályzási időtartamát, a kívánt koncentráció elérésének idejét, állandósult üzemeltetési viszonyok között a koncentráció ingadozását.

Azonos idejű kijuttatásnál nagyon rövid a rendelkezésre álló szabályzási idő. Amíg a gyom fölött elhalad a permetezőgép az infrakamerától a szórófejekig, meg kell történni az adatfeldolgozásnak, a szabályzásnak, és a dózis érték beállításának. Ennek megfelelően az a követelmény, hogy nulla időponttól (beinjektálás kezdete tiszta vízáramba) az ötödik másodpercig a vízáramba injektált vegyszer-mennyiségnek be kell állnia a névleges érték $\pm 10\%$ értékre. Ezt a követelményt, a max. 5 s-os szabályozási időt a legtöbb mérési program során a kifejlesztett injektor teljesítette. Az értékelés során az injektáló berendezés adagolás egyenletességét is minősítettük. Kritériumként a maximum $\pm 10\%$ eltérést fogadtuk el a dózis névleges középértékétől. Az adagoló rendszer általában $\pm 15\%$ koncentráció ingadozáson belül dolgozik, tehát az adagolásegyenletesség jósága csak részben elfogadható.

A felületszelektív érzékelő rendszert a programban a SzE Kísérleti Fizika Tanszéke fejlesztette ki. Olyan kamerarendszert építettek fel, amely a látható és infravörös hullámhossz-tartományon működik, így felismeri és megkülönbözteti a gyomnövényeket egymástól. Ez a rendszer a sikeres laboratóriumi mérések ellenére azonban – bizonyos technikai okok, és a megvilágítás gyakorlatban bekövetkező spektrális változásai miatt – még további tökéletesítést igényel.

A gyomfolt-kezelő rendszer kialakítása után a **keresztirányú üzemi szórásképvizsgálatok** mérési adatainak számítógépes feldolgozásával grafikusán ábrázoltuk a kezelt területen lerakódott hatóanyag (jelzőanyag) mennyiség változását a teljes munkaszélesség ill. az 1-1 m-es szakaszos kezelés mérővonala mentén. A permetezett sávok f%-os középértékeit, a kijuttatott vegyszer mennyiség szakaszonkénti eloszlásának egyenletességét (CV%) táblázatos formában értékeltük. Szakaszos üzemmódban már elfogadható hatóanyag-eloszlást mértünk, különösen az E jelű szalagpermetezők esetében (CV= 19,3%).

A szórásképvizsgálatok során ellenőriztük a **felületszelektivitás** pontosságát is (a gyomspecifikus szabályozást a rendszer fentiekben jelzett hibái miatt még nem értékeltük). A mérések igazolták, hogy megfelelő fűvókatípusok, permetezési nyomás esetén az 1 m-es keresztirányú felbontás biztosítható. A hosszirányú felbontást az érzékelt gyomfolt előtti ill. utáni permetezett hossz mérése alapján értékeltük, amit a permetszórás megindulása/megszűnése között eltelt idő és a menetsebesség határoz meg. Értéke 15 km/h-nál 7-8 m között ingadozott, ami egyrészt még javítható, másrészt a hidraulikus rendszer tehetetlenségét is figyelembe véve elfogadhatónak ítéltető. Az 1,5 m-nél nagyobb ellenőrzött gyomfoltok találati aránya a vizsgálati hossz mentén 100% volt.

Végül vizsgáltuk a Palm Top készülék (Palm Nov szoftverrel) munkaművelet-, nyomvonal **csatlakozási pontosságát**. Az Agrárin Kft. támogatásával mérésekre átadott berendezés GPS vevőantennáját az erőgép középvezetékében rögzítettük. Egy függesztett késes csoroszlya pedig az antenna vezetékes vonalában alakított ki jelzővonalat a talajban. A talajon kijelöltünk egy-egy 20-

30°-os törésvonallal 200m-es vezetővonalat, majd attól 18-24m-re a csatlakozó nyomvonalakat. Az erőgép a Palm Nov jelei alapján navigált 4, ill. 8 km/h sebesség mellett a vezetővonal utáni csatlakozásoknál. A mért eltérés átlagosan +34/-25 cm volt (3-6% a munkaszélesség függvényében), ami növényvédelmi műveleteknél még elfogadható csatlakozási pontosságot jelent. Problémát inkább az adatok nagyobb szórása (27-34%) jelentett a rövidebb mérési szakaszokon (200m-en 10m-es mérési pontokat választottunk).