

**PANNON EGYETEM
GEORGIKON KAR**

FESTETICS DOKTORI ISKOLA

Iskolavezető:

Dr. habil Anda Angéla Dsc.

az MTA doktora

Konzulens:

Dr. László Alfréd CSc.

a mezőgazdasági tudományok

kandidátusa

Konzulens:

Dr. Pályi Béla PhD.

**KÜLÖNBÖZŐ MŰVELETI TÉNYEZŐK HATÁSA A PERMETEZÉS
ELOSZLÁSI VISZONYAIRA**

című Ph.D értekezés

Készítette:

Lönhárd Miklós

DOI: 10.18136/PE.2015.598

KESZTHELY

2016

KÜLÖNBÖZŐ MŰVELETI TÉNYEZŐK HATÁSA A PERMETEZÉS ELOSZLÁSI VISZONYAIRA

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Pannon Egyetem Festetics Doktori Iskolájához tartozóan

írta:
Lönhárd Miklós

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el.

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: dr. Láng Zoltán DSc. igen /nem

.....
(aláírás)

Bíráló neve: dr. Gulyás Zoltán PhD. igen /nem

.....
(aláírás)

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

Készthely,

.....
a Bíráló Bizottság elnöke

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

.....
Az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	4
KIVONAT.....	6
ABSTRACT.....	7
AUSZUG.....	8
1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK	9
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	12
2.1. A szórófejek és a kijuttatás munkaminőségét jellemző paraméterek, követelmények.....	12
2.2. A munkaminőséget befolyásoló tényezők.....	18
2.2.1. A cseppképzés módjai, jellemzői, mechanizmusa.....	19
2.2.2. Szórófejek jellemzői.....	25
2.2.3. Légtechnikai jellemzők hatása, fejlesztési eredmények.....	30
2.2.4. Üzemeltetési jellemzők hatásai.....	33
2.2.5. A klimatikus tényezők és a növényállomány jellemzőinek hatása.....	42
2.3. Környezetkímélő permetezési eljárások	46
2.3.1. Új típusú „környezetkímélő” fűvókák.....	46
2.3.2. Elektrosztatikus feltöltés.....	51
2.3.3. Szélárnyékolás.....	53
2.3.4. Permetlélfelfogás, visszanyerés.....	53
2.4. Precíziós növényvédelem, növényérzékelés, real-time technológiák.....	55
2.5. Mérési, vizsgálati eljárások, eszközök.....	60
2.5.1. Cseppképzés mikroeloszlási jellemzőinek vizsgálata.....	60
2.5.2. Lerakódott jelzőanyagok visszamérése.....	62
2.5.3. Elsodródás mérése szélcsatornában.....	64
2.5.4. Vertikális eloszlás mérése.....	65
2.5.5. Elektronikus dózisszabályzók mérőpadja.....	66
3. VIZSGÁLATI ANYAGOK, GÉPEK, MÓDSZEREK.....	68
3.1. Gépek előkészítése, laboratóriumi vizsgálata az üzemi vizsgálatok megkezdése előtt.....	68
3.1.1. Nyomásmérő óra kalibrálása.....	68

3.1.2. Folyadék-térfogatáram ellenőrzése szivattyúnál, keret- és keverőágban....	69
3.1.3. Szórófejek folyadék-térfogatáramának laboratóriumi vizsgálata.....	69
3.1.4. Keresztirányú eloszlás egyenletességének mérése.....	70
3.1.5. Vertikális irányú eloszlás mérése.....	71
3.2. Hatóanyag lerakódás laboratóriumi vizsgálati módszerei.....	71
3.2.1. Mikroeloszlás vizsgálata képelemző módszerrel.....	71
3.2.2. A hatóanyag-lerakódás vizsgálata fluorimetriás módszerrel.....	73
3.3. Hatóanyag lerakódás üzemi mérése állománypermetezésnél, különböző kijuttatási technikák alkalmazásával	74
3.3.1. Lerakódási viszonyok mérése szántóföldön.....	74
3.3.2. Lerakódási viszonyok mérése gyümölcs ültetvényben.....	77
3.4. Növényállomány fejlettségi állapotának hatása a lerakódási viszonyokra	79
3.5. A menetsebesség elsodródásra gyakorolt hatásának vizsgálata.....	82
3.6. Azonos idejű precíziós kijuttató rendszer vizsgálata.....	84
3.7. Statisztikai elemzés.....	87
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	88
4.1. Hatóanyag lerakódás mérése különböző kijuttatási technikák alkalmazásával	88
4.1.1. Szántóföldi alkalmazástechnikai vizsgálatok.....	88
4.1.2. Lerakódási viszonyok mérése gyümölcs ültetvényben.....	93
4.1.3. Új minőségellenőrzési eljárás kidolgozása állománypermetezőknél.....	101
4.2. Növényállomány fejlettségi állapotának hatása a lerakódási viszonyokra.....	109
4.3. A menetsebesség elsodródásra gyakorolt hatásának vizsgálata.....	118
4.4. Azonos idejű precíziós kijuttató rendszer vizsgálata.....	126
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	130
5.1. Hatóanyag lerakódás mérése különböző kijuttatási technikák alkalmazásával.....	130
5.2. Növényállomány fejlettségi állapotának hatása a lerakódási viszonyokra.....	132
5.3. A menetsebesség elsodródásra gyakorolt hatásának vizsgálata.....	134
5.4. Azonos idejű precíziós kijuttató rendszer vizsgálata.....	134
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	136
FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM JEGYZÉKE.....	139
TÉZISEK.....	151

KIVONAT

A fenntartható mezőgazdasági fejlődés legfontosabb kritériumai, hogy ne károsítsa, ne terhelje feleslegesen a környezetet, alkalmazzon környezetkímélő anyag- és energiatakarékos technológiákat, valamint fordítson kellő figyelmet a minőségre. Növényvédelmi alkalmazástechnikai szempontból ezek a követelmények azt jelentik, hogy csak a biológiailag kívánatos hatás érdekében szükséges minimális hatóanyagot kell megfelelő eloszlásban, időben, környezetkárosító veszteség nélkül a célfelületre juttatni.

A szerző célja változó műveleti tényezőkkel olyan összefüggés- és hatásvizsgálatok elvégzése (laboratóriumi és üzemi feltételek között), amelyek a hatóanyagok célzott, biztonságos és csökkentett elsodródás melletti kijuttatásához új ismeretek, tudományos törvényszerűségek feltárásával járulnak hozzá. A nagyszámú műveleti tényező között vizsgálta a szórófejek és szórószerkezetek különféle konstrukciós kialakításainak, a haladási sebességnek, a permetezési nyomás és a kijuttatási dózis változtatásának, valamint az ültetvény-jellemzőknek munkaminőségre gyakorolt hatásait.

A disszertáció kutatási feladatai a hazai és az uniós szabványok, követelmények figyelembevételével, a Pannon Egyetem Agrárműszaki Tanszék kutatói által kidolgozott gépvizsgálati, alkalmazástechnikai mérési módszerek szerint zajlottak szántóföldi környezetben, szőlő- és gyümölcs-ültetvényben. Egyes részfeladatok új vizsgálati módszer kidolgozását követelték meg, olyan ültetvény-jellemzőkhöz javasolható elméleti vertikális eloszlás szerkesztési módjának kidolgozását, amely segítségével az ültetvény-permetezőgépek vertikális szóróképeinek gyors ellenőrzésére, a gép alkalmazási lehetőségeinek meghatározására nyílik lehetőség. A módszer alkalmassá válhat a permetezőgépek típusvizsgálati, illetve időszakos felülvizsgálati rendszerébe történő jövőbeni beillesztésére. A disszertáció a növényállomány fejlettségi állapotának és a permetlé lerakódási viszonyainak összefüggéseire rámutató vizsgálatssorozatot, eredményeket tartalmaz.

ABSTRACT

The most important criteria of sustainable agricultural development consist of avoiding redundant environment burdening or damaging, using energy- and chemical saving technologies, and considering achieving best quality of agricultural products. This means from the point of view of plant protection technology, that the biologically necessary minimal amount of active substance has to be sprayed onto the target surface in a required amount and time, without losses and environment damaging.

The aim of the author was to carry out relationship- and efficacy investigations in laboratory and field tests using changing operation factors in order to work out new scientific regularities which can contribute to a safe and targeted chemical application without their lesser drift. Among the numerous application investigated the author the effect of different constructions of nozzles and sprayers as well as their operating speed, spraying pressure, application rate and plant parameters onto the spraying quality and accuracy.

The research work were carried out in accordance with local and international standards using the measuring methods elaborated by the researcher of Department of Agricultural Mechanization of Pannon University at field, in vineyard and fruit orchard. Some part of the research works needed development of new measuring methods among them working out theoretic constructional way for vertical distribution in special plantations, by which the suitability of a sprayer can be quickly controlled. This method may be used in type testing of sprayers, and may be adopted in future periodical revision system of sprayers. The dissertation includes testing results on relationships of developmental stage of plant and the spray deposition.

AUSZUG

Die wichtigsten Kriterien der erhaltbaren Landwirtschaft sind, dass die angewandten Methoden die Umwelt überflüssig nicht belasten, umweltschonende Materialien und energiesparende Technologien angewandt werden, sowie die Qualität des Produktes beachtet wird. Vom Gesichtspunkt des Pflanzenschutzes es bedeutet, dass nur die biologisch notwendige minimale Menge des Wirkstoffes muss man in dem entsprechenden Zeitpunkt möglicherweise ohne Verlust auf der Zielfläche der Pflanze spritzen.

Das Ziel des Verfassers war solche Zusammenhang- und Effektprüfungen im Laboratorium im Freiland unter wechselnde Operationsfaktoren durchführen, die durch Einführung neuer Kenntnisse und Erschließung von wissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten zu sicherer, gezielter Ausspritzung von Pflanzenschutzmittel beitragen, wobei das Spritzmitteldrift niedriger ist. Unter mehrere Operationsfaktoren der Autor hat das Effekt von konstruktionalen Ausbildung von Spritzdüsen und Spritzaufbau geprüft, sowie auch Effekt von Fahrgeschwindigkeit, Spritzungsdruck, Dosiswechslung und Plantagencharakteristik auf der Qualität der Spritzung.

Im Laufe der Prüfungen und Messungen es wurden die im Pannon Universität, Lehrstuhl für Technik in der Landwirtschaft ausgearbeitete Prüfung- und Meßtechnische Methoden angewandt im Freiland, in Rebe- und Obstplantagen, unter Berücksichtigung einheimische und internationale Standards und Anforderungen. Einige Teilaufgaben die Entwicklung neuer Prüfmethode forderten: die theoretische Konstruktionsweise von vertikalen Verteilung für verschiedene Obstplantagen, welche ermöglicht die schnelle Überprüfung der Wirkstoffverteilung, und die Verwendbarkeit einer Spritzanlage. Diese Methode kann künftig geeignet sein zur Eingliederung in den Typenprüfung oder periodischen Prüfung von Spritzanlagen. Die Dissertation enthält Prüfungsreihen und Daten über Wirkstoffverteilung in Zusammenhang mit Entwicklungsstadien der Pflanzen.

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A növényvédelem a kultúrnövények védelmét jelentő eljárások összessége. Sok különböző formája létezik, ezek együttes alkalmazásával érhető el vegyszertakarékos, környezetkímélő, a fenntartható termesztés szempontjából is elfogadható, hatékony védekezés. Az intenzív termesztéstechnológiában a vegyszeres növényvédelem szerepe meghatározó. Nem az a kérdés, hogy használjunk-e vegyszert, hanem az, hogy milyen technikát, technológiát válasszunk ahhoz, hogy a növényvédelmet a lehető legkisebb vegyszermennyiséggel, a legkisebb veszteséggel és ezzel a legkisebb környezeti terheléssel végezzük. (CSIZMAZIA, 2006). Környezetbarát növényvédelmi műszaki eljárások kialakítására, a növényvédelem káros hatásainak mérséklésére hazánkban is évtizedek óta folyik kutató-fejlesztő munka. A jelenlegi műszaki fejlesztés egyik meghatározó iránya egyrészt a meglévő berendezések átalakításával a növény permetléfedettségének növelése, másrészt a permetlé elsodródás lehetőségének csökkentése (SZTACHÓ-PEKÁRY, 2008). Legfontosabb azonban, hogy tisztában kell lennünk a permetezési műveleteket befolyásoló tényezőkkel, pontosabban azoknak a cseppképzést, az eloszlási viszonyokat, és a veszteségeket módosító hatásaival (LÁSZLÓ, 1999a).

A permetezés minőségének fontosságát jól szemlélteti egy Svájcban 1981-1982-ben végzett vizsgálat, amely a sikertelen védekezések hátterét kutatva az alábbiakat állapította meg:

- rosszul megválasztott szer: 2%
- rossz adagolás: 4%
- rossz időzítés: 41%
- rossz alkalmazástechnika: 53%

A rossz alkalmazástechnika nem megfelelően megválasztott, esetleg hibás szórófejeket, a növényvédő gép rossz üzemi állapotát, rossz dózist (dm^3/ha), rossz menetsebességet takar, ami nem kielégítő fedettséget eredményez (SÁROSPATAKI – SIPOS, 1999). A hiányosan felszerelt és karbantartott permetezőgépek, és ezek hanyag kezelése súlyos kijuttatási hibákhoz vezethet. Egy az Egyesült Államokban 1979-ben végzett felmérés szerint a vizsgált 95 db folyékony peszticid kijuttató gép közül mindössze 23 darabbal lehetett az előírt dózist maximálisan 5%-os eltéréssel tartani, a többi gépnél az eltérés a 60%-os alul-

adagolástól a 80%-os túladagolásig terjedt (RIDER – DICKEY, 1982). Ezek a hibák adódhatnak olyan tényezők hatásából is, amelyek minden növényvédelmi műveletnél fellépnek, többek között a haladási sebesség, a porlasztási nyomás, a szivattyú fordulatszámának ingadozása, amelyeket a terep-, talaj- és terhelési viszonyok változása okoz, a keverőszerkezet hibája, a szórófejek kopása, stb. Ezeket a hatásokat teljes mértékben kiküszöbölni nem tudjuk, legfeljebb nagyságukat csökkenthetjük (PÁLYI, 1990).

A permetezés munkaminőségét befolyásoló nagyszámú paraméter együttes hatásának vizsgálata hatalmas kutatási terület. Ahhoz, hogy az optimálisnak feltételezett (talán csak elméleti szinten létező), környezetkárosítás nélkül elvégzett vegyszeres növényvédelemről beszélhessünk, ezeket a változókat egyszerre kellene figyelni, mérni, az egymásra és a munkaminőségre gyakorolt hatásaikat tökéletesen ismerve beavatkozni. Ezzel szemben a kutatás módszertanának alapvető követelménye, hogy a változók közül a lehető legtöbbet kizárjuk, vagy állandó szinten tartjuk ahhoz, hogy az éppen vizsgált változó hatásait minél jobban megismerjük.

A környezetvédelem, a fenntartható gazdálkodás a vegyszeres növényvédelem területén napjainkban a veszteségek (a nem célfelületre kerülő, elsodródó, talajra hulló, stb.) csökkentését jelenti, itt van továbblépési lehetőség. Ezen a szakterületen is vannak hangsúlyosabb témák, zömmel az újszerű, környezetkímélő konstrukciók fejlesztései, amelyek kedvező tulajdonságairól számos tudományos publikáció jelent meg. A hazai, és talán a határon túli gyakorlat számára is a környezetkímélő növényvédelem elsősorban a legmodernebb konstrukciók alkalmazását jelenti. Sok esetben a felhasználók megelégszenek a gyártók által megadott információkkal, a gyártók pedig többnyire a működési elv vázlatán és a pontos kezelési leíráson kívül többet nem adnak. Tény, hogy a modern technika, a magas szintű automatizáltság sokat jelent(het) a környezetkímélő növényvédelem szempontjából. Ne feledkezzünk meg azonban arról, hogy emellett megfelelő alkalmazástechnikával és gépbeállításokkal, a növényzet jellemzői és a klimatikus viszonyok figyelembevételével lehet csak jó minőségű védekezést folytatni. Egyes időjárási jelenségek, üzemeltetési paraméterek, vagy a növényzet fejlettségi állapota olyan befolyásoló paraméterek, amelyek napjainkig kevésbé kerültek a kutatók látókörébe. Elsődleges célom volt, hogy ennek a szakterületnek olyan szegmenseiből is válasszak témát, amelyek a hazai, illetve a nemzetközi tudományos életben eddig kisebb hangsúlyt kaptak. Munkámat 2000-ben kezdtem meg, majd 2002-től témavezetőm részfeladatok teljesítésével bízott meg az OTKA T 34375 és a Tét magyar-

német együttműködési kutatási programok által felölelt témákból. E programok támogatásával vizsgáltuk a szántóföldön alkalmazott szórófejek elsodródási jellemzőit, az elsodródás csökkentés egyik eszközeként a cseppméret növelését, illetve továbbfejlesztettük a mérési, adatfeldolgozási, értékelési módszereket. Konkrét részfeladatként a hagyományos réses 11002 és 11004 fűvókák menetszél okozta elsodródási viszonyait vizsgáltam. Erre alapozva később, 2004-ben szintén az OTKA 34375, illetve az FVM 43569 kutatási programok részfeladataiként búza állománypermetezésénél olyan kijuttatástechnikai eljárások vizsgálatát végeztem, ahol cél volt, hogy a kalász, a levélzet, a szár teljes felülete, minden oldala elégséges borítást kapjon, az állomány minden szintjére elegendő mennyiségű permetlé jusson, és emellett csökkenjenek az elsodródási veszteségek. Feladatomból volt, hogy hagyományos réses-, illetve injektoros fűvókákkal felszerelt szántóföldi permetezőgép, valamint légszákos szórástechnika összehasonlító vizsgálatait elvégezzem. Különböző konstrukciós kialakítású permetezőgépek munkaminőségének összehasonlító vizsgálatára gyümölcs-ültetvényben is sor került, amelyhez új, vertikális szórási eloszlásra vonatkozó gépvizsgálati módszer kidolgozására, valamint a tanszékünk tulajdonában levő vertikális szóráskép-vizsgáló pad továbbfejlesztésére is szükség volt, továbbá hagyományos axiál-ventilátoros permetezőgéppel a növényállomány fejlettségi állapota, és a permetezés hatékonysága közötti összefüggéseit is kutattam. Ez utóbbi feladatnál fontos feltételnek tartottam, hogy a vizsgálatok a gyakorlatban megvalósuló növényvédelmi műveletekkel együtt történjen.

Alkalmam nyílt továbbá egy felületszelektív számítógép-vezérelt vasúti gyomirtás-technológiához kifejlesztett precíziós kijuttató rendszer (pályázat nyilvántartási száma: KMFP-00093/2000) tanulmányozására, ahol részfeladatként a szegedi G&G Kft. saját fejlesztésű, keverőelemmel egybeépített, motoros szeleppel állítható injektoros adagoló rendszerének minősítő-vizsgálatait végeztem el.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Napjaink növényvédelmével, azon belül a permetezési technológiákkal szemben egyre szigorúbb műszaki, alkalmazástechnikai követelmények lépnek életbe. Ezt a folyamatot leginkább környezetvédelmi- és gazdaságossági okok mozgatják, de a technikai lehetőségek bővülése, és nem utolsósorban az ágazattal szembeni társadalmi elvárások is befolyásolják. Cél, hogy a permetszert minél nagyobb arányban, de anyagtakarékosan, a környezet terhelése szempontjából legkedvezőbb módon, a célfelületre juttassuk (GULYÁS, 2009; PÁLYI, 2011). A legkedvezőbb előrelépési lehetőségek az elvégzendő műveletek munkaminőségének javításában rejlenek, a kutatók a fejlesztések irányát a kijuttatás minél jobb hatékonyságában látják. A vegyszerek célzottabb kiszórásának, nagyobb arányú hasznosulásának keresésére igen sok irányba indulhatunk. E disszertáció terjedelménél fogva nem foglalkozhat ennek a nagyon szerteágazó tudományterület minden egyes pontjával, hanem csak egy-egy fontos részterületével. A nagyszámú munkaminőséget befolyásoló tényező közül döntő jelentőségű a megfelelő cseppméret és a jó cseppméret-eloszlás megválasztása, amely konstrukciós oldalról a cseppképzési mód, a különböző szórófejek és szórószerkezetek ismeretét követeli meg. A kialakuló cseppméreteknél, és a növényvédő szer biztosabb célfelületre jutásánál döntő szerepe van az üzemeltetési jellemzőknek is, de elengedhetetlen a klimatikus tényezők lehetséges hatásainak, és a növényállomány jellemzőinek figyelembe vétele. Mindezek mellett a fejlett precíziós technikák és automatizálási lehetőségek alkalmazása további munkaminőség-javulást nyújthatnak.

2.1. A szórófejek és a kijuttatás munkaminőségét jellemző paraméterek, követelmények

Közepes cseppátmérő, cseppméret-eloszlás

A permetezési művelet munkaminősége a porlasztás minőségével szoros összefüggésben áll. Az egyes szórófejeknél szórásképvizsgálattal, cseppnagyság laboratóriumi mérésével, a cseppképződés és a cseppstruktúra értékelésével (sűrűség-, illetve

eloszlásgörbék segítségével) jól jellemezhető a cseppképződés minősége. (LÁSZLÓ et al.: 2000a).

A cseppképzés számszerű jellemzésére számított és helyzeti középértékeket adnak meg. Számított középértékként a számtani átlag használata a leggyakoribb (IMELI et al., 1983):

- \bar{d} [μm]: lineáris közepes cseppátmérő,
- \bar{d}_s [μm]: felszín szerinti közepes cseppátmérő
- \bar{d}_v [μm]: térfogat szerinti közepes cseppátmérő
- $\bar{d}_{vs} = \frac{\bar{d}_v^3}{\bar{d}_s^2}$ [μm]: térfogat-felületi középérték (Sauter-féle átlag)

Helyzeti középértékként pedig a medián a legelfogadottabb paraméter (IMELI et al., 1983):

- NMD (Number Median Diameter) [μm]: lineáris közepes cseppátmérő, a cseppátmérők mediánja,
- SMD (Surface-area Median Diameter) [μm]: felületi közepes cseppátmérő, a cseppfelületek mediánjához tartozó cseppátmérő,
- VMD (Volume Median Diameter) [μm]: térfogati közepes cseppátmérő, a csepptérfogatok mediánjához tartozó cseppátmérő.

A fent említett jellemzők egymáshoz való viszonya a következőképpen alakul (LÁSZLÓ, 1997):

$$\bar{d} < \bar{d}_s < \bar{d}_v < \bar{d}_{vs}, NMD < SMD < VMD, \text{ illetve } VMD > \bar{d}_v .$$

További, alkalmazástechnikai szempontból is fontos jellemzőket tudhatunk meg a kiválasztott szórófejről, ha ismerjük a rá jellemző cseppstruktúrát. Ezeket különböző cseppnagyság-mérési módszerekkel kaphatjuk meg, és a cseppméret eloszlásgörbéit felrajzolva jellemezhetjük a porlasztás inhomogenitását. Leolvashatók róla a térfogati közepes cseppátmérő ($VMD_{0,5}$), a maximális és a minimális cseppátmérő. Fontos még a 10%-os ($VMD_{0,1}$) és a 90%-os ($VMD_{0,9}$) gyakorisághoz tartozó átmérő is. A szigorodó környezetvédelmi előírások egyre inkább kiemelik a 10%-os ($VMD_{0,1}$) gyakorisághoz tartozó cseppátmérő szerepét, és a 100 μm -nél kisebb cseppek összes cseppszámhoz viszonyított arányát, hiszen ez az a mérettartomány, amely az elsodródás szempontjából a leginkább veszélyes (GANZELMEIER – RAUTMANN, 2000; NUYTENS et al., 2007; GULYÁS et al., 2012; GULYÁS, 2013). A gyakorlatban elterjedt további homogenitási mutató a VMD/NMD arány.

Ezen mutatók ismeretében 1985-ben rendszerezést dolgozott ki a Brit Növényvédelmi Tanács (BCPC) négy tagja. Később, 1988-ban a Párizsban megrendezett Első Nemzetközi Alkalmazástechnikai Szimpóziumon a résztvevők ezt a rendszerezést, az ún. BCPC-kódot nemzetközi alkalmazásra elfogadták, fő cél a fogalmak meghatározása és értelmezése volt a növényvédőszer-gyártók, engedélyezett hatóságok szaktanácsadók és felhasználók részére.

A BCPC osztályozása a permet minősége alapján (DOBLE et al.: 1985):

- Nagyon finom permet: $VMD \leq 100 \mu\text{m}$. Retenciója a levélfelületen jó, elsodródási lehetősége nagy, csak kivételes esetekben, speciális növényvédő-szerekkel, illetve eszközökkel alkalmazható.
- Finom permet: $VMD = 100 - 200 \mu\text{m}$. Retenciója a levélfelületen jó, nagyon jó fedést biztosít, elsodródhat, rovar- és gombaölő hatású kezeléseknél, valamint gyomirtásnál alkalmazható azon készítmények esetében, ahol az optimális biológiai hatás csak nagyon jó fedettség biztosításával érhető el.
- Közepes permet: $VMD = 200 - 300 \mu\text{m}$. Rovar-, gombaölő hatású kezeléseknél, gyomirtásnál, posztkezeléseknél alkalmazható. Retenciója a levélfelületeken jó, és jó fedést is biztosít, 4 m/s-nál nagyobb szélesség esetén elsodródhat.
- Durva permet: $VMD = 300 - 400 \mu\text{m}$. Retenciója a levélfelületen mérsékelt, csak talajherbicidek esetén pre-kezelésekre alkalmazható, elsodródási veszélye csekély.
- Nagyon durva permet: $VMD \geq 400 \mu\text{m}$. Retenciója a levélfelületen rossz, csak folyékony műtrágyák kijuttatására alkalmas.

Hasonló szabványt dolgozott ki az Amerikai Mezőgazdasági Mérnökök Társasága (*American Society of Agricultural Engineers, ASAE*) a cseppméretek osztályba sorolására. Az ASAE S-572 „Spray Tip Classification by Droplet Size” szabvány 6 különböző méretkategóriát különböztet meg, amelyekhez színjelöléseket is rendelnek (1. táblázat). A szórófej-katalógusok az egyes szórófejtípusok különböző üzemi nyomásaihoz tartozó közepes csepptérfogati átmérő értékét ($VMD_{0,5}$) a szabványban megadott színnel jelölik. Mindenképp szem előtt tartandó azonban, hogy a $VMD_{0,5}$ értékek nem utalnak közvetlenül a kis cseppek számára és tényleges méretére, pedig ez igazán fontos lenne. Így ezek a jelölések csak tájékoztató jellegűnek tekinthetőek (SZTACHÓ-PEKÁRY, 2008).

Kategória	Jel	Színkód	VMD 0,5 [μm]
Nagyon finom (Very Fine)	VF	vörös	< 100
Finom (Fine)	F	naracs	100-175
Közepes (Medium)	M	sárga	175-250
Durva (Coarse)	C	kék	250-375
Nagyon durva (Very Coarse)	VC	zöld	375-450
Extrém durva (Extremely Coarse)	XC	fehér	> 450

1. táblázat: Az ASAE S572 szabvány cseppméret-kategóriái (HTTP1)

A porlasztó térfogatárama, adagolás

A közepes cseppátmérők és a cseppméret-eloszlás különböző jellemzői mellett további nagyon fontos, mennyiségi-, illetve minőségi paraméterekkel jellemezhetjük a porlasztást (LÁSZLÓ, 1999a):

- a térfogatáram: q , [dm³/s],
- az üritési tényező: μ ,
- a porlasztási szög: α ,
- a hatótávolság (penetráció).

A hidraulikus cseppképzésű porlasztó elméleti térfogatárama (ideális folyadékáramlás, Bernoulli- törvény alapján):

$$q_{elm} = A_0 \sqrt{\frac{2p}{\rho}} \quad (1)$$

Az üritési tényező a tényleges (q) és az elméleti térfogatáram viszonya, illetve a folyadéksugár kontrakciós (α_k) és sebességi tényezőjének (φ_v) szorzata:

$$\mu = \frac{q}{q_{elm}} = \alpha_k \varphi_v \quad (2)$$

ahol α_k a kilépő folyadéksugár és a fúvóka keresztmetszetének hányadosa; φ_v a különböző veszteségtényezők függvénye (LÁSZLÓ, 1997). Az egyes referencia-szórókeretre szerelt fúvókák ISO 5628-1 szerint mért térfogatárama [dm³/min] legfeljebb 5%-kal térhet el a katalógusban, az adott szórófejre és nyomásra megadott értéktől (MSZ-EN 12761-2:2001).

Szórószerkezet adagolási- és szórási egyenletessége

Nagyon fontos munkaminőséget jellemző adat a szórókeretre felszerelt szórófejek térfogatáramának egymáshoz viszonyított eltérése, valamint a kijuttatás egyenletességére számított jellemzők. A hazai gyakorlatban elfogadott ajánlások, az MSZ-EN 12761-2:2000 szabvány, valamint a 43/2010 FVM rendelet alapján az alábbi követelményeket támasztjuk:

- adagolásegyenletlenség szántóföldi gépeknél:

$$\pm \Delta q [\%] = \frac{q_{\max/\min} - \bar{q}}{\bar{q}} \cdot 100 \leq 5\% \quad (3)$$

ültetvénypermetező gépeknél ugyanez az érték azonos névleges térfogatáramú fűvókák esetében $\pm 10\%$,

- az egyes fűvókák gépre szerelve mért térfogatárama szántóföldi- és ültetvénypermetező gépeknél legfeljebb 10%-kal térhet el a permetezőgép gyártója által biztosított szórási táblázatban szereplő adatoktól,
- ültetvénypermetezők esetén a ventilátor jobb és a bal oldalán a kilépő levegő térfogatárama a teljes térfogatáram $50\% \pm 5\%$ -án belül legyen,
- a permetlé elsodródásának elkerülése érdekében a szántóföldi permetezőgép fűvókáinak 10%-os térfogati cseppátmérője ($VMD_{0,1}$) ne legyen kisebb, mint a 110° -os szórásszögű, lapos-sugarú fűvókák alkalmazásakor, 2,5 bar permetezési nyomáson $0,72 \text{ dm}^3/\text{min}$ kijuttatandó mennyiség esetén (például 110 02 fűvóka),
- keresztirányú szórás egyenlőtlenység (CV variációs koefficiens):

$$CV [\%] = \frac{100}{\bar{q}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [q_i - \bar{q}]^2}{n-1}} \quad (4)$$

CV megengedett értéke új gépnél 7%, használt gépnél 10%

- hosszirányú szórás egyenlőtlenység (PÁLYI, 1990): $\pm \Delta v_h \leq 20\%$, $CV \leq 12\%$,

$$\pm \Delta v_h = \frac{v_{\max/\min} - \bar{v}}{\bar{v}} \leq 20\% \quad (5)$$

ahol \bar{q} a szórószerkezetre felszerelt szórófejek átlagos térfogatárama, \bar{v} a mérővályúban vagy mérőfelületen felfogott átlagos anyagmennyiség, $q_{\max/\min}$, illetve $v_{\max/\min}$ a fenti jellemzők maximális vagy minimális mért értéke.

Ültetvénypermetező gépek légtechnikai beállíthatóságára érvényes követelmények

- a ventilátor tényleges levegő-térfogatárama legfeljebb 10%-kal térhet el a névleges levegő-térfogatáramtól.
- a permetezőgépet lehessen beállítani úgy, hogy a ventilátor által előállított legnagyobb légsebesség szimmetrikus legyen a jobb és a bal oldalon.

A kijuttatógépre vonatkozó, munkaminőséget befolyásoló néhány követelmény

A hazai gyakorlatban elfogadott ajánlások alapján a szórókerettel, illetve a permetezőgéppel szemben az alábbi követelményeket támasztjuk:

- keretlengések maximális amplitúdója: $A_f \leq 100 [mm/10m]$
- a tartályban lévő permetlé koncentrációjának eltérése a névlegestől a tartály kiürülése alatt: $\pm \Delta c \leq 15\%$
- a permetezőgép csőrendszerében, a nyomásmérő órától a szórófejig fellépő nyomásvesztés: $\Delta p \leq 10\%$
- a permetlé-térfogatáramot, a menetsebességet, a nyomást mérő berendezések mérési hibahatára a valódi érték $\pm 5\%$ -a.

A használt szántóföldi és kertészeti permetezőgépekkel szemben támasztott követelményeket a MSZ EN 13790-1, 2, 3 és az MSZ EN 907 Magyar Szabványok tartalmazzák, a végrehajtásról szóló FVM rendelet a 43/2010-es.

Az 5/2001.(I.16.) FVM rendelet értelmében 2003. januártól tervezték Magyarországon is a szántóföldi gépek rendszeres ellenőrzését (LÁSZLÓ et al., 1998b; LÁSZLÓ et al. 2001a; GANZELMEIER – TÁTRAI, 2001; GULYÁS – KOVÁCS, 2010), de ennek teljes körű megvalósítása még nem teljesült.

Üzemeltetésre, és a végzett munka minőségére vonatkozó követelmények

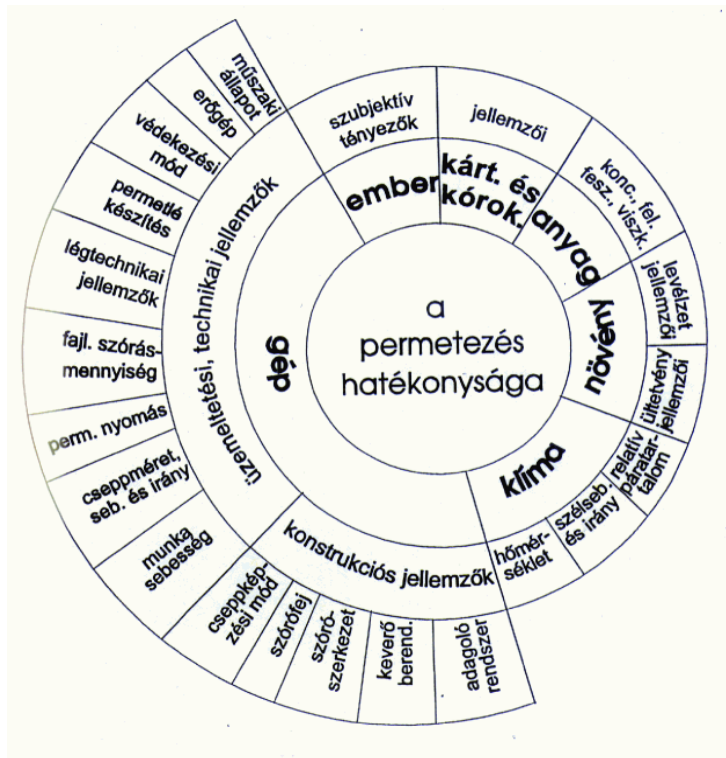
A mért kijuttatandó mennyiségnek (dm^3/ha), vagy a megfelelő permetlé-térfogatáramnak (dm^3/min) a szükséges értéktől való elfogadható eltérése $\pm 6\%$ a középeltérés esetén, és 3% a szóródási együttható esetén (az MSZ EN 12761-2:2001 szerint).

Az elvégzett növényvédelmi művelet után a célfelületre kerülő vegyszer mennyiségére és a fedettségre vonatkozó ajánlások (HEINRICH, 1979; KOHSIEK, 1984; LÁSZLÓ, 1985; ISENSEE, 1989):

- recovery értéke szántóföldön: $\eta \geq 90\%$, gyümölcsösben $\eta \geq 50\%$,
(a recovery értékét az 1 hektár termőterületre eső levélfelületen lerakódott vegyszermennyiség és az 1 hektárra ténylegesen kijuttatott vegyszermennyiség százalékos arányaként definiáljuk)
- a célfelület cseppszáma: $z \text{ db/cm}^2 \geq 8 \dots 50$ legyen.

2.2. A munkaminőséget befolyásoló tényezők

A növényvédelmi munkálatok hatékonyságát és minőségét nagyon sok tényező befolyásolja (1. ábra): az ember, a gép, a kijuttatandó anyag, a kártevők és kórokozók, a növényállomány jellemzői és a klimatikus viszonyok.



1. ábra: A növényvédelmi munkák hatékonyságát befolyásoló tényezők (LÁSZLÓ, 1996)

2.2.1. A cseppképzés módjai, jellemzői, mechanizmusa

A növényvédelmi eljárások döntő többségében szórással juttatjuk ki a kezelendő felületre a hatóanyagot. A növényvédő szereket egyrészt felhígítva (leggyakrabban vízzel) mint permetlé (oldat, szuszpenzió, emulzió), másrészt por, granulátum, esetleg gázosodó készítmény formájában használjuk. A szórástechnikai módszerek a következők (LÁSZLÓ, 1993, LÁSZLÓ, 2003b):

- permetezés (a cseppek több mint 80%-a 150-750 μm közötti)
- porlasztás (a cseppek több mint 80%-a 50-150 μm közötti)
- ködképzés (0,5-50 μm közötti cseppekkel)
- porozás (általában 0,5-50 μm közötti szemcsemérettel)
- mikrogranulátum-szórás (általában 100-800 μm közötti szemcsemérettel).

A permetezési műveletek hatékonyságát befolyásoló tényezők közül a cseppképzést tarthatjuk az egyik legfontosabbnak. A veszteségek mértéke erősen függ a kialakuló cseppek átlagos (közepes) méretétől, valamint a cseppstruktúrától. A fűvóka-fejlesztések céljai elsősorban az elsodródás csökkentése, és a cseppek célfelületre jutásának javítása, ez azonban nem más, mint az ideális cseppméret és csepp-eloszlás keresése. A közepes cseppátmérő, a cseppstruktúra a porlasztó konstrukciós, illetve üzemeltetési paramétereitől, valamint a környezeti levegő és a kipermetezett folyadék jellemzőitől függ.

Hidraulikus cseppképzés

A hidraulikus cseppképzés folyamata két fő szakaszra bontva vizsgálható. Első (porlasztón belüli) szakaszára a cirkuláció, vagy a folyadékütköztetés a jellemző, tehát a porlasztó konstrukciós kialakításának, az üzemeltetési paramétereknek van meghatározó szerepe. A folyadéksugár cseppekre történő szétesése ténylegesen a második szakaszban (a kilépő nyílás után) történik, ami a különböző külső és belső erők cseppképző hatásának tulajdonítható (LÁSZLÓ, 1979; LÁSZLÓ, 1997).

A *cirkulációs porlasztónál* a kilépőnyílás előtt egy kis teret, ún. cirkulációs kamrát alakítanak ki. Ide a folyadék tangenciálisan elhelyezett nyílásokon keresztül áramlik. A folyadék belépésénél a cirkulációs kamrában kialakuló cirkuláció értéke ideális folyadék esetén (LÁSZLÓ, 1997):

$$\Gamma = 2 \cdot R_k \cdot \pi \cdot v \cdot \cos \beta = \frac{2 \cdot R_k \cdot \pi \cdot \cos \beta}{A_{be}} \cdot q = C \cdot q \left[\frac{m^2}{s} \right] \quad (6)$$

$$C = \frac{2 \cdot R_k \cdot \pi \cdot \cos \beta}{A_{be}} \left[\frac{1}{m} \right] \quad (7)$$

ahol:

R_k = a belépő csatorna közepes sugara [m],

$v \cdot \cos \beta$ = a folyadék érintőirányú sebessége (ha a beömlőnyílás merőleges a kamra alkotójára, $\cos \beta = 1$) [m/s],

q = az időegység alatt szállított folyadékmennyiség [m³/s],

A_{be} = a belépési (átömlési) keresztmetszet [m²],

C = a cirkulációs tényező, a porlasztó konstrukciós jellemzője [1/m].

A gyakorlat inkább a K módosított cirkulációs tényezőt használja, amely a kiömlőnyílás méretét (r_0) is figyelembe veszi:

$$K = \frac{R_k \cdot r_0 \cdot \pi \cdot \cos \beta}{A_{be}} \quad (8)$$

A külső és belső erők együttes figyelembevételével a cseppképzés mechanizmusát vagy a sugár-, vagy a hártwabomlás (lamella bomlás) elve alapján magyarázhatjuk. A sugárbomlásról az első jól alkalmazható elmélet, és kísérleti eredmények Rayleigh, Weber, Haenlein és Ohnesorge nevéhez fűződnek (LÁSZLÓ, 1985). A sugárbomlás mechanizmusa a környezeti levegő hatását figyelmen kívül hagyva, függ a kilépő sugár kezdeti átmérőjétől (d_s), sebességétől (v) és a porlasztott folyadék sűrűségétől (ρ), felületi feszültségétől (σ), viszkozitásától (η). A három bomlásforma (lineáris, szinuszos, porlasztási) a sugár Reynolds-számának és a Z számnak függvényében ábrázolható:

$$Re = \frac{v d_s \rho}{\eta} \quad (9)$$

$$Z = \frac{\sqrt{Re}}{We} = \frac{\eta}{\sqrt{\sigma \rho} d_s} \quad (10)$$

$$We = \frac{v^2 d_s \rho}{\sigma} \quad (11)$$

E dimenzió nélküli számok alkalmazásával a várható cseppméretre (d) empirikus összefüggések írhatók fel, például:

$$\frac{d}{d_0} = 1,436 (1 + 3Z)^{16} \quad (12)$$

ahol d_0 a kilépő furat átmérője.

A cseppképzésben részt vevő erők az aerodinamikai hatásokat is figyelembe véve a következőképpen írhatók le:

- a folyadék tehetetlenségi ereje: $\rho v^2 d^2$;
- a felületi erő: σd ;
- a viszkozitási erő: $\eta v d$;
- a levegő tehetetlenségi ereje: $\rho_k v^2 d^2$.

Függvénykapcsolatuk – dimenzió nélküli formába rendezve - az alábbi empirikus egyenlettel jellemezhető, ahol a , b , c konstrukciós jellemzőktől függő konstans (TURBA, 1976; LÁSZLÓ, 1979):

$$\frac{d}{d_0} = \left(\frac{\sigma}{\rho v^2 d^2} \right)^a \left(\frac{\eta^2}{\sigma \rho d} \right)^b \left(\frac{\rho_k}{\rho} \right)^c \quad (13)$$

A kialakuló közepes cseppátmérő számítható az elemi tömegegységnyi folyadék cseppé alakulásának energiamérlege szerint is. Tételezzük fel, hogy a fúvókából kilépő, de még a kialakult folyadékhártyában lévő Δm tömegű $v_{\Delta m}$ sebességű folyadékmennyiség átalakul egyetlen cseppé. Ebben az esetben az energiamérleg a következőképpen írható fel (SIDAHMED, 1996):

$$\frac{1}{2} \cdot \Delta m \cdot v_{\Delta m}^2 + \Delta m \cdot g \cdot \Delta h = \frac{1}{2} \cdot \Delta m \cdot v_f^2 + \pi \cdot d_f^2 \cdot \sigma + \frac{\pi}{4} \cdot d_f^2 \cdot \mu \cdot v_{\Delta m} \quad (14)$$

ahol:

g = nehézségi gyorsulás [m/s²],

Δh = a folyadékhártya elvékonyodása és a csepp kialakulása közötti függőleges irányú távolság [m],

v_f = a kialakult csepp sebessége [m/s],

d_f = a kialakult csepp átmérője [m],

σ = a folyadék felületi feszültsége [N/m].

Az egyenlet felírásánál a következő feltevésekből indultak ki:

- Δm tömegegységnek nincs kezdeti felülete, mivel a folyadékhártya belsejében található, vagy felülete annyira kicsi, hogy a kialakult cseppéhez viszonyítva elhanyagolható, ezzel jellemezzük Δm állapotát közvetlenül cseppé formálódása előtt,
- a csepp kialakulása függ a felületi feszültség, a viszkozitás és a gravitáció hatásától,

- Δm termikus energiája változatlan,
- a teljes tömeg átalakul, azaz: $\Delta m = \frac{\pi \cdot d_f^3 \cdot \rho}{6}$ (15)

Mechanikus cseppképzés

Mechanikus cseppképzésű forgótárcsás porlasztóknál a cseppbomlás formái, fázisai jó egyezést mutatnak a hidraulikus cseppképzés mechanizmusával (a sugárpomlás, illetve a hártabomlás elméletével). A folyadékadagolás függvényében három bomlásformát rögzíthetünk (LÁSZLÓ, 1997):

- eseti cseppleválást (a betáplálás kis mértéke mellett),
- fonál-, vagy szalagképződést és cseppekre bomlást (az adagolást fokozatosan növelve),
- film- vagy hártaképződést, majd cseppekre bomlást (nagy folyadék betáplálás esetén).

A cseppbomlást befolyásoló változók célszerű csoportosításával ennél a cseppképzési módnál is dimenzió nélküli kifejezések (16,17,18) írhatók fel:

$$\text{Re} = \frac{\omega \rho D^2}{\eta} \quad (16) \qquad \frac{1}{Z^2} = \frac{\sigma D \rho}{\eta^2} \quad (17) \qquad H = \frac{q \rho}{\eta D} \quad (18)$$

ahol:

ω : a tárcsa szögsebessége [1/s],

D : a tárcsa átmérője [m],

q : térfogatáram (folyadékadagolás) [m³/s].

Segítségükkel meghatározhatók a cseppképzés különböző jellemzői, például a várható cseppméret empirikus összefüggése (19).

$$d = \frac{q^{0,44} \sigma^{0,15} \eta^{0,017}}{D^{0,8} \omega^{0,75} \rho^{0,16}} \quad (19)$$

Pneumatikus cseppképzés

Légporlasztású cseppképzésnél a permetlevet légáram bontja cseppekre. A légporlasztás 25 m/s-nál nagyobb légsebességnél érvényesül, azonban tiszta légporlasztásról csak 80 m/s feletti légsebességnél beszélünk. A ventilátor által szállított levegőt egy Venturi-csőben (szórócső) felgyorsítjuk, és a cső legszűkebb keresztmetszetében helyezzük el a

permetlé bevezetésére szolgáló szórófejet. Amennyiben az áramló levegő a permetlevet egy ívelt felületen folyadékfátyollá tudja alakítani, majd a felület éles széléről cseppekre bontani, akkor egyenletesebb és kisebb cseppek keletkeznek, mintha a permetlevet egyszerűen csak bevezetjük a légáramba (CSIZMAZIA, 2006).

Pneumatikus cseppképzésnél a porlasztás mechanizmusa kétlépcsős, először szalagképződés, majd a szalagoknak cseppekké való szétesése következik be. A csepp akkor bomlik szét, amikor a levegő járulékos dinamikai nyomása (p_d) meghaladja a felületi feszültségből adódó nyomást (LÁSZLÓ, 1997):

$$p_d \geq p_1 - p_2 = \frac{2\sigma}{r} \quad (20)$$

ahol:

p_1 : a belső nyomás,

p_2 : a külső nyomás,

σ : a folyadék felületi feszültsége.

A csepre ható dinamikai nyomás a légellenállásból származó erő (F_d) és az áramlás irányára merőleges homlokfelület (A_m) figyelembevételével:

$$p_d = \frac{F_d}{A_m} = c_w \frac{1}{2} \rho_k v^2 \quad (21)$$

ahol:

$c_w = f(Re)$: a csepp ellenállási tényezője,

ρ_k : a közeg (levegő) sűrűsége.

A két összefüggésből (20 és 21) következik, hogy az a kritikus levegősebesség (v_{kr}), amely az ismert átmérőjű (d) csepp szétporlasztásának határeseté, azonos anyagjellemzőknél megközelítően (TURBA, 1976):

$$v_{kr}^2 d = \text{állandó} \quad (22)$$

Termikus cseppképzés

A cseppképzés ezen módját melegköd-képző gépeken alkalmazzák. A cél lehet például zárt térben történő fertőtlenítés, felületkezelés, vagy repülő kártevők elleni védekezés. Tértfertőtlenítés esetében fontos, hogy a képzett cseppek minél tovább tartózkodjanak a levegőben ezért az 5 μm -nél kisebb cseppméret a kedvező. Felületkezelésnél a növényekre minél több cseppet, lehetőleg egyenletes eloszlásban kell juttatnunk, ekkor 5-30 μm -es

cseppméret szükséges. A melegköd-képző lényegében egy reaktív motorhoz hasonló felépítésű, mozgó alkatrész nélküli szerkezet. Egy henger alakú, egyik oldalán nyitott égéstérbe légsűrítővel levegőt juttatnak és abba szabályozottan benzint porlasztanak. A keletkezett füstgáz nagy sebességgel (300-400 m/s) áramlik az égéstér nyitott vége felé, ahol a kilépőnyílás előtt jól párolgó folyadékban oldott vegyszert adagolnak. A forró füstgázban elpárolgó folyadék minden egyes cseppje hordozza a hatóanyagot. Amikor a permethalmaz a szabadba áramlik, lehűl, és köd formájában kicsapódik. A ködcseppek mérete 0,5-50 µm tartományba esik (CSIZMAZIA, 2006).

Ultrahangos cseppképzés

A folyadék porlasztása ultrahangos rezgések hatására is bekövetkezhet. Az elektromos ultrahangos porlasztók működése leggyakrabban a piezoelektromos hatáson alapul. A piezoelektromos kristály váltakozó feszültséggel gerjesztve mechanikus rezgésbe hozható, és ezzel a cseppképzés számára megfelelő nyomásimpulzusokat biztosít (DIMITRIEVITS et al., 2000).

Elektrosztatikus cseppképzés

Elektrosztatikus cseppképzésnél a cseppbomlás határesetete a mechanikus illetve elektrosztatikus nyomás egyensúlya, ami idealizált feltételek között (LÁSZLÓ, 1997):

$$p_s = \frac{\epsilon E^2}{2} = \frac{2\sigma}{r} \quad (23)$$

ahol:

p_s : az elektrosztatikus nyomás,

ϵ : a permittivitás, dielektromos állandó,

E : a gömbfelületi térerő.

A Q ponttöltés (24) összefüggést behelyettesítve megkapjuk a cseppbomlás töltési határértékét (25).

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} \quad (24)$$

$$Q = 8\pi\sqrt{\sigma\epsilon}r^3 \quad (25)$$

2.2.2. Szórófejek jellemzői

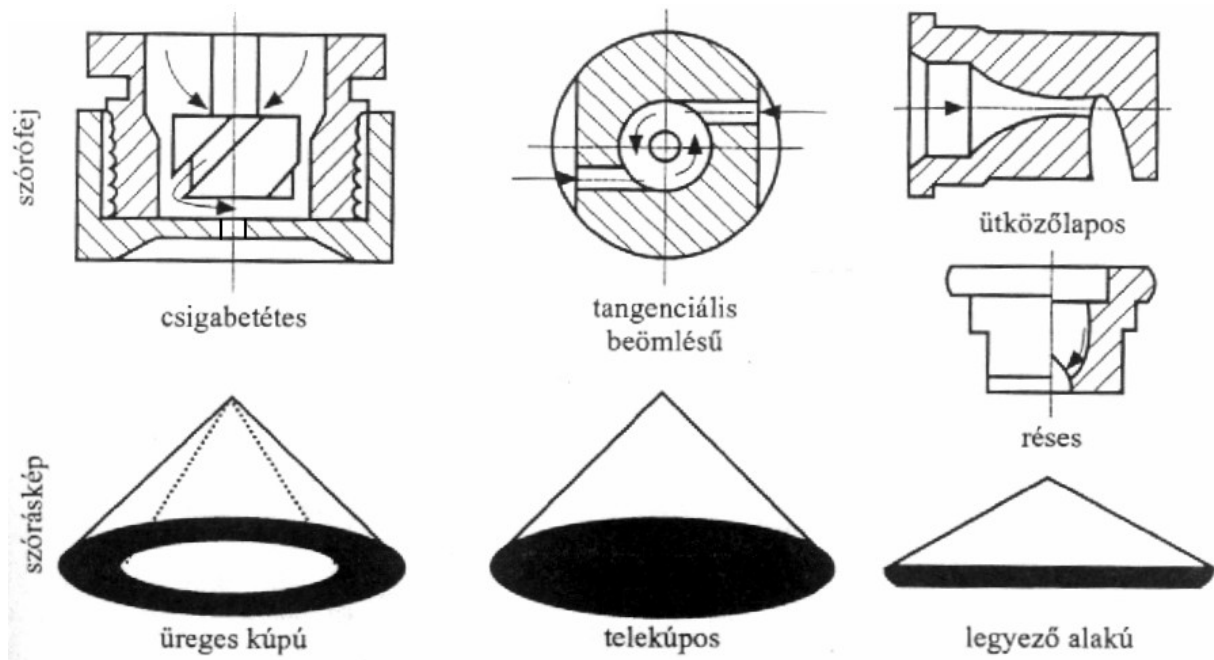
Felhasználói oldalról a cseppképzés módja az elsődleges meghatározó szempont egy adott fűvóka kiválasztásánál. A hidraulikus cseppképzés hátránya, hogy a folyadéksugárban levő cseppméret viszonylag nagy értékhatárok között változik. Előnye viszont egyszerű kezelhetősége, megbízható mennyiség-szabályozása, széles alkalmazási területe. A mechanikus, pneumatikus, ultrahangos vagy elektrosztatikus cseppképzések esetén ezzel összehasonlítva előny, hogy a csepptartomány jobban szűkíthető, egyenletesebb a cseppeloszlás. A cseppspektrum a kisebb cseppek felé tolódik el. Ugyanakkor ezekre a porlasztókra jellemző a szűkebb alkalmazási terület, egyes műveleteknél a bonyolultabb, igényesebb konstrukció, pneumatikusnál nagyobb a környezetszennyezés, és többszörös a porlasztási energiaigény (LÁSZLÓ, 1999a).

Hidraulikus cseppképzésű szórófejek

A hidraulikus cseppképzésű szórófejek (2. ábra) kialakításuk szerint lehetnek (LÁSZLÓ, 1997; DIMITRIEVITS et al., 2000):

- *cirkulációs*, ezen belül:
 - pörgetőtestes (pl. csigabetétes, ferdefuratos)
 - pörgetőkamrás (pl. tangenciális beömlésű)
- *ütközéses*, ezen belül:
 - felületütközéses (ütközőlapos)
 - folyadékütközéses (réses) szórófejek

Cirkulációs porlasztónál a cseppképzés döntően annak a forgó mozgásnak tulajdonítható, amelyet a folyadék a cirkulációs kamrában végez. A forgómozgás létrehozása érdekében a folyadékot megfelelő nagyságú és irányú sebességgel kell bevezetni a kamrába. A célszerű bevezetési irányt a különböző kialakítású pörgetőtestek (pl. csigabetétes, tangenciális beömlésű) biztosítják. A szóráskep minden esetben kúp alakú lesz. A kúp rendszerint üreges, de kis tangenciális sebesség esetén teli porlasztáskúpot kapunk (LÁSZLÓ, 1997).



2. ábra: Hidraulikus cseppképzésű szórófej-kialakítások és szórásképek (LÁSZLÓ, 1997)

A folyadék nyomása, az örvénytér hossza és a szórófej nyílásának mérete az alábbiak szerint befolyásolja a cseppképzés jellemzőit (CSIZMAZIA, 2006):

- a nyomás növelésével az időegység alatt kijuttatott folyadék mennyisége és a szóráskúp szöge növekszik, a cseppméret csökken;
- az örvénytér hosszának növelésével a szóráskúp szöge csökken, a cseppméret növekszik;
- a szórófejnyílás méretének növelésével – változatlan nyomás mellett - az időegység alatt kijuttatott folyadék mennyisége, a szóráskúp szöge és a cseppméret egyaránt nő.

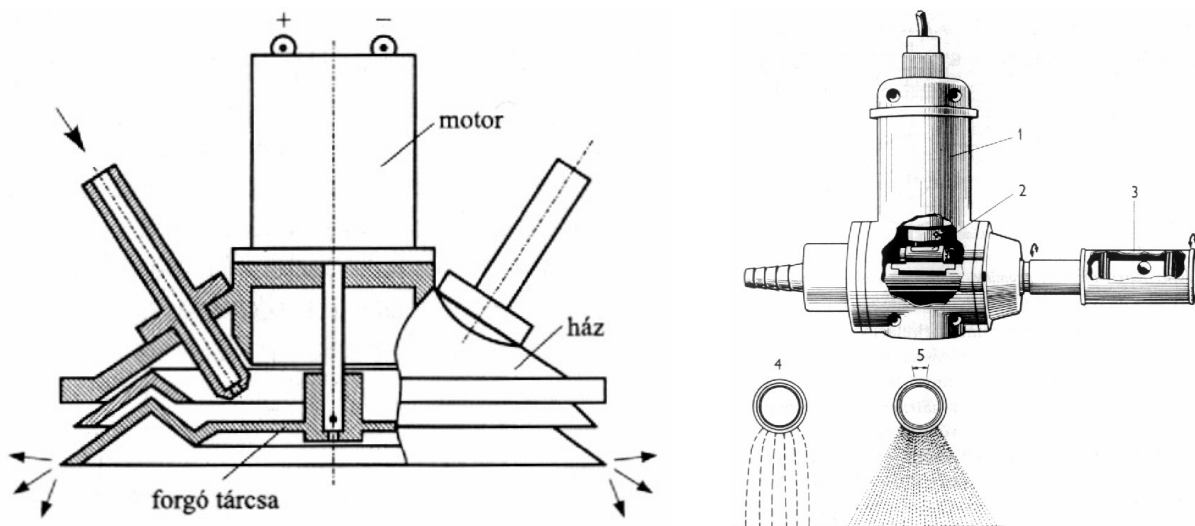
A cirkulációs szórófejeket elsősorban nagy, és közepes nyomású ültetvénypermetező gépeken alkalmazzák, szokásos nyomástartományuk 10-30 bar.

A másik nagy csoportot az *ütközéssel szórófejek* képezik. A *felületütközéssel szórófejeknél* a folyadéksugár simára munkált, ívelt felületnek ütközik, és így jön létre lapos folyadékfátyol, amelynek kúpszöge 120-150°. Szántóföldi permetezőgépeken alkalmazzák, felhasználási területük elsősorban gyomirtó-szerek durva-cseppes kijuttatása, ennek megfelelően nyomástartományuk 1,5-3 bar. Nagyobb változatait folyékony műtrágyázásra is

használják. A szántóföldi permetezőgépeken leggyakrabban használt *folyadékütközéses (réses) szórófejek* cseppképzésének elve két folyadéksugár szögben történő ütköztetése, aminek következtében a szögfelezőben lapos folyadékfátyol keletkezik. Az egyenletes vastagságú folyadékfátyol az előbbieken ismertetett törvényszerűségek szerint (2.2.1. fejezet) bomlik cseppekre. A szórófejben a permetlé félgömbvégű furatban áramlik, ahol a félgömbfelülete a folyadéksugarakat egymással szembe fordítja, ütközteti, és az ütközés síkjára merőlegesen folyadékfátyol jön létre, aminek kibocsátására a félgömbön megfelelő alakú, és méretű rést kell kiképezni. A csúcokban végződő ellipszis alakú rés határozza meg az időegység alatt átbocsátott folyadék mennyiségét, a folyadékfátyol szögét és befolyásolja a cseppméretet (CSIZMAZIA, 2006). A leggyakrabban alkalmazott réses szórófejek szórásszöge 110° névleges (4 bar) nyomáson, de a kilépőnyílás méretének és alakjának célszerű megválasztásával más szórásszögű (pl. 45° , 80° , 90° , stb.) szórófejek is kialakíthatók. Nyomástartományuk általában 1,5-5 bar (BALÁZS et al., 1984).

Mechanikus cseppképzésű szórófejek

A mechanikus cseppképzés általánosan alkalmazott változatainál villanymotorral hajtott forgó tárcsával történik a permetlé cseppekre bontása (3.a. ábra). A tárcsa fordulatszáma 3000-12000 1/min. A kúpos tárcsára vezetett permetlé a centrifugális erő hatására vékony folyadékfátyol formájában mozog a kerület felé, ahol a tárcsa peremén kiképzett fogak cseppekre bontják.



3. ábra: a) forgótárcsás (LÁSZLÓ, 1997; LÁSZLÓ, 1999b), és b) vibrációs szórófej (BALÁZS et al., 1975)
1. villanymotor, 2. kulisszás hajtómű, 3. szórófej, 4. szórás kikapcsolt motorral, 5. szórás bekapcsolt motorral

A szabályos távolságra elhelyezett fogak a folyadékfátyolból azonos méretű cseppeket szakítanak le (a kialakuló cseppméretek összefüggései a 2.2.1. fejezetben) (CSIZMAZIA, 2006). A mechanikus cseppképzésű szórófejeknek vannak változtatható fordulatszámú változatai is. Ennek az eljárásnak alkalmazási előnye a cseppspektrum szűkítése, a közel azonos méretű cseppek képezhetősége. Hátránya ugyanakkor, hogy a cseppek csekély mozgási energiával rendelkeznek, a célfelületre történő lerakódás feltételeit tehát javítani kell (kiegészítő szállítólevegővel, esetleg a cseppek elektrosztatikus feltöltésével (DIMITRIEVITS, 1998).

A mechanikus cseppképzésnek ismert olyan változata is, ahol az egységes nagyméretű cseppek képzése volt a cél. Angliában fejlesztették ki az ugyancsak villanymotorral működtetett lengő rendszerű, furatos dobbal szerelt szórószerkezetet (3.b. ábra). Itt a permetlé egy 3000 1/min lengésszámú henger (3) belsejébe kerül, ahol kis nyomás mellett (0,5-1 bar) jut ki sugarakat alkotva a dob furatain. Lengés nélkül a folyadéksugár a természetes cseppbontás elve szerint heterogén cseppek formájában jutna ki. A henger lengése (vibrációja) a folyadéksugarakat szeleteli, és egyenletes cseppeket hoz létre. A kijuttatott folyadékmennyiség a hengeren elhelyezett furatok számával (4,5) volt szabályozható. Ez a cseppképzési mód nem terjedt el (CSIZMAZIA, 2006).

Pneumatikus cseppképzésű szórófejek

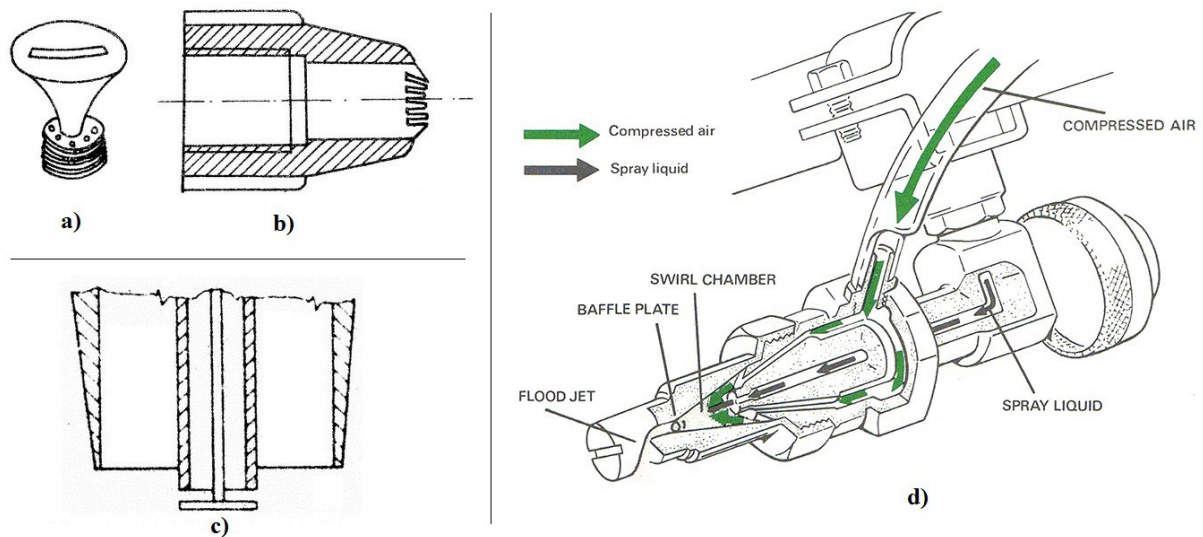
A pneumatikus cseppképzésű gépeknél a permetlékör általános felépítése a hidraulikus cseppképzésű gépekével megegyező, de a cseppképzéshez elsősorban a levegő porlasztó hatását használják fel. Tiszta légorlasztást a gyakorlatban ritkán alkalmaznak. Ilyenkor a folyadék ráfolyással vagy kis túlnyomással érkezik a keverőtérbe, ahol a körgyűrű-keresztmetszeten kiáramló komprimált levegővel keveredik. A cseppképzés a levegő hatására a keverőtérben kezdődik, és közvetlenül a kilépőnyílás után befejeződik. A porlasztott sugár kúp alakú. Az alkalmazott pneumatikus porlasztó lehet külső keverékképzésű is, amikor a levegőáram a folyadékot a porlasztóból való kilépése után porlasztja. Itt a kialakítástól függően kúp, vagy sík alakú a porlasztási sugár. A cseppképzési elvből következik, hogy kisnyomású folyadékszállítást (centrifugál- vagy görgős szivattyúval) és kisebb légszállítású, de nagyobb légsebességű radiálventilátort kell alkalmazni, amelynél a szállított levegő térfogatárama jellemzően 4000-8000 m³/h, kilépő légsebessége 80-150 m/s. A cseppbontás

további finomításához – hidegköd-képző gépeknél – nagyobb nyomású légsűrítőt (pl. dugattyús kompresszor) alkalmaznak (DIMITRIEVITS et al., 2000). 100 m/s feletti légsebességgel 100 μm -nél kisebb cseppek állíthatók elő. A légsebesség további növelésével (300-400 m/s) 10-40 μm átmérőjű cseppek is képezhetők. Ez utóbbi már a hidegköd-képzés kategóriája (CSIZMAZIA, 2006). A porlasztással kialakított cseppek méretét a folyadék és a levegő közötti sebességkülönbség határozza meg. Nem kedvező tehát a folyadéknak a légáramlással egyező irányú, nagy nyomással, illetve nagy sebességgel való bevezetése. Jobb porlasztás érhető el, ha a permetlét a levegőáramlás irányára merőlegesen vezetjük be (DIMITRIEVITS et al., 2000). Kísérleti tapasztalatok szerint a légporlasztásos szórószerkezetek akkor adnak kedvező cseppméretet, ha a levegőáramlás sebessége a folyadékhoz viszonyítva legalább 100-150 m/s, a levegő térfogatárama pedig 200-300-szorosa a permetlé térfogatáramának. Ilyen viszonyok mellett a légporlasztással létrehozott cseppek mérete 20-100 μm között van. Az 50-60 m/s-nél nagyobb légsebesség azonban – a légmennyiségtől és a növények távolságától függően – kárt tehet a permetezendő növényekben, ezért a gyakorlatban alkalmazott gépeknél ezt az értéket nem lépik túl (BALÁZS et al., 1975).

Kombinált szórófejek

A kombinált szórófejek működési elve azon alapszik, hogy a pneumatikus elv mellett alkalmazzák a hidraulikus, vagy mechanikus elven működő hártvaképzést. Ez utóbbiak csak részben befolyásolják a későbbi cseppbontást (IMELI et al., 1983). A leggyakoribb megoldások voltak, amikor egy ütközőfelületen, pl. szitán, szórógombán (4.a. ábra) durva folyadéksugarakra bontás történik, és csak ezután következik a nagy sebességű levegő hatására a tényleges cseppképzés (IMELI et al., 1983). Kisebb légsebesség mellett is lehet kellő cseppméretet elérni, ha a permetet először hidraulikus szórófejjel képezzük (2-5 bar nyomáson), és csak a cseppek finomítását bizzuk a légáramra (4.b. ábra) (TURBA, 1976). A kis folyadékmennyiségek pontos kiszórására fejlesztették ki azokat a kombinált szórófejeket, amelyeket ma már több cég is gyárt. AIRTEC gyártmányú szórófejeknél a permetlé térfogatáramát és a cseppspektrumot a folyadék nyomása mellett a levegő nyomása is alapvetően befolyásolja (4.c. ábra). A levegő nyomásának növekedésével csökken a cseppméret, nagyobb folyadéknyomásnál azonban durvább cseppek képződnek, aminek feltehetően az az oka, hogy a levegő cseppképző hatása kevésbé érvényesül. A

folyadéknyomás elsősorban a folyadék adagolásához szükséges, a cseppképzés a levegő függvénye. Megfelelő folyadék- és levegőnyomás beállításával a cseppméret pontosan szabályozható (DIMITRIEVITS et al., 1998). A légsebesség növelésével arányosan csökken az átlagos cseppméret. Kombinált cseppképzésnél a légsebesség 50-60 m/s és a levegő cseppfinomító hatása jelentős. (CSIZMAZIA, 2006).



4. ábra: Kombinált cseppképzésű szórófejek: a) szórógomba és szita (IMELI et al., 1983), b) légporkasztás hidraulikus előporlasztással (TURBA, 1976), AIRTEC gyártmányú kombinált porlasztású szórófej (HTTP8)

2.2.3. Légtechnikai jellemzők hatása, fejlesztési eredmények

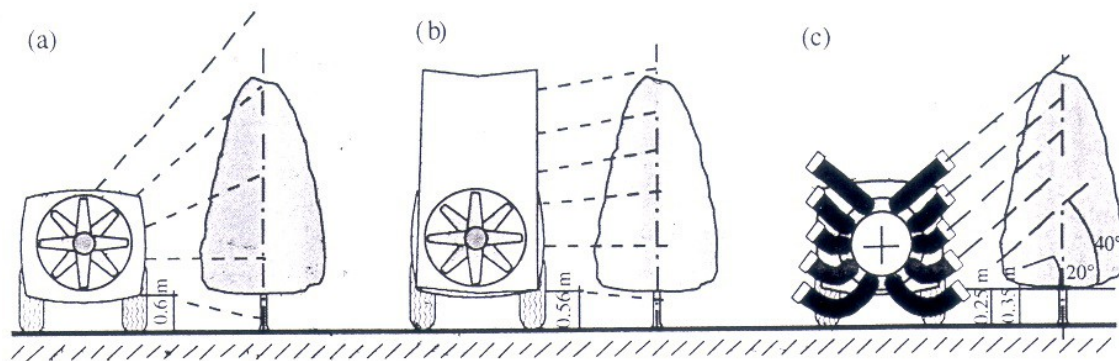
A 2.2.1. és 2.2.2. pontokban feldolgozott és elemzett konstrukciós jellemzők (cseppképzési mód, szórófejek) mellett a légtechnikai jellemzők hatásai (1. ábra) befolyásolják leginkább az alkalmazhatóság lehetőségeit, és ezzel együtt a munkaminőséget.

Különböző szállítólevegős konstrukciók

Axiál-ventilátoros, radiális levegő-kiömlésű gépeket (5.a. ábra) legtöbbször gyümölcs ültetvényekben használnak. Hatalmas radiális irányú légörvényeket keltenek, melyek a célfelületre csak kevésbé irányíthatók, ezért modern, intenzív művelésű gyümölcsösökben előnytelenek. További hátrány, hogy ezeknél a hagyományos szállítólevegős gépnél a levelek színoldalán 3-6-szor több vegyszer rakódik le, mint a fonák-oldalon. Több különböző konstrukciót is kifejlesztettek a káros hatások csökkentése érdekében. A fő célok: a légáramot

minél jobb hatékonysággal a célfelületre irányítani, a szín-fonák fedettségi arányt javítani, a veszteségeket csökkenteni. Ilyenek a kereszt-légáramú (cross-flow, 5.b. ábra), az irányított légsugarú (directed air-jet system, 5.c. ábra), vagy az alagút-permetező rendszerek (12. ábra).

Holownicki és munkatársai törpe-alma ültetvényben végeztek összehasonlító vizsgálatokat három különböző levegő-kiömlésű axilálventilátoros géppel, 3 m-es sortáv, 1,5 m-es tőtáv, átlagosan 2,2 m állomány-magasságú és 1,3 m-es lombkorona-szélesség mellett. Eredményeik szerint a hagyományos rendszerű géphez viszonyítva a cross-flow rendszerűnél a lombzat külső részén 9,6%-kal kevesebb, míg a középső leveleken 16%-kal több lerakódott vegyszer volt mérhető, az irányított légáramú gépnél ugyanezek az értékek +31% és +72% voltak. A veszteségek aránya a teljes kipermetezett mennyiségre vonatkoztatva a hagyományos gépnél 71,4%, a kereszt-légáramúnál 59,6%, az irányított légáramúnál pedig 47% volt. (HOLOWNICKI et al., 2000).



5. ábra: Szállítólevegős rendszerek: a) hagyományos, b) cross-flow c) nagy mennyiségű irányított légsugarú (HOLOWNICKI et al., 2000)

Légszállítás, légterelés

Gabonaállományok szántó-permetezésénél eredményes megoldás a cseppek légárammal történő irányítása, a légszákos permetezés. A fejlesztés ötletét adó mechanikus terelőkeret alkalmazásának hátrányai miatt merült fel, hogy az állomány szétnyitását nem mechanikusan, hanem levegővel kellene elvégezni. A légfüggönynek egyéb előnyei is van a nyitókerettel szemben, hiszen felfogja a menetszelet, nem engedi az apró cseppek elsodródását, sőt, a légfüggöny és a szórófej helyes beállítása esetén azokat belekényszeríti az állományba. Ezt a hatást úgy érik el, hogy a szántó földi kerettel megegyező szélességű légvezető tömlőt szerelnek a keretre, amit (leggyakrabban axiális) ventilátorral táplálnak. A

légáram a tömlő alján kiképzett furatokon, vagy végighaladó résen jut ki, és nyitja meg hatásosan az állományt. A légáram iránya lehet függőleges, vagy célnak megfelelően előre, illetve hátra állítható. (CSIZMAZIA, 2006). A légáram megakadályozza az elsodródást, ugyanakkor a munkaminőséget is javítja, hiszen nagyobb lombozat esetén növeli a penetrációt, és a fellépő turbulens hatások következtében több permetet juttat a levelek fonákoldalára. A légszásos permetezőgépekkel általában 5–6 m/s szélesség mellett is biztonságosan és jó minőségben lehet védekezni. A menetszél káros hatásának csökkenése miatt növelhető a gép haladási sebessége, így a területteljesítménye is (DIMITRIEVITS, 2005).

A Hardi Twin rendszerű légszásos géppel az 1987-es bemutatása óta számos kísérlet végeztek a fejlesztők, különböző kutatóintézetek és vegyszergyártó cégek. Az elsodródásra irányuló kísérletek bizonyították, hogy a levegő rásegítéses rendszer 50-90%-kal csökkenti az elsodródást hagyományos permetezéshez viszonyítva. A levegő rásegítéses rendszerrel ugyanazon körülmények között 8,5 m/s szélességnél is ugyanazt az eredményt lehet elérni, mint levegő nélküli permetezéssel 1,5-3 m/s szél esetén (MICSKEY, 1993).

A hazai piacon is elérhető Rau Air Plus típusal hat különböző szántóföldi kultúrában végzett kísérlet eredményei szerint az egész növényzetre vonatkoztatva 12-43%-os a vegyszerlerakódás többlete a légszásos technikának a hagyományossal szemben, és javult a szintenkénti eloszlás egyenletessége is. Öt különböző kultúrában végzett fedettségi vizsgálat szerint minden esetben jobb a légszásos gép munkaminősége, a levél színoldalán 17-73%-kal, fonákoldalon esetenként több mint 100%-kal kedvezőbbek a fedettségi értékek. Különböző szélességeknél mért veszteség és elsodródási vizsgálatok alapján a légrásegítéses permetezési mód kevésbé érzékeny a szélhatásokra, 6 m/s értéknél az elsodródott vegyszermennyiség 1,17-9,87%-os, míg a hagyományos kijuttatásnál 2,5 m/s-os szélnél ugyanez az érték 1,94-15,46% (HUSZÁR, 1996).

A levegő elosztására a szórókeret mentén lemezből készült szekrényeket is alkalmaznak. A légszekrényes szórószerkezettel ellátott permetezőgépek hatékonyságát tovább lehet növelni azzal, hogy a levegő nem egy, hanem két furatsoron lép ki. Ez a jobb penetráció mellett azt is eredményezi, hogy két oldalról véd a szél elsodró hatásától (DIMITRIEVITS-GULYÁS, 2011; GULYÁS, 2013).

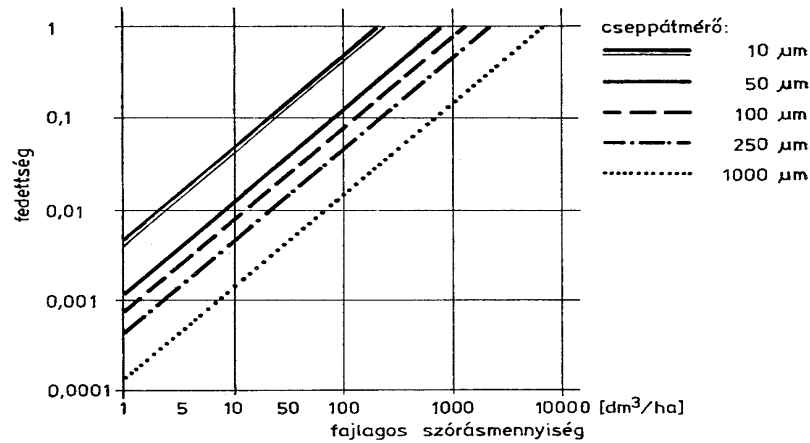
2.2.4 Üzemeltetési jellemzők hatásai

Veszteségek, lerakódási feltételek

A jelenleg alkalmazott permetezési műszaki eljárások hatékonysága rendkívül alacsony. A kiszórt permet 15-40%-a általában nem jut a célfelületre, de egyes védekezéseknél a veszteségek meghaladják a 90%-ot. Ez rendkívüli mértékben növeli a védekezések költségeit, hiszen a dinamikusan emelkedő vegyszerárak mellett indokolatlanul nagy dózissal kell a kezeléseket végrehajtani, és ennek ellenére nehéz a megfelelő hatást biztosítani. A gazdasági és eredményességi gondok mellett döntő jelentőségű tényező, hogy a veszendőbe menő permetezőszerek feleslegesen terhelik, esetenként súlyosan károsítják a környezetet. A legnagyobb veszteséget az állománypermetezésnél a talajra kerülő permet okozza, de a környezet szempontjából a legnagyobb veszélyt a cseppek elsodródása jelenti. A szél és a termik hatására elsősorban a kisméretű cseppek könnyen elsodródhatnak, elpárolognak, és nem csak a szomszéd táblákon termesztett növényekben tehetnek kárt, hanem többek között élővizekbe, lakott területekre is eljuthatnak (DIMITRIEVITS, 2005).

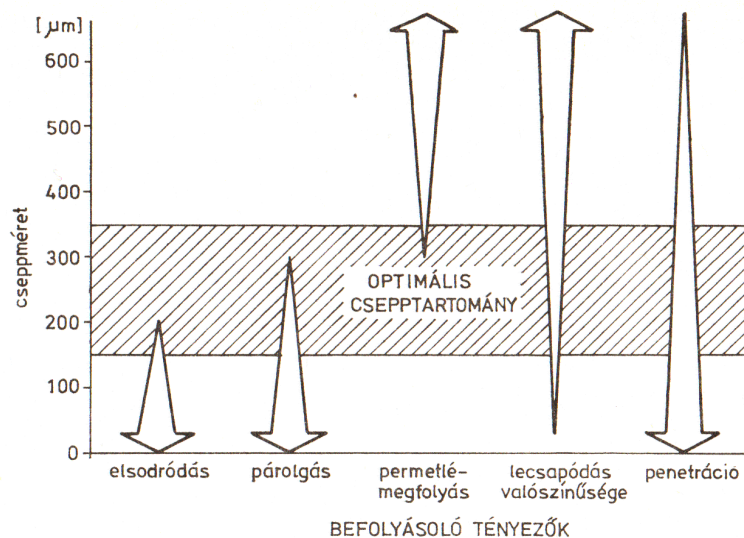
A permetezőszerek kiszórásánál három alapvető veszteségforrás jelentkezik. A cseppek egy része a röppálya során elpárolog, illetve elsodródik. Ennek a veszteségnek a nagysága elsősorban a cseppek méretétől, a röppálya hosszától, és a meteorológiai körülményektől (hőmérséklet, relatív páratartalom, szélesebbesség) függ. A vegyszerveszteségek másik forrása a túlpermetezés. A gyakorlatban gyakran előfordul, hogy a szükséges mennyiségnél lényegesen több permet kerül a növényekre, szélső esetben megfolyások keletkeznek a leveleken, így az összegyűlt permetlé esetenként a lentebb elhelyezkedő növényfelületre, vagy a talajra csepeg. A veszteség nagysága erősen függ a fajlagos szórásmentisegtől, a cseppmérettől, a lombzat nagyságától és elhelyezkedésétől, valamint a szórófej és a lombzat távolságától. A harmadik jelentős veszteség közvetlenül a talajra kerülő cseppek miatt jelentkezik (DIMITRIEVITS et al., 1991).

A permetezés minősége a célfelületen lerakódott permet fajlagos mennyiségétől és annak egyenletes eloszlásától függ. Minél kisebb cseppek kerülnek a célfelületre, annál kevesebb permetlével érhető el a felület kívánt mértékű bevonása. A kisebb cseppek alkalmazásának előnyei jól láthatók az 6. ábrán. Az öt különböző cseppméretből leolvasható, hogy a kívánt fedettség eléréséhez elméletileg mennyi permetlé lenne szükséges.



6. ábra: A meghatározott fedettség eléréséhez kiszórandó permetlé mennyiség és a cseppméret összefüggése (BALÁZS et al., 1984)

Az optimális csepptartomány meghatározásához a 7. ábra nyújt segítséget. A cseppméret csökkentésével nő az elsodródás, a párolgás, de javul a fedettség, illetve a penetráció. A cseppméret növelésével a megfolyás veszélye növekszik, de javul a lecsapódási hatékonyság. Mivel az elsodródás, a párolgás és a megfolyás káros jelenségek, a cseppméret megválasztásakor arra kell törekedni, hogy hatásuk minimális legyen. Valamennyi tényező figyelembe vételével állománypermetezéshez – a permetezés hatékonysága szempontjából – a 150 – 350 μm nagyságú cseppek a legkedvezőbbek (BALÁZS et al., 1984).



7. ábra: A cseppméret beállításához figyelembe veendő tényezők jellemző hatásának szemléltetése (BALÁZS et al., 1984).

Műszaki állapot

A permetezés munkaminőségét befolyásoló tényezők (1. ábra) közül a gép műszaki állapota gyakorolhatja a legerősebb negatív hatásokat. Az új rendszerű, precíziós növényvédő gépek kialakítására irányuló törekvések ugyan számos részeredményt hoztak, azonban várható, hogy a hagyományos kivitelű gépek alkalmazására – azok számos gyakorlati előnye és a gyakorlatban lévő nagy száma miatt – még sokáig számítani kell. Ezért rendkívül fontos feladat, hogy ezek a gépek a korszerű környezetvédelmi követelményeknek megfelelő kivitelben kerüljenek forgalomba, és üzemeltetésükre csak megfelelő műszaki állapotban kerülhessen sor (DIMITRIEVITS, 1993). A permetezőgépek műszaki felülvizsgálata ezért a fejlett mezőgazdasággal rendelkező országokban kötelező. A rendszeres műszaki felülvizsgálat azért szükséges, mert az üzemeltetők nincsenek abban a helyzetben, hogy a gépek munkaminőségét befolyásoló fontosabb tényezőket meghatározzák, és szükség esetén korrigálják (CSIZMAZIA, 2006). A külföldi és hazai szakirodalom sajnos sok olyan reprezentatív felmérésről tájékoztat, ahol a gépek 25-30%-a volt csak kifogástalan üzemi állapotban. Hazánkban a leggyakoribb hibák közé tartozik az elfogadhatatlan kereszt- és hosszirányú szórás egyenletesség, a csepegésgátlók hiánya, a hibás manométer, a kopott szórófej-betét, melyek mind a környezetszennyezés irányba hatnak (LÁSZLÓ, 1999a).

Szórófejek, fűvókák kiválasztása

A szórófejek és fűvókák kiválasztása a permetezőgép vásárlásakor kezdődik. A rendszere, üzemi nyomástartománya és szórószerkezetének kivitele meghatározza a szórófejek és fűvókák alkalmazásának lehetőségét. A választáshoz a kezelendő növények permetezés-technikai igényeiből, és a megvalósítandó technológiai jellemzőkből (pl. hektáronként kiszórandó permetlé mennyiség) kell kiindulni. A gyártó, illetve a kereskedő rendszerint egy adott szórófej- és fűvóka garnitúrával értékesíti a gépeket, célszerű azonban a védekezési feltételeknek megfelelő felszereléssel vásárolni, mert így elkerülhető a nem megfelelő technológia kényszerű alkalmazása, vagy a gépvásárlás után újabb fűvókák vásárlása (DIMITRIEVITS, 2000).

Cseppképzési módonként a legfontosabb üzemeltetési tényezők a következők (LÁSZLÓ, 1999a) :

- hidraulikus: $d = f(\text{nyomás, fűvókaméret})$
- mechanikus: $d = f(\text{tárcsa fordulatszáma, átmérő, folyadék-adagolás})$
- pneumatikus: $d = f(\text{levegősebesség, folyadék-sebesség, fűvókaméret, folyadék-adagolás})$
- elektrosztatikus: $d = f(\text{töltőfeszültség, fajlagos vezetőképesség, permittivitás})$
- ultrahangos: $d = f(\text{rezgés frekvenciája, amplitúdója, villamos teljesítmény-szükséglet})$

A felsorolásban „ $d = f(\dots)$ ” jelölés a közepes cseppátmérő egyes tényezőktől való függését jelenti.

Hagyományos szórófejekkel végzett permetezésnél gyakori a széles, 50–900 μm közötti csepptartomány. A nagy cseppek legtöbbször legördülnek, lefolynak a célfelületről, és a permet a talajra kerül, a 100 μm -nél kisebb cseppek könnyen elsodródnak, elpárolognak, veszélyeztetve a környezetet. Ezért fontos célkitűzés a cseppspektrum szűkítése, homogénebb cseppek képzése (LÁSZLÓ, 1999a).

Inszekticidek és fungicidek alkalmazásánál előnyösebb a kis- és közepes cseppméret, mert ezek a cseppek jobban behatolnak a lombzat belsejébe (jobb a penetráció), és jobb fedettség érhető el velük, mint nagy cseppekkel. A hatékony permetezéshez általában szükséges, hogy a cseppek többségének átmérője a 100-700 μm közé essen, legkedvezőbb a 150-350 μm -es cseppnagyság (BALÁZS et al., 1984; BALÁZS et al., 1985; LÁSZLÓ, 1985, DIMITRIEVITS, 2000). Yates és társai szélcsatornában végeztek méréseket lapos- és kúpsugarú szórásképpel rendelkező fűvókákkal. Eredményeik szerint még a 400 μm átmérőjű cseppeknek is van elsodródási hajlama, de a legsúlyosabb károkat a 150 μm -nél kisebbek okozhatják (YATES et al., 1985). Hidraulikus cseppképzésű szórófejek esetében a nyomás növelésével a szórásszög kismértékben növekszik, a cseppméret csökken. A kilépő permetlétérfogatáram a méret mellett az üzemi nyomás függvénye. Megfigyelhető, hogy a különböző méretű szórófejek eltérően reagálnak a nyomás változására. A térfogatáram és a nyomás összefüggését különböző szórófejek esetén görbesereggel ábrázolják (BALÁZS et al., 1984) A vegyszeres növényvédelem okozta környezetterhelés elsősorban a permetcseppek feletti kontroll hiányából adódik. A cseppek ellenőrzött kijuttatása akkor lehetséges, ha a csepphalmazban kevés az apró csepp (<150 μm), és nincsenek megfolyásra hajlamos nagy

cseppek ($>350\ \mu\text{m}$). Hidraulikus és pneumatikus cseppképzésnél ezt nehéz megvalósítani, bár az új szórófejek kialakításánál erre törekednek. Általános érvényű szabály, hogy soha ne alkalmazzunk a szükségesnél nagyobb nyomást, mert a nyomás növekedése növeli az apró cseppek arányát. A jelenlegi kijuttatási módszerek mellett optimálisnak tekinthető méreten ($150\text{--}350\ \mu\text{m}$) kívül eső cseppek kezelése jelentős tartalékokat kínál (LÁSZLÓ, 1999a).

A fűvókák kiválasztásánál fontos szempont, hogy a fűvóka, illetve fűvókabetét milyen anyagból készült. A mezőgazdaságban használatos fűvókák, eleinte rézből készültek, majd ezeket követték a nemesacél, a műanyag és kerámia-betétes fűvókák. Kopásállóságuk a fenti sorrendnek megfelelően növekszik. A használati érték szempontjából rendkívül fontos a fűvóka hosszú ideig fennálló mérettartása. Ezt a felhasznált anyag összetétele és feldolgozási minősége szabja meg. Az elhasználódás mértéke, gyorsasága többek között a permetlé összetételétől, nyomásától, nyomásingadozásától, korrozív hatásától, hőmérsékletétől is függ (TÁTRAI, 2010). A fűvókák cseréje élettartamuk figyelembe vételével indokolt, ami 30-120 üzemóráig terjedhet, illetve a kerámia-betétes gyártmányoknál ez még több. Egy fűvóka a beruházási összegének legalább 100-szorosát kitevő vegyszer-mennyiséget szór ki élettartama során, a megmentett termés értéke pedig ennek további sokszorosa. A védekezés eredményességét nem szabad olcsó, rossz minőségű részegységek használatával veszélyeztetni (DIMITRIEVITS, 2000).

Fűvókák elrendezése

Derksen és Gray összehasonlító vizsgálatai két különböző szórószerkezettel ellátott permetezőgépre alapultak, egyikük hagyományos szállítólevegős gép (FMC Economist, a továbbiakban S1) volt, a másik pedig egy torony-adapterrel felszerelt permetezőgép (Friend Air Kadet II, a továbbiakban S2). Célkitűzéseik a következők meghatározására irányultak: milyen hatásai vannak az eloszlási és lerakódási viszonyokra a választott ventilátor-fokozatnak és a fűvókaelrendezésnek. A permetezési nyomás minden esetben 20 bar volt, a haladási sebesség pedig a munkaminőségi jellemzők mérésénél $1,3\ \text{m/s}$. Kísérleteiket alma ültetvényben végezték, melynek fő jellemzői a következők voltak: $6,1\ \text{m}$ -es sortáv, $3,7\ \text{m}$ -es tőtáv, $3\text{--}3,7\ \text{m}$ -es magasság és átlagosan $3\ \text{m}$ átmérőjű lombkorona. A fűvóka-konfiguráció lehetséges hatásainak vizsgálatánál az S1 jelű gép szórófejei kétféle üreges-kúpos szórás képű pörgető-testtel, és háromféle méretű kerámia-lapkával voltak felszerelve. A szórószerkezeten két különböző kombinációban helyezték el a kerámia-lapkákat, egyszer úgy, hogy a 6

szórófejből felülről a 2. és a 3. helyre kerüljön a legnagyobb furatú lapka (tehát felülre adagoljon többet), aztán pedig ennek az elrendezésnek a tükörképeként, alulra, a 4. és 5. szórófejbe kerültek a nagyobb fúvókák. Az S2 jelű gépen háromféle méretű acéllapka volt rézbetéttel, itt azonban lehetőség volt a teljes szórószerkezet 51 cm-es megemelésére, ezért a fúvókák sorrendjén nem változtattak. A mérések a várakozásnak megfelelő eredményeket hoztak, de szignifikáns különbség csupán egyetlen esetben adódott, akkor, amikor mindkét gép úgy volt konfigurálva, hogy felül adagoljon többet, azaz S1-nél felül vannak a nagyobb fúvókák, S2-nél pedig a teljes szórószerkezet meg van emelve. A hagyományosnak mondható S1 jelű gép a sor egyik oldalát permetezve az alsó mérési pontokra kevesebb vegyszert juttatott, mint az S2 jelű, és csak itt jelentkezett a szignifikáns különbség, középen, illetve felül már nem. Fordítva, vagyis ha mindkét gép alulra adagol többet, szintén nem tudtak szignifikáns különbséget megállapítani, valamint az S2 jelű gépnél a megemelt és alaphelyzetben lévő szórószerkezet munkaminőségi jellemzőit összehasonlítva sem (DERCKSEN – GRAY, 1995).

A fúvókák döntése a menetirányhoz, vagy a szállítólevegőhöz viszonyítva előre, vagy hátra (inklináció) a várakozások szerint szintén javíthat a munkaminőségen. Zhu és társai földimogyoró-ültetvényben végzett kísérletei során viszont megállapították, hogy hagyományos réses fúvókákat (TeeJet 8001VS, 8003 VS, 8005VS) 15°-kal a menetirányba döntve nem érhető el jobb lerakódás (ZHU et al. 2002.).

Adalékanyagok használata

A célszerűen megválasztott adalékanyagok cseppképzésre gyakorolt kedvező hatásainak megismerésére már az 1980-as években folytak kutatások. Kiemelendő ezen a területen László, Yates, és Bouse munkássága (LÁSZLÓ, 1985; BOUSE et al., 1990). Permetléhez keverhető adalékanyagokkal a felületi feszültség jelentősen csökkenthető, illetve a viszkozitás növelhető. A permetlevek felületi feszültsége oldatoknál és szuszpenzióknál általában 25-70 mN/m közötti. A viszkozitás oldatoknál 1,0-1,1 mPa·s közötti, szuszpenzióknál már elérheti az 1,6 mPa·s-ot. Permetléhez keverhető adalékanyagokkal a felületi feszültség jelentősen csökkenthető (pl. KG 691 0,1%-os koncentrációnál 20 °C-on 1,39 mPa·s-ra). E két anyagjellemző tudatos változtatásával a cseppképzés folyamatába beavatkozhatunk, a cseppstruktúra módosítható (LÁSZLÓ, 1994). TÉT együttműködés keretében magyar és német kutatók két adalékanyag (viszkozitásnövelő és felületi feszültség

csökkentő) vizes oldataival a különböző cseppnagyság-módosító hatásokat vizsgálták lézeres berendezéssel, különböző fúvóka, szórófej típus, nyomás és mérési pozíció mellett. 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 (LÁSZLÓ, 2005).

Légtechnikai jellemzők beállítása

Ültetvénypermetezés esetében a legfontosabb célok egyike a közel egyenletes vertikális irányú eloszlás a célfelületen, és a megfelelő penetráció, lerakódás a lombzat belsejében. Ezek szükséges feltételei az eredményes védekezésnek (SALYANI – HOFFMANN, 1996). Mindezek mellett a szállítólevegős alkalmazástechnikával a lehető legkevesebb veszteséget próbáljuk realizálni. A hidraulikusan, vagy pneumatikusan elporlasztott permetlevet légsugár szállítja a lombzatra, illetve a belsejébe. A permetlémozgást erősen befolyásolja a szállítólevegő sebessége, térfogatárama és iránya. Gyümölcsültetvényben a nagyobb légsebesség javíthatja a lerakódást, de ugyanakkor a levegőbe kerülő permetlé-emisszió is növekszik (DORUCHOWSKI et al., 1996a; SVENSSON et al., 2003). A magasabb légsebesség rendszerint növeli a fák túloldalán mérhető veszteséget, de csökkenti a fák alá, a talajra kerülő vegyszer-mennyiséget (DORUCHOWSKI et al., 1996b). A Derksen és Gray által végzett (korábban már tárgyalt) összehasonlító vizsgálatokban kétféle légtechnikai beállítás hatásaira is kitértek. A hagyományosnak mondható szállítólevegős géppel (FMC Economist, S1 jelű) végzett permetezési művelet munkaminőségi jellemzőit két különböző üzemi ventilátor-fordulatszám használatával, a gyártó által megadott 652, illetve 822 m³/min szállítólevegő-térfogatáram mellett mérték. A magasabb levegő-térfogatáram a várakozásoknak megfelelően jobb lerakódást produkált (ezt Svensson és munkatársai is kimutatták 2003-ban), de érdekes módon nem tudtak szignifikáns különbséget megállapítani, továbbá nem találtak korrelációt a lerakódás hatékonysága és a szállítólevegő sebessége között (DERKSEN-GRAY, 1995).

Farooq és Salyani vizsgálatainak eredménye viszont azt mutatja, hogy van szignifikáns összefüggés a különböző ventilátor-fordulatszám (légáram) alkalmazása és a lerakódási viszonyok között, igaz, csak korlátozottan, 2 m-re a lombzat belsejéig. Méréseiket Valencia narancs-ültetvényben végezték Floridában, melynek jellemzői: 6,1 m-es sortáv, 4,5 m-es tőtáv, átlagosan 5 m magasságú és 4 m lombkorona-átmérőjű fákkal. Több különböző

kijuttatási dózissal, ventilátor-fordulatszámmal és két különböző amerikai gyártmányú permetezőgéppel végeztek kísérleteket. Az egyik egy Curtec 648 típusú, tornyos kialakítású, 3 keresztáramú ventilátorral, és oldalanként 6 rotációs porlasztóval felszerelt permetezőgép. A ventilátorok összesített levegő-térfogatárama $27 \text{ m}^3/\text{s}$, a menetsebesség a beállított dózisoktól ($250 \text{ dm}^3/\text{ha}$, $980 \text{ dm}^3/\text{ha}$, $1945 \text{ dm}^3/\text{ha}$) függően 3,2, vagy 4,8 km/h. A másik gép típusa Titan 1093, szintén tornyos kialakítású, 1 db 1,2 m átmérőjű axiál-ventilátorral, és 2×34 db hidraulikus szórófejjel szerelt gép. A ventilátora 2 fokozatú, 2225 1/min ($37 \text{ m}^3/\text{s}$), illetve 1600 1/min ($28 \text{ m}^3/\text{s}$) üzemi fordulatszámokkal. Haladási sebessége minden beállított dózis ($725 \text{ dm}^3/\text{ha}$, $1875 \text{ dm}^3/\text{ha}$) 4,8 km/h volt. Méréseik alatt a léghőmérséklet 19 és $25 \text{ }^\circ\text{C}$ között volt, 26-38%-os relatív páratartalom mellett, mely utóbbi a permetezési műveletekhez nagyon alacsony. (FAROOQ-SALYANI, 2002)

A betegségek és kártevők elleni hatékony védekezés eléréséhez az is nagyon fontos, hogy a levélzeten egyenletes legyen a permetlé-borítottság, beleértve a levelek mindkét oldalát. A jelenleg használt szállítólevegős ültetvény-permetezőgépeknél legtöbb esetben a levélzet színoldalán a fonákoldalhoz viszonyítva 3-6 szoros lerakódási értékek mérhetők. Ezt ellensúlyozandó célszerű a kilépő légáramot felfelé eltéríteni. Ennek optimális mértéke Wiedenhoff vizsgálatai szerint 12° (WIEDENHOF, 1991).

Hasonló méréseket Holownicki és társai is végeztek, három axiál-ventilátorral szerelt, de különböző konstrukciós kialakítású (hagyományos, keresztáramú, irányított légáramú) géppel, kétféle alma-ültetvényben. Az ültetvények jellemzői: 3 m sortáv, 1,5 m tőtáv, 2,2 m magasság, 1,3 m lomb szélesség; valamint 4 m sortáv, 2,5 m tőtáv, 2,5 m magasság, 2,2 m lomb szélesség. Irányítható légsugarú gép esetén a légáram felfelé 20° -kal való eltérítésével jobb lerakódási értékek érhetők el a lombkorona belsejében, és a veszteség is kevesebb hagyományos axiál-ventilátoros géphez viszonyítva. Tovább emelve az eltérítés szögét 40° -ig a lerakódási viszonyok nem javulnak, növekvő vegyszer-veszteséggel, és a ventilátor által okozott elsodródási veszély fokozódásával számolhatunk (HOLOWNICKI et al., 2000).

A légáramot nemcsak felfelé, hanem a menetiránnyal párhuzamosan eltérítve is végeztek kísérleteket olasz kutatók egy torony-permetezőgéppel. Többféle ventilátor-fordulatszám (1400, 2000, 2500 1/min) beállításánál is ugyanazt az eredményt kapták, a haladási iránnyal 120° -ot bezáró szögben (menetiránytól hátrafelé eltérített) kilépő légáram mellett érték el a legkedvezőbb lerakódási viszonyokat, és hasznosulási értékeket. A legjobb recovery értéket (78,9%) 2000 1/min ventilátor-fordulatszámnál érték el, míg a legrosszabbat

(51,8%) a haladási irányra merőlegesen (a konvencionális axiál-ventilátoros gépekhez hasonlóan) kilépő légáram esetén 2500 1/min-es fordulatszámnál (PEZZI – RONDELLI, 2000).

Hektáronkénti permetlé-térfogat

Anyagmennyiség alapján a szántóföldi szórástechnikai eljárások a következő csoportokba sorolhatók (BALÁZS et al., 1984):

- <0,5 dm³/ha: UULV (ultra-ultra-low-volume): rendkívül alacsony-,
- 0,5-5 dm³/ha: ULV (ultra-low-volume): nagyon alacsony-,
- 5-50 dm³/ha: LV (low-volume): alacsony-,
- 50-150 dm³/ha: MV (medium-volume): közepes-,
- 150-500 dm³/ha: HV (high-volume): magas-,
- 500-2000 dm³/ha: UHV (ultra-high-volume): nagyon magas-,
- >2000 dm³/ha: UULV (ultra-ultra-low-volume): rendkívül magas anyagmennyiséggel végzett művelet.

A permetezési műveleteket leggyakrabban 150-1500 dm³/ha fajlagos szórásmennyiséggel végzik, amelynek mértékét alapvetően a védekezés típusa határozza meg. Szántóföldön preemergens gyomirtás esetében általában 250 dm³/ha-os dózist használunk, ami esetenként csökkenthető 150-200 dm³/ha-os mennyiségig, amennyiben ezt az alkalmazott hatóanyag lehetővé teszi. Posztemergens gyomirtásnál ezt az értéket célszerű magasabbra állítani, sűrűbb szántóföldi állomány esetében 300-400 dm³/ha-ig. Különböző kórokozók elleni védelem esetében nehezebb feladatunk van, ugyanis az alkalmazandó dózis (és szórófej is) a növényzet méreteitől, fejlődési stádiumától, a betegség típusától is függ. Szántó-betegségek esetében például a megszokott technológiákkal alig 2%-nyi hatóanyagot tudunk a célfelületre juttatni. Emiatt a hektáronként kijuttatandó permetlé mennyisége széles határok között változhat. Levélbetegségek esetében a legjobb eredményeket magas, 400 dm³/ha-os dózis mellett érthetjük el (DLZ, 1994 a).

Menetsebesség

A permetezési művelet során választott menetsebességet illeszteni kell az üzemeltető erőgép sebességfokozatához és névleges fordulatszámához. 15 km/h-nál nagyobb haladási sebességeknél csak jól elmunkált, egyenletes talajon lehet dolgozni. A permetlé eloszlását a

növényzeten jelentős mértékben meghatározza a munkasebesség. A növények felső része szántóföldi kalászosok esetében 5 és 16 km/h közötti menetsebességnél közel azonos mennyiségű permetlevet kap. A talaj felé közeledve azonban a kisebb munkasebességgel végzett műveletek jobb munkaminősége figyelhető meg. Ennek oka, hogy a haladási sebesség növelésével csökken a cseppek függőleges irányú sebessége, amellyel a növényállományba belépnek. A 200 µm-nél nagyobb cseppek függőleges sebessége a haladási sebességtől alig függ, de a 100 µm-nél kisebb cseppek a haladási sebesség 1 km/h-ról 8 km/h-ra történő emelésére az ötödére csökken. A cseppek célfelületre jutásának sebessége jelentős mértékben meghatározzák az eltérülésüket és a penetrációt (BALÁZS et al., 1984). A kisebb munkasebességnél kialakuló kedvezőbb lerakódási feltételekre az amerikai kontinensen is felfigyeltek citrus ültetvényben végzett kísérletekben. A kutatások eredményei szerint (1,6-6,4 km/h közötti menetsebesség és magas szállítólevegő-térfogatáram esetén) ugyan nem mutatható ki szignifikáns különbség a lerakódási értékek átlagainál, de a menetsebesség növelésével a szórási egyenletesség, a fonákoldali fedettség és a penetráció mértéke romlik (WITHNEY et al., 1989; SALYANI – WHITNEY, 1990).

2.2.5. A klimatikus tényezők és a növényállomány jellemzőinek hatása

Klimatikus tényezők

A különböző vegyszerveszteségek mértékét különösen a kijuttatási technika, a részecskék mérete és fizikai tulajdonságai, továbbá a klíma (hőmérséklet, levegő páratartalma, szélesebesség) befolyásolják. A szél és termik általi elsodródás különösen a kis cseppeket veszélyezteti. A termik elsodródás mindenekelőtt erős hőfokesés következtében keletkezik. Az elpárolgási veszteség magas levegő-hőmérsékletnél és alacsony páratartalomnál, kis cseppek, és adalékanyag nélküli víz vívő-anyag esetében jelenik meg. A talajra hullás nagy cseppeknél, és olyan sorkultúráknál jellemző, amelyek a talajt nem fedik be. A meteorológiai tényezők közül a szélesebességnek van a legnagyobb hatása az elsodródásra. A szélesebesség növekedése az elsodródás növekedését eredményezi. A szél a nap folyamán nem egyenletes erősséggel fúj, így különösen reggeli és esti szélcsendes időszakokban célszerű permetezési feladatokat végezni. (LÁSZLÓ et al., 2000a).

Elsodródás alatt a növényvédő szernek azt a részét értjük, amely a kezelt területet elhagyja, és ezen kívül rakódik le, vagy a széllel nagyobb távolságot tesz meg. Több

tanulmány is foglalkozott az 1980-as évektől üzemi permet-elsodródási vizsgálatokkal, összehasonlító jelleggel, különböző működési feltételek mellett (GANZELMEIER, 1986; RUDOLPH, 1995). Európa néhány országában a szórófejek használatát a $VMD_{0,1}$ értékre vonatkozó normák által szabályozták, (referencia XR 11002 típusú fűvóka 2,5 bar nyomáson). Ennek az értéknek az alapján javasolják a szórófej típus- és méret kiválasztását a szélesebbesség figyelembevételével. (LÁSZLÓ et al., 2000a)

A német Julius Kühn Institut, Braunschweig (korábban Biologische Bundes Anstalt, BBA) 163 szántóföldi kísérlet adatbázisa alapján bázis elsodródási értékeket határozott meg (11003 típusú szórófejre, 3 bar üzemi nyomásnál 6 km/h sebesség esetén) egy egységes viszonyítási alap biztosítása érdekében. A Keszthelyen elvégzett szántóföldi kísérletek célja a szélesebbesség, illetve a szórófej típus és -méret bázisértékhez viszonyított hatásvizsgálata, továbbá elsodródást csökkentő eljárások, berendezések értékelése, fejlesztése. Németországban 1993-tól került bevezetésre az "elsodródást csökkentő permetező" hivatalos regiszterének a felállítása. A gyártók és forgalmazók eredményes bevizsgálás igazolása alapján kérhetik felvételüket a jegyzékbe és ennek hivatalos közlönyben (Bundesanzeiger) történő megjelentetését. Besorolásukra egy ún. „elsodródás osztályozási rendszer”-t (HERBST-GANZELMEIER, 2000; HERBST, 2003; HTTP2) hoztak létre, mely az elsodródást csökkentő 50%-os, 75%-os, vagy 90%-os képességüket igazolja (LÁSZLÓ et al., 2001b).

Általánosságban elmondható, hogy hagyományos permetezést nem lehet biztonságosan és hatékonyan elvégezni, ha 2 méter magasságban a szél sebessége eléri a 4-5 m/s értéket (MICSKEY, 1993). Az eddigi tapasztalatok alapján a $VMD_{0,1}$ értékekre a szélesebbesség vonatkozásában az alábbi ajánlások az irányadóak (LÁSZLÓ et al., 2000a):

- 2 m/s-ig $VMD_{0,1} > 120 \mu\text{m}$
- 2-3 m/s között $VMD_{0,1} > 140 \mu\text{m}$
- 3-4 m/s között $VMD_{0,1} > 170 \mu\text{m}$
- 4-5 m/s között $VMD_{0,1} > 200 \mu\text{m}$

Szélcsatornás mérések szerint a 400 μm körüli cseppek is még mutatnak hajlamot elsodródásra, a legnagyobb veszélyt azonban a 150 μm -nél kisebb cseppek jelentik (YATES et al., 1985). Bode szerint a cseppméret és az elsodródási potenciál közötti összefüggés insignifikáns, döntően a szélesebbeségtől függ, és a 150-200 μm -es cseppméret-, és a 0,5-4 m/s szélesebbesség-tartomány között vannak feltárt összefüggések (BODE, 1984).

Áramlástechnikai számítógépes szimulációval kombinált szélcsatornás mérések eredményei szerint az 50 µm-nél kisebb cseppek feletti ellenőrzés már nem lehetséges, ezek ugyanis előbb elpárolognak a levegőben, mint hogy lerakódjanak (ZHU et al, 1994).

Fox és társai 1988-ban törpealma ültetvényben végeztek lerakódási, illetve elsodródási viszonyokat feltáró vizsgálatokat. Az alkalmazott szállítólevegős ültetvény-permetezőgép típusa Myers A36, a felszerelt szórófejek (Spraying System D4-25, oldalanként 6 darab) 931 kPa üzemi nyomáson 4,5 km/h haladási sebesség mellett 468 dm³/ha kijuttatási dózist eredményeztek. A méréseknél csak az utolsó sor külső, szél alatti oldalát permetezték, a baloldali szóróív működtetésével. Az állomány magassága 2-3 m-es, a levélzet (a kései október 13-i időpont miatt) már gyér volt. Feltétel volt, hogy a művelet alatt a szélirány a sorokra merőlegestől maximum 20 fokkal térhet el. Eredményeikben megállapították, hogy a legkedvezőtlenebb esetben (a szélső törpealma-sor permetezése 3,1 m/s oldalszél esetén) 152 m távolságban is kimutatható volt a jelzőanyag. A teljes kipermetezett vegyszermennyiség 98,9%-a 61 m-en belül, 75%-a 6 m-en belül maradt, utóbbi esetben a vertikális gyűjtőfelületeken a kijuttatott szer 49%-a, a talajon a 26%-a volt visszaszámítható. A teljes vizsgálati területre vetítve a vegyszer 57%-a került a talajra, 42,3% 15 m-en belül. Az elsodródott vegyszer mintákról visszamért mennyisége és a távolság kapcsolatáról megállapították, hogy kétszeres logaritmikus léptékben lineáris regresszió illeszthető az eredményekre, melynek korrelációs együtthatója 0,94. Megjegyzendő, hogy a gép, a fűvókák, és az üzemi paraméterek a vizsgálatok helyszínére jellemző gyakorlati alkalmazások szerint lettek megválasztva; illetve a kései vegetációs időszakban végzett vizsgálat miatt a levélzetre biztosan nem került annyi vegyszer, mint a védekezési időszakban, így az elsodródó részarány is valószínűleg magasabb lett. Az időpontválasztás kényszerű oka volt, hogy a mérés tervezett időintervallumában (szeptember 13. - november 14.) csak ezen a napon volt megfelelő a szélesebb és a szélirány, ami jelzi az üzemi elsodródás-vizsgálatok egyik legnagyobb nehézségét (FOX et al., 1990).

Növényállomány jellemzők

A növényállomány jellemzői és a permetezés hatékonysága közötti összefüggések keresése talán a legnehezebb feladat. Viszonylag kevés vizsgálatot végeztek, de különböző kertészeti kultúrákban születettek már eredmények. Farooq és Salyani többéves kutatómunka

után összefüggést (26) talált a lombzatmélység és a lerakódás között. Az alábbi logisztikus összefüggés tarták fel (FAROOQ-SALYANI, 2002):

$$Dep = Dep_0 + \frac{Dep_r}{1 + \left(\frac{D}{D_h}\right)^c} \quad (26)$$

ahol:

Dep: adott mélységben mérhető lerakódott vegyszermennyiség [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$],

Dep₀: virtuális minimális vegyszerlerakódás (ha D nagy) [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$],

Dep_r: lerakódási tartomány (maximum – minimum) [$\mu\text{g}/\text{cm}^2$],

D: mélység a lombzatban a permetlé kijuttatási irányában [m],

D_h: a lombzatban az a mélység (pont), amelynél a lerakódás feleződik [m],

c: konstans, amely arányos a lerakódás csökkenésével

Zhu és társai egysoros (90 cm-es sortáv), illetve ikersoros (két szomszédos ikersor középvonalaának távolsága 90 cm, az ikersorok távolsága 23 cm) földimogyoró ültetvény különböző fejlődési stádiumaiban végeztek kísérleteket. A vizsgált kultúra 48, 68 és 109 napos korában permeteztek hagyományos réses fúvókákkal (TeeJet 8001VS, 8003VS, 8005VS). Eredményeik szerint a lerakódás mértéke a növényzet fejlődési állapotát leíró indikátorok (LAI, lombzat sűrűsége, magasság és szélesség szorzatának négyzetgyöke) függvényében szignifikáns összefüggést mutat. A lerakódás lineárisan (és drasztikusan) csökken a növényzet alján és közepén mindhárom fúvóka esetében. Az egy- illetve ikersoros művelésű állomány lerakódási adatainak összehasonlítása viszont az eltérő levéltömeg ellenére sem mutat szignifikáns különbséget. Azt azonban megállapították, hogy a LAI értéke és az állomány-magasság erősebben befolyásolja a penetráció mértékét, mint a lombzat sűrűsége (ZHU et al., 2002).

A légi növényvédelem munkaminőségi paraméterei és a növényállomány jellemzői közötti összefüggéseket texasi kutatók. Vizsgálataik több különböző helyszínen és időpontban zajlottak. Gyapot- (LAI=0,29-6,42), illetve dinnye-ültetvényben (LAI=0,0352-6,2) két hetenként, összesen négy-négy alkalommal, három ismétléssel végeztek kezeléseket 1992. április 15. és június 23. között. A lerakódott vegyszer mennyiségét fluorimetriás módszerrel, a cseppszámot, a fedettséget, és a térfogati közepes cseppátmérő (VMD_{0,5}) értékét vízerzékeny papír és számítógépes képelemzés segítségével határozták meg, majd a kapott eredmények

ismeretében regressziós modelleket állítottak fel. Ezek szerint szignifikáns összefüggés van mindkét növénynél a lerakódott mennyiség és a LAI reciproka között, illetve a fedettség és a LAI reciproka között; dinnye esetében a cseppszám és a LAI négyzete között, valamint a $VMD_{0,5}$ és a LAI harmadik hatványa között; a gyapot esetében pedig a cseppszám és a LAI értéke, illetve a $VMD_{0,5}$ és a LAI reciproka között (FRANZ et al., 1998).

2.3. Környezetkímélő permetezési eljárások

A vegyszertakarékos környezetkímélő növényvédelmi eljárások bevezetésének alapvető feltételei a következők (LÁSZLÓ, 1999a):

- a cseppképzési mód helyes megválasztása,
- a lerakódási feltételek javítása,
- a veszteségek csökkentése,
- új technológiai megoldások bevezetése,
- az üzemeltetési feltételek javítása.

Ezek a feltételek konstrukciós, és üzemeltetési oldalról egyszerre teremthetők meg.

2.3.1. Új típusú „környezetkímélő” fúvókák

A 2.2.2. fejezetben ismertetett porlasztók hagyományosnak mondhatók. A szórófejek fejlesztésével, kivitelének módosításával azonban számos új variációt hoztak létre. A fejlesztések céljai elsősorban az elsodródás csökkentése, és a cseppek célfelületre jutásának javítása voltak.

Alacsony nyomású (LP) szórófejek

Fő cél a kis cseppek részarányának csökkentése. A fejlesztésnél a szórófejen belüli áramlási viszonyok javítására törekedtek. Hagományos réses fúvóka (félgömbvégű) furatkeresztmetszetének módosításával (ovális furat kialakításával), kisebb nyomás mellett érték el az elvárt cseppméretet. A kisebb nyomás kevesebb apró csepp keletkezését jelentette. (CSIZMAZIA 2006).

Excenter szórófejek (8. ábra)

Alkalmazhatóak levél alá permetezéshez, vagy végszórófejként pontos határszóráshoz, így cél a célzottabb kijuttatás. Ezeknél a szórófejeknél a félgömbvégű furatot csak az egyik oldalán réselik (OC jelzésű, egyoldalas excenteres szórófej), így a 85^0 -os lapos folyadéksugár

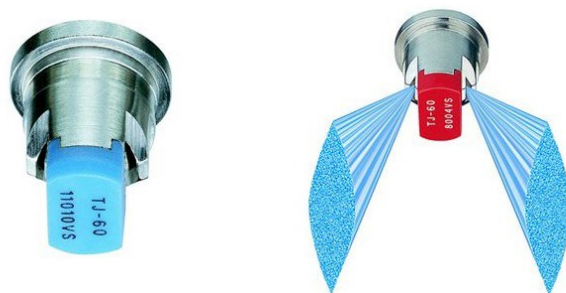
a szórófej közepétől kiindulva, csak az egyik oldalon lép ki. Sorköz-permetezésnél az alacsony szórófej elhelyezés érdekében 150° jelzésű, kettős excenter szórófej alkalmazása indokolt. ahol a középtől kiindulva két lapos sugár lép ki a szórófejből nagy szórásszöget biztosítva. A szórófejeket alacsony (1,5-3,5 bar) tartományban érdemes üzemeltetni. Bár az általuk képzett durva cseppek elsodródásra nem hajlamosak, mégis levél alá permetezéskor általában védőernyőt használnak a kultúrnövény védelmének érdekében (CSIZMAZIA 2006).



8. ábra: Egyoldalas (bal) és kettős (jobb) excenter szórófejek (HTTP5, HTTP6)

Kettős lapos sugarú szórófejek (9. ábra)

Dús lombzatú, zártabb állomány permetezésekor használhatók, cél tehát a cseppek jobb behatolása. A haladási irányra keresztben elhelyezkedő, két egymás mögötti lapos folyadéksugár megfelelő szöget (60°) zár be egymással, így az egyik sugár haladási irányban előre, a másik hátra jut be az állomány közé nagyobb behatolást és fedettséget biztosítva. A képzett cseppek kisebbek, mint a hagyományos szórófejeknél azonos szórófej méret mellett. Alkalmasak felülről és, oldalról történő kezelés esetén, nyomástartományuk általában 2-4 bar (CSIZMAZIA 2006).

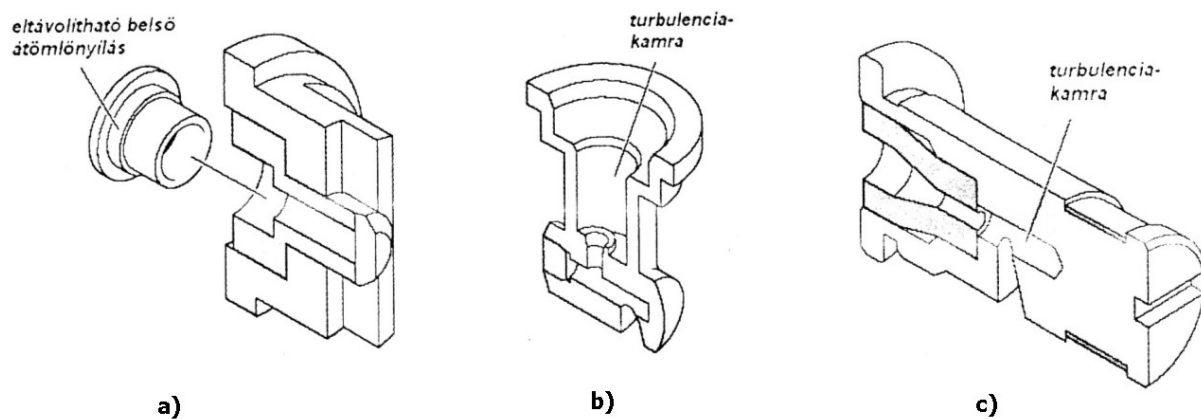


9. ábra: Kettős lapos sugarú szórófejek (HTTP7)

Elsodródást csökkentő szórófejek

Az elsodródást csökkentő szórófejek széles választékban érhetőek el a piacon. A gyártók (Spraying System Co., Lechler, Agrotop, Albuz, stb.) többnyire ugyanazzal, vagy egymáshoz nagyon hasonló fantáziánévvvel és jelöléssel látják el ezeket a termékeiket, a működési elv és a műszaki tartalom többnyire azonos. Az *Anti-Drift (AD) szórófejek* előporlasztó betét alkalmazásával szűkebb cseppspektrum képzésére alkalmasak, azonos nyomáson nagyobb cseppeket képeznek, általuk csökkenthető az apró cseppek aránya, ezért kisebb a cseppek elsodródási veszélye (CSIZMAZIA, 2006). Ennél a megoldásnál egy előzetes (belső) átömlőnyíláson keresztül áramlik a folyadék a szórófej belsejében kialakított előkamrába. A permetlé ezt követően az előkamrából egy szűk csatornán keresztül jut el a szórófej kilépőnyílásához (DIMITRIEVITS, 2000). A belső átömlőnyílás mérsékli a permetlé nyomását, szignifikánsan növelve a cseppek nagyságát, és így csökkentve a cseppek elsodródási veszélyét. A 200 m távolságra elsodródó cseppek száma a hagyományoshoz képest mintegy 50-80%-kal csökken. Például a lapos sugarú Turbo TeeJet szórófejek (10.b. ábra), alkalmazási területe a hagyományos lapos sugarú szórófejekével megegyezik. Azonos körülmények között egyrészt szélesebb nyomástartományban üzemeltethetők (2-4 bar-ral szemben 1-6 bar); másrésztől – az Anti-Drift, vagy Low-Drift (10.a. ábra) fűvókákhoz hasonló felépítésének köszönhetően – kisebb a cseppek elsodródása. A hagyományos széles permetszögű „Flood” és a „Turbo FloodJet” szórófejek (10.c. ábra) közti fő különbség a belső átömlőnyílás, amelyen keresztül jut be a permetlé a szórófejbe, valamint a szórófej kilépőnyílásánál elhelyezett turbulenciakamra. Az újszerű kialakítás több azonos méretű cseppet eredményez, és a hagyományos „Flood” fűvókáénál kedvezőbb permetléelosztást biztosít. A szokásos üzemi nyomáson a „Turbo Flood Jet” fűvókák által előállított cseppek mérete 30-50%-al nagyobb, mint a hagyományos „Flood” fűvókáké (SZTACHÓ-PEKÁRY, 2008). A Turbo TeeJet (TT), és a TurboDrop (TD) típusú fűvókáinak cseppspektrumából kiolvasható, hogy a teljes porlasztott permetlé mennyiség 4-5 %-a esik a 100 µm-nél kisebb átmérőjű tartományba, míg ugyanezen gyártók hagyományos lapos sugarú (XR) fűvókáinál ez az érték jóval magasabb, 20-33% közötti. Permetezési nyomástól függően a TT fűvókáknál az $VMD_{0,5}$ értéke 16-54%-kal nagyobb, mint az XR fűvókáknál. Szélcsatornában történt mérések szerint 5 m/s-os oldalszél esetén, azonos fűvókaméret (04-es) és adagolási teljesítmény (1,5 dm³/min) mellett a fűvókától 2,2 m-re elsodródott permetlé mennyiségében óriási különbség mutatkozik. A hagyományos réses (XR) szórófejhez viszonyítva a TT fűvóka esetében 61%-

ra, a TD esetében pedig 19%-ra csökkent a célfelületen kívül lerakódott vegyszer mennyisége (DERKSEN et al., 1999).



10. ábra: a) Low-Drift, b) „Turbo-TeeJet”, c) „Turbo FloodJet” szórófeje kialakítása (SPRAYING SYSTEMS CO. 2000)

Passzív injektoros szórófejek

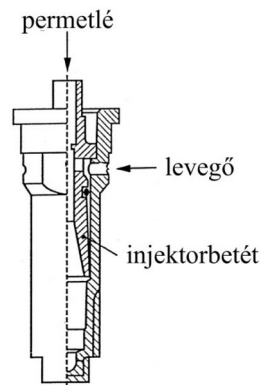
A nagyobb cseppek megfolyás nélküli kijuttatására a légbekeveréses módszer nyújt lehetőséget. A passzív injektoros fúvókák (11. ábra) működési alapelve, hogy az áramló permetlé által a szórófejbe szívott levegő a permetlével keveredve (a permetlé „habosításával”) buborékokat képez. A buborékképzést és a folyadék pulzálásának csökkentését célszerűen kialakított belső terek segítik elő. A buborékos csepp a célfelületen szétpattan, és vékony fátyolszerű bevonatot képez, nem folyik meg. Ezzel a módszerrel biztonságosan kezelhető, nagyobb cseppek előállítására nyílik lehetőség, amelyek tömege, sebessége nagyobb, és elsodródás-mentesen juttathatók a célfelületre. Az injektoros fúvókák alkalmazását megkönnyíti, hogy a szórófejbe csereszabatosan beépíthetők. Használatuk viszonylag kis költséggel jelentős korszerűsítést eredményezhet, lehetővé válik többek között a talajviszonyok és a szeles időszakok miatt szűkre szabott tavaszi permetezési időszak jobb kihasználása. Míg a hagyományos fúvókák 2 m/s szélsébségig használhatók, az injektoros fúvókákkal 4–5 m/s-os szélben is biztonsággal lehet dolgozni. Az injektoros elv felhasználásával a cseppméretek változtatásának lehetősége is adott. (DIMITRIEVITS, 2005).

Lézeres cseppanalizátor segítségével számos összehasonlító vizsgálatot végeztek a hagyományos és a korszerű fúvókák cseppképzésére. Az adatokból kitűnik, hogy például a hagyományos réses fúvókák (Lehrer 11004, TeeJet 11004 VP) által képzett cseppek $VMD_{0,5}$ értéke a gyártó által előírt nyomás-tartományban (2-4 bar) 143,1-190,7 μm között változott, a $VMD_{0,1}$ értéke pedig 48,3-74,7 μm között volt, míg ugyanebben a nyomás-tartományban az

elsodródáscsökkentő fűvókák (Lehrer AD12004 C, TeeJet DG 11004 VS) esetében $VMD_{0,5} = 180,9-298,4 \mu\text{m}$, illetve $VMD_{0,1} = 76,8-110,2 \mu\text{m}$ értékeket mértek. Az eredményekből látszik, hogy az elsodródáscsökkentő fűvókák lényegesen durvább cseppeket képeznek ugyanabban a nyomás-tartományban, mint a hagyományos réses fűvókák. Az *injektoros fűvókák* (Lehrer ID 12004, TeeJet AI 110 04VS) 3-8 bar üzemi nyomástartományában a $VMD_{0,5}$ értéke 204,6-471,9 μm közötti, az elsodródás szempontjából kulcsfontosságú $VMD_{0,1}$ pedig 84,4-181,2 μm (GULYÁS - KOVÁCS, 2004).

Butler és társai olyan speciális injektoros fűvókát terveztek, amelyen a legfontosabb konstrukciós jellemzők cseppképzésre, és elsodródásra gyakorolt hatásait vizsgálhatták. A tesztűvóka rozsdamentes acélból készült, változtatható paraméterei a Venturi-injektor átmérője, amely a folyadék-adagolást szabályozza, a Venturi-torok átmérője, a kifolyónyílás mérete és kialakítása, valamint az injektor pozíciója, amely a levegő-belépőnyílás méretének módosítása céljából mozgatható. Ezzel a fűvókával együtt vizsgáltak két, a kereskedelmi forgalomban lévő Spraying System gyártmányú fűvókát, egy hagyományos lapos sugarú 05-ös méretűt (FF110/2.0/3.0 BPCP kódjelű), és egy injektorbetétes 03-as méretűt (AI110/1.2/3.0 BPCP kódjelű). Kimutatták, hogy a kilépőnyílás mérete meghatározza a szórás kép stabilitását, és összefüggésben van annak nyílásszögével, és a beszívott levegő mennyiségével, szoros összefüggésben van a kialakuló átlagos cseppmérettel. A Venturi-torok átmérőjének növelése szintén a beszívott levegőáram növekedését eredményezi, de a Venturi-injektor a várakozásokkal ellentétben alacsony folyadékáram mellett, mind kicsi, mind nagy torokátmérő mellett nagy levegőáramot generált. A kialakuló cseppméretek viszont nem változtak számottevően. Kisebb kilépőnyílás esetén kis torokátmérőnél a $VMD_{0,5}$ értéke $539 \pm 20 \mu\text{m}$, nagy torokátmérőnél $545 \pm 24 \mu\text{m}$. Ugyanezek az értékek nagy kilépőnyílásra $747 \pm 41 \mu\text{m}$, és $790 \pm 72 \mu\text{m}$. A levegő belépőnyílásának méretét változtatva szintén nagyon kicsi eltéréseket lehetett tapasztalni a kialakuló cseppstruktúrában. A cseppek sebessége azonban nagy mértékben függött a beszívott levegő mennyiségétől és a kilépőnyílás méretétől. A fűvókától 200 mm-re kis kilépőnyílásnál és nagy légbecsapás esetén kaphatóak a nagyobb sebességű cseppek, de a fűvókától 600 mm-re már nem mértek a különböző beállítások között eltérést. Az elsodródási vizsgálatokat szélcsatornában, 2 és 4 m/s szélesebbesség mellett végezték el. Az alacsonyabb szélesebbesség mellett minimális volt az injektoros- és a tesztűvókával kapott elsodródás. 4 m/s-os szélnél azt tapasztalták, hogy a növelt torok-átmérő kisebb sűrűségű cseppjeinek (amelyek potenciálisan érzékenyebbek az

elsodródásra) a várakozásokkal ellentétben kedvezőbb volt a viselkedése, mint a kisebb torokátmérőknél. Igaz, hogy a különbség nagyon kicsi volt. (BUTLER et al., 2002).



11. ábra: Passzív injektoros fűvóka (LÁSZLÓ, 1999b)

Aktív injektoros szórófejek

Lehetőség van arra is, hogy a levegőt nyomással juttassuk a fűvókatestbe. Ez bonyolultabb megoldást jelent, mint egyszerű fűvókacsere, hiszen kompresszorra, légvezetésekre és speciális szórófejekre van szükség. Ennél a rendszernél, a folyadék és a levegő nyomásának változtatásával a cseppméretek még tágabb határok között változtathatók (DIMITRIEVITS, 2005). A kiegészítő légorlasztás szabályozott cseppmérete, homogén cseppstruktúrája, valamint kisebb közepes cseppátmérője lehetővé teszi szántóföldi állománypermetezésnél a kiszórt lémenység 80-150 dm³/ha értékre való csökkenését (PÁLYI, 2010).

2.3.2. Elektrosztatikus feltöltés

A lerakódás feltételei javíthatók a permetcseppek elektrosztatikus feltöltésével. A módszer alkalmazásával ugyanis csökken a kis cseppek elsodródása, egyenletesebb lesz a cseppek eloszlása a célfelületen, nő a levélfonák fedettségének mértéke. (LÁSZLÓ, 1999a). A festésnél széles körben alkalmazott eljárásnál a folyadékot nagyfeszültségű, de kis erősségű árammal elektrosztatikusan feltöltik, és ennek következtében a cseppek az ellenkező töltésű célfelületre intenzíven lerakódnak. (DIMITRIEVITS, 2005). Az elektrosztatikus permetezőgépeken különböző töltési módszereket alkalmaznak. A koronafeltöltésnél érzékelő

elektrodát helyeznek nagyfeszültség alá, amelynek csúcán koronakisülés lép fel, és ez a teret az elektróda körül azonos töltési értelemben ionizálja. Kontaktfeltöltésnél a nagyfeszültséget közvetlenül a fűvókákra, illetve a szétszórandó folyadékokra kapcsolják. Az influenciatöltésnél a cseppek elektromos töltése az elektromos mezőben töltésszétválasztás útján történik. Ehhez a cseppre-hatás terében a folyadéksugár körül szigetelten nagyfeszültséget helyeznek el (MOSER, 1983, MOSER-ECKERT, 1984). A talaj, illetve a növényzet negatív töltését figyelembe véve a cseppek pozitív töltést kapnak. Mivel ez az eljárás meglehetősen nagy energiaigénnyel jár, általában kis folyadék felhasználással működő légporszórási gépeket alkalmaznak. Az elektrosztatikus feltöltés hatására a cseppek igyekeznek a legközelebbi ellenkező töltésű felületen lerakódni, ennek következtében az elsodródás esélye kisebb. Az azonos töltésű cseppek egymást taszítják, ezért a lerakódás egyenletesebb lehet, mint a hagyományos permetezésnél. Az eljárás eredményessége függ az alkalmazott műszaki megoldás jellemzőitől, és a környezeti feltételektől, mivel az igen kis töltések hatását a szabadban számos tényező korlátozhatja (DIMITRIEVITS, 2005).

Moser és munkatársai egy hengeres fémcsövön mérték először a különböző feltöltési módok hatásait a lerakódásra, összehasonlítva egy feltöltetlen, lapos-sugarú fűvókával. Eredményeik szerint a fedettség növekedése influenciatöltési eljárásnál kerekén 70%-ot tesz ki, koronafeltöltésnél 150%-ot, míg kontaktfeltöltés esetén több, mint 3,5-szeres a lerakódás a céltárgyon (MOSER, 1983). Marchant és Green kutatásai szerint a kontaktfeltöltésnek hagyományos fűvókákkal (TeeJet 750 033) ellátott permetezőgépnél kedvező hatása volt a kialakuló cseppméret-eloszlásra. Tapasztalataik szerint a 9 kV feszültségű feltöltés hatására a 100 µm-nél kisebb cseppek aránya 7,2%-ról 1,5%-ra, az 50 µm-nél kisebb cseppek aránya 7,8%-ról 3,1%-ra csökkent. A cseppek 33,5%-a a 125-175 µm-es tartományba esett, amíg feltöltés nélkül ez az érték csak 19% (MARCHANT - GREEN, 1982; PAPP, 1985). A Szolnoki Főiskola jogelőd intézményében, a Tessedik Sámuel Főiskola Mezőgazdasági Karán (Mezőtúr) 1994 óta több tudományos program keretében is végeztek kísérleteket Martignani típusú elektrosztatikus feltöltésű permetezőgépekkel. Megállapítható volt, hogy a fedettség és a fedési egyenletesség kedvezőbb volt, mint hagyományos, feltöltés nélküli gép alkalmazása esetén, javult a levelek szín-fonák fedettségi aránya minden lombkorona-metszetben. A mért különbségek jóval meghaladták a statisztikai hibahatárt (KALMÁR et al., 1999). Kalmár más vizsgálataira szerint az elektrosztatikus feltöltésnek a lerakódásra gyakorolt hatása jelentős, összehasonlítva a munkaminőséget egy hagyományos axiál-ventilátoros konstrukcióéval,

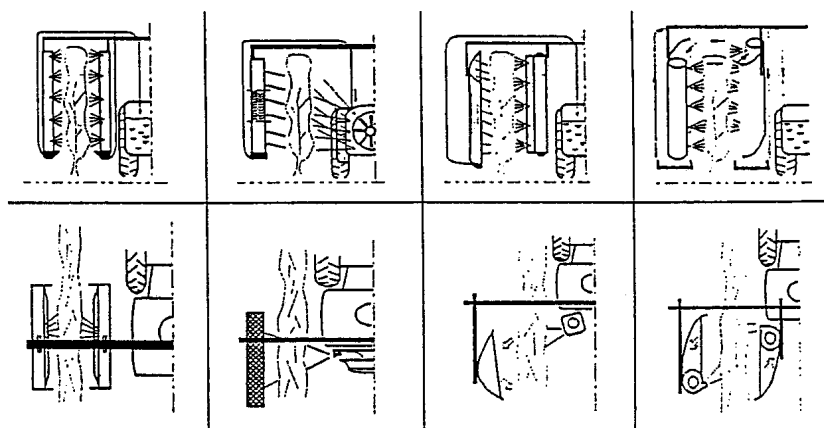
alacsonyabb kijuttatási dózis ellenére is jobb eredményeket kapott. A 12 lombkorona-metszetből vett, két-két alma-minta sorozaton meghatározott fedettségi értékek hagyományos gépnél 1000 dm³/ha-nál 18,5%, míg elektrosztatikus feltöltésnél, 300 dm³/ha-nál 25,8%-os volt (KALMÁR, 2009).

2.3.3. Szélárnyékolás

A legegyszerűbb és legrégebbi próbálkozások a szél hatásának kiküszöbölésére a különféle védőernyők alkalmazása volt. Az ilyen burkolófelületek korlátozzák a cseppek kijutását a burkolat alól, hátrányuk azonban az, hogy a cseppek az árnyékoló felületeken is lerakódnak, ennek következtében megfolyás és csepegés lép fel. Ez a vegyszervesztés mellett veszélyezteti a növényállományt is (DIMITRIEVITS, 2005). Permetezőernyőnél a leárnyékolás az elsodródást csökkenti. A szórófejek előtt haladó pajzsos keret a gabonát előre dönti és az így keletkező keresztirányú „árok” segíti a permetlésugár jobb behatolását az állományba (DIMITRIEVITS, 1998; LÁSZLÓ, 1999b). A mechanikus terelőkeret alkalmazásának előnye, hogy a szórófejeket alacsonyabban lehetett elhelyezni, ami jelentősen csökkenti az elsodródást is, hátránya viszont, hogy a nyitókeret jelentős növény sérülést okozott. Ezért merült fel, hogy az állomány szétnyitását nem mechanikusan, hanem levegővel kellene elvégezni (CSIZMAZIA, 2006). A légszákos permetezőgépek a környezetkímélő permetezési eljárások fontos területe, jellemzőit a 2.2.3. pont alatt értékeltem.

2.3.4. Permetlэфelfogás, visszanyerés

A veszteségek csökkentésére fejlesztették ki – elsősorban sövénygyümölcsös és szőlő védelmének - a zárt terű, recirkulációs (szervisszanyeréses) permetezési eljárást. Ezek a gépek szállítólevegős, vagy szállítólevegő nélküli megoldásúak lehetnek. A szállítólevegő nélküli alagútpermetezés lényege, hogy a sorkultúrát két oldalról olyan gyűjtőernyők zárják, amelyek a növényzetten áthatoló cseppeket felfogják, majd az így visszanyert permetlevet szűrőkön keresztül visszavezetik a gép folyadékrendszerébe (LÁSZLÓ, 1999a). A leggyakrabban szőlőültetvényekben alkalmazott berendezéseken a lombzatot a szórófejekkel ellenkező oldalon burkoló elemekkel, rendszerint lemezekkel veszik körül (12. ábra).



12. ábra: Alagút-permetezőrendszerek (DIMITRIEVITS, 2005)

Ezek a lemezek azonban nemcsak a szél hatását hivatottak kiküszöbölni, hanem a lombozaton átjutó cseppek felfogására is alkalmasak. A lecsapódott permetlé a lemezek alján lévő edényekben gyűlik össze, majd szűrés után visszakerül a gép tartályába. Az alagút-permetezőgépek rendszerint egy- vagy kétoldalas (kétsoros) változatban készülnek. Kifejlett lombozat esetén a visszanyerhető permetlé aránya 20–30% lehet, kisebb lombnál ennél lényegesen több megtakarítás érhető el. (DIMITRIEVITS, 2005). Szőlőültetvényben végzett kísérletek eredményei szerint a szer-visszanyerés mértéke tavasszal, csekély lombozat esetén 60-70%-os, teljes lombozatnál pedig 20-40%-os lehet (BÄCKER – RÜHLING, 1991). Az eljárás az elsodródás minimalizálását, a permetlé jelentős részének megtakarítását, a gépkihasználást javítását egyaránt lehetővé teszi. A hidraulikus rendszerű alagút-permetezőgépek mellett kifejlesztettek axiál-ventilátoros szállítólevégős változatokat is, ezeknél a folyadék leválasztására cseppecsapdákat alkalmaznak (DIMITRIEVITS, 2005). Ilyen konstrukciók esetében 18-60%-os permetlé visszanyerés érhető el, és 5-25%-kal jobb a permeteloszlás egyenletessége hagyományos védekezéshez viszonyítva. A cseppek a turbulens áramlások hatására, illetve a kvázi zárt térben uralkodó túlnyomás hatására többször is a levelek irányába repülnek, és így nagyobb eséllyel rakódhatnak le a célfelületen. Vizsgálatok szerint különösen a lombozat belsejében, és a levelek fonákoldalán – tehát a védekezés szempontjából legkritikusabb helyeken – növekszik meg a lerakódott folyadék mennyisége. A légfüggöny hatására a szín-fonák fedettség arány 2,7-ről 1,8-ra csökkenthető. A zárt terű permetezőgépek előnye, hogy a szélhatásokra kevésbé érzékeny, mint a hagyományos gépek. A veszteségek megengedett 2 m/s szélsőséggel szemben 8-10 m/s szélsőségnél sem növekednek jelentősen (HUSZÁR – GYÖKÖS, 1991).

2.4. Precíziós növényvédelem, növényérzékelés, real-time technológiák

A precíziós gazdálkodás kifejezésnek számos meghatározása ismert, valamennyiben közös, hogy a térben változó, heterogén eloszlású, a termelést befolyásoló tényezők (talaj, kórokozók, kártevők, gyomnövények) helyspecifikus kezelését célozzák meg (SWINTON, 2005). Mindez kiegészíthető azzal, hogy a precíziós gazdálkodás lényegi eleme a termőhelyi viszonyokhoz való minél pontosabb termesztés-technológiai adaptációra való törekvés (JOLÁNKAI – NÉMETH, 2007). Az így megvalósított gazdálkodás a környezetbe juttatott mesterséges kemikália mennyiségének csökkentése mellett kihat az előállított termékek minőségére is (TAKÁCSNÉ GYÖRGY, 2010). Az elmúlt évtized elején az informatikában és különösképpen a térinformatikában bekövetkezett változások és fejlődés lehetővé tették a táblán belüli, lokálisan végrehajtható kezelések lehetőségeit (REISINGER, 2001; REISINGER – NAGY, 2002). A herbicidet tehát ott és olyan mennyiségben kell kijuttatni, ahol és amilyen mennyiségben az szükséges. A precíziós gazdálkodás gondolatmenete szerint nem a táblát kell a legkisebb művelési egységnek tekinteni (LÁSZLÓ et al., 1998c). A növényvédőszer adagokat nem az egész táblára, hanem annál sokkal kisebb területegységekre kell meghatározni, kijuttatni (LÁSZLÓ, 1999a).

Dózisszabályzás

A precíziós növényvédelemben kétféle módszerrel lehet a dózist szabályozni: vagy a permetezési nyomás állításával, vagy a vegyszer-koncentráció változtatásával. Az előbbi módszer hátránya, hogy a nyomás változtatásával megváltozik a cseppspektrum és ezzel az elsodródási- és lerakódási viszonyok is kedvezőtlené válhatnak. Emellett a bekevert vegyszer maradékának kezelése is problémát jelent. A precíziós mezőgazdasági technika feltételeinek leginkább azok a szabályzók felelnek meg, amelyek a vegyszer-koncentráció változtatásával szabályozzák a dózist. Ennek oka, hogy a dózis szabályozása során a cseppspektrum közel állandó marad a teljes szabályozási tartományban. Legjobban azok a szabályzók használhatók, amelyek több növényvédő szert egymástól függetlenül, szabályozott mennyiségben képesek kijuttatni (LÁSZLÓ et al., 2001b).

Növényérzékelés

A veszteségek csökkentése érdekében alakították ki a növényérzékelő ültetvénypermetező gépeket. Az infravörös, vagy ultrahangos érzékelőkkel működő rendszerek a szórófejek magasságában érzékelik a lombot, illetve annak hiányát, és ennek

függvényében szelepek segítségével pillanatszerűen nyitják vagy zárják a szórófejeket. Így csak ott történik permetszórás, ahol ténylegesen van lombozat. A permetlé-megtakarítás nagymértékben függ az ültetvénylombozat folyamatosságától. Fiatal telepítésű ültetvényekben, ahol a lombozat még nem ér össze, vagy a tavaszi első permetezéseknél a megtakarítás elérheti az 50-75%-ot. Összefüggő lombozat kezelésénél 5-20% közötti megtakarítással lehet számolni (DIMITRIEVITS, 2005). Hazai kutatók 2 éves cseresznye ültetvényben végzett vizsgálatai szerint 34,2%-os, míg 3 éves ültetvényben 24,6% permetlé megtakarítás realizálható növényérzékelővel felszerelt szállítólevegős ültetvény-permetezőgéppel. Az összehasonlító vizsgálatokat KERTOTOX BORA típusú géppel végezték, azonos üzemi körülmények mellett, be-, és kikapcsolt növényérzékelővel (KALMÁR, 2010).

Német kutatók egy hagyományos, kereskedelmi forgalomban kapható ültetvénypermetező gépet szereltek fel mindkét oldalon 5 darab optikai érzékelővel. Az egyes szintekhez egy, vagy több szórófejet rendeltek, melyeket a szenzorok mágnesszelepek segítségével működtettek. Az érzékelők, és egy nagy pontosságú sebesség-jeladó jeleiből egy mikrovezérlő algoritmus határozta meg a szelepek működtetésének időpillanatait. Négyéves kutatómunkájuk során megállapították, hogy szőlőültetvényben a fejlődési stádiumoktól függően 30-45%, fiatal telepítésben 70% vegyszer-megtakarítás érhető el, emellett pedig legalább 50%-os elsodródás-csökkenés volt tapasztalható. A védekezés hatékonyságának vizsgálatánál nem volt érzékelhető különbség a hagyományos géppel permetezett kontrollhoz képest. Gyümölcs-ültetvényben a vegyszer-megtakarítás 25-50%-os volt, az elsodródás pedig 30-60%-kal volt kisebb a kontroll-területen mért értékekhez képest (WESTPHAL – GÖHLICH, 1998).

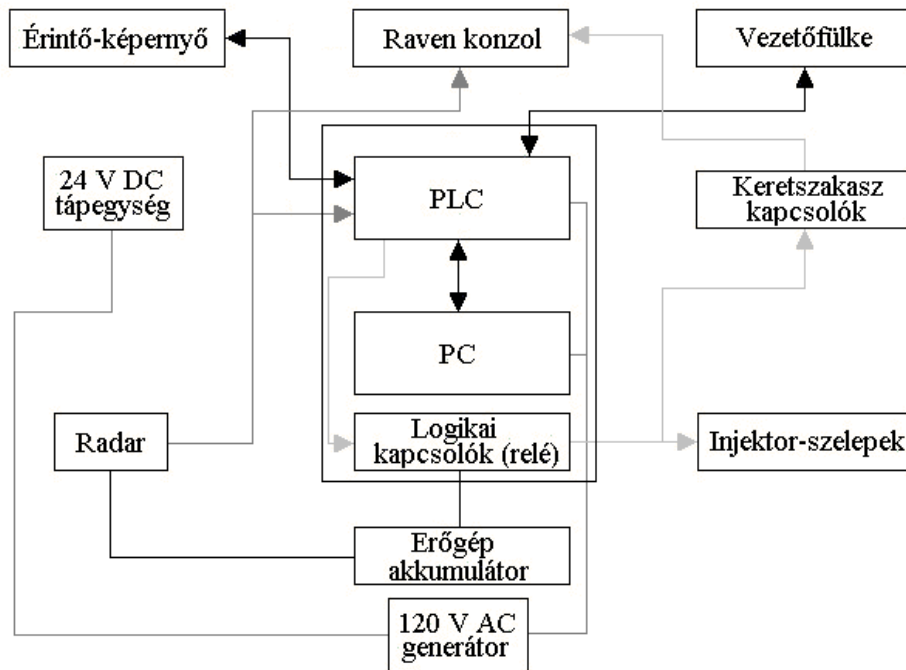
Spanyolországban továbbfejlesztettek egy hagyományosnak mondható ultrahangos érzékelőkkel ellátott gépet, az új vezérlőegysége egy olcsó 8 bites mikrokontroller volt. A szórószerkezet két oldalát további két szakaszra bontották, amelyeket mágnesszelepek segítségével lehetett nyitni-zárni, valamint elektronikusan vezérelhető nyomásszabályzót építettek a hidraulikus körbe. Az ultrahangos érzékelő jeleit így a mikroszámítógép veszi AD átalakítás és jelformálás után. A módosításokkal a gép a fa mellett elhaladva változó mennyiségű vegyszer kijuttatására lett alkalmas. A fejlesztést kifejezetten a gömb alakú gyümölcsfák permetezésének problémája indokolta, mivel a gömb alakú lombozat közepe közelebb van a géphez, mint a szélei, és középen több vegyszer is kell a megfelelő lerakódási

értékek eléréséhez. Ezzel a megoldással citrom-ültetvényben (5,5 m sor- és tőtáv, átlagosan 3,5 m átmérőjű, 2,5 m magasságú lombozat) hagyományos szállítólevegős géphez viszonyítva 37% vegyszer-megtakarítást értek el a kutatók úgy, hogy közben javultak a lerakódási viszonyok (MOLTÓ et al., 2001).

Valós idejű kijuttatás

A helyspecifikus gyomirtás-tervezés további módszere a valós idejű (real time, vagy online) képrögzítés, képfeldolgozás és permetezési technika vezérlés (GERHARDS et al., 2002; SÖKEFELD et al., 2002). E módszert elsősorban azokon a területeken célszerű alkalmazni, ahol nem általános, vagy összefüggő a gyomelőfordulás, hanem kisebb-nagyobb foltokban található meg a gyomnövények. Az eljárás korlátja a kis terület-teljesítmény és az ezzel járó kedvezőtlen időtényező (REISINGER – NAGY, 2002). A valós idejű (real-time) kijuttatás alapfeltétele a célpont érzékelése és felismerése, valamint gyors helyszíni adatfeldolgozás és pontos vegyszerkijuttatás. A célpont érzékelése többféle módon történhet, visszavert fény hullámhossza, infravörös érzékelés, vagy valós képalkotás segítségével (SÁNDOR et al. 2008). A Multi-sensor rendszer alkalmazásánál a szántóföldi szórókeretre minden szórófej elé növény-érzékelőt és mágnes-szelepet szerelnek. Valódi képalkotás még nincs, a működés fotodiódák segítségével, meghatározott (gyomnövényre jellemző) hullámhosszú visszavert fény vezérlőjelként való felhasználásán alapul. A haladási sebesség hatásainak kiküszöbölését radarjel felhasználásával oldják meg. Az összes érzékelő és beavatkozó eszköz egy a gépen kialakított speciális helyi hálózaton kommunikál egymással, és a vezetőfülkében elhelyezett vezérlő-monitorral és adatgyűjtővel.

A 2000-es évek elején megjelentek az akár 15×15 cm-es mezők kezelésére is alkalmas technikák. A Gillis és munkatársai által precíziós gyomirtásra alkalmas, egyedi fejlesztésű gépsor (13. ábra) elején elhelyezett kamera egy meghatározott méretű sávról felvételt készít, ami a vezetőfülkében található számítógépbe kerül adatfeldolgozás céljából. A számítógépen Windows NT alapú operációs rendszer fut, feladata a pillanatnyi gyomtérkép elkészítése és megjelenítése a vezérlőpanelen, valamint a kommunikáció fenntartása a kijuttatást vezérlő PLC-vel (Programmable Logic Controller).



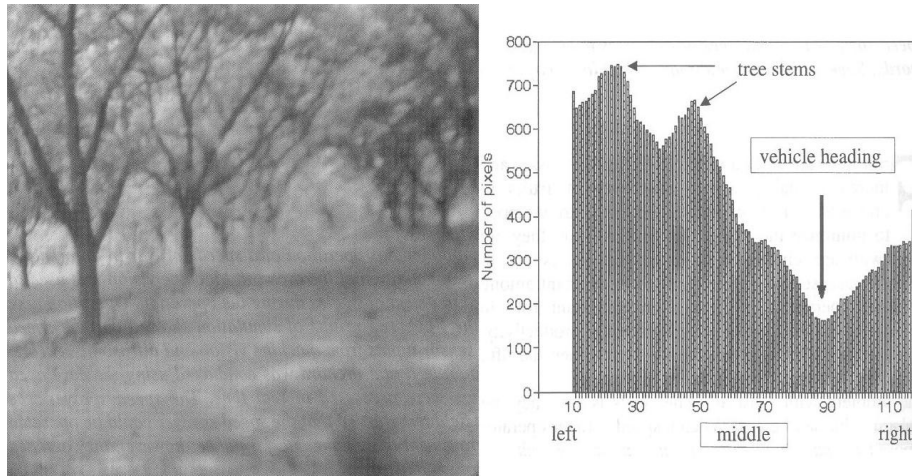
13. ábra: Precíziós gyomirtásra alkalmas, egyedi fejlesztésű real-time permetezési technika működési blokkdiagramja (GILLIS et al., 2003)

Az egységek között ethernet kapcsolat van kiépítve. Az adatfeldolgozásnak és továbbításnak kellően gyorsnak kell lennie a hidraulikai rendszer időkései miatt, valamint igazodnia kell a változó menetsebességhez is. A PLC egység mágnes-szelepeket vezérel, amelyek közvetlenül a szórófejek előtt vannak elhelyezve. A fűvőkák egyedileg be- és kikapcsolhatók, a gyomtérképen mindig ugyanarra a mezőre permeteznek. A rendszer hidraulikai köre sem hagyományos, nincs előre bekevert permetlé, hanem tömény vegyszer befecskendezésével, változó koncentrációval történik a kijuttatás. Ehhez pontos folyadék-áram mérésre van szükség, amit egy Raven SCS-700 típusú átfolyásmérővel valósítanak meg. Az akár négy különböző beinjektált vegyszer mennyiségét a központi számítógép határozza meg a haladási sebességtől és a gyomosodás mértékétől függően. (GILLIS et al., 2003). Korábban hagyományos hidraulikai körrel (nem tömény vegyszer-befecskendezéssel) hasonló rendszert építettek amerikai kutatók. A géppel 4,2 km/h haladási sebességgel, 3,7 m munkaszélességben 100%-os találati pontossággal végeztek folt-permetezést fiatal szójabab-állományban (TIAN et al., 1999).

Teljes automatizálás

Az informatika és az automatizálás utóbbi évekre jellemző robbanásszerű fejlődése napjainkra lehetővé teszi a műholdas helymeghatározás nélküli, gyümölcscsüttlévények növényvédelmi munkálataira alkalmas vezető nélküli járművek, vagy robotok működését (XUE et al., 2012.). A jelenleg is létező mezőgazdasági „Machine vision” alkalmazások három fő irányvonalat követnek: roncsolás nélküli mérés technikai alkalmazások, járművek vizuális navigációja és különböző felügyeleti rendszerek (CHEN et al., 2002).

Az elsők között koreai kutatók fejlesztettek ki olyan „gépi látást”, ami képes meghatározni a növényvédőgép haladási irányát, ultrahangos érzékelők segítségével pedig „felismerik” a permetezendő célfelületeket. Ehhez viszont nem elegendő a szokványos logikai jelekkel (*igen-nem*, ki-be, illetve 1 és 0) értékekkel való vezérlés, hanem fuzzy logikával közbülső valóságértékekkel is számolni kell, mint például 0,5 (félíg-meddig), 0,2 (kicsit), 0,8 (eléggé). A vezérlő rendszer fő részei a kamera, ultrahangos érzékelők, FLC (Fuzzy Logic Controller), illetve a hidraulikus rendszerű hajtás és kormányzás. A „látásért” egy fekete-fehér CCD kamera felel, ami $512 \times 512 \times 8$ pixeles felbontásban szolgáltat adatokat egy képelemző szoftvernek. Ez a kamera a gép elején, középen van elhelyezve. A továbbított adatok 128×128 pixeles képek formájában kerülnek feldolgozásra.



14. ábra: Teljesen automatizált permetezőgép „gépi látása” (CHO et al., 1999)

A digitalizálás után egy hisztogram készül az adatokból (14. ábra), ami segítségével az FLC meghatározza az optimális haladási irányt, és beavatkozó jelet küld a hidraulikus meghajtásnak. Az adatfeldolgozás sebessége a mérések szerint egy szabványos IBM PC 486 számítógépen is 1,2 másodperc. A gép elülső szélein felül elhelyezett ultrahangos szenzorok feladata a növényzettől való távolság felmérése, a hátsó sarkokra telepített szenzoroké pedig a

(korábbról már ismert) lombozat érzékelése, és a jobb, illetve bal oldali keretágak kapcsolása. Az FLC vezérlőjeleit egy Intel 8255 típusú periféria vezérlőt és reléket tartalmazó nyomtatott áramköri elem alakítja át (CHO et al., 1999).

2.5. Mérési, vizsgálati eljárások, eszközök

2.5.1. Cseppképzés mikroeloszlási jellemzőinek vizsgálata

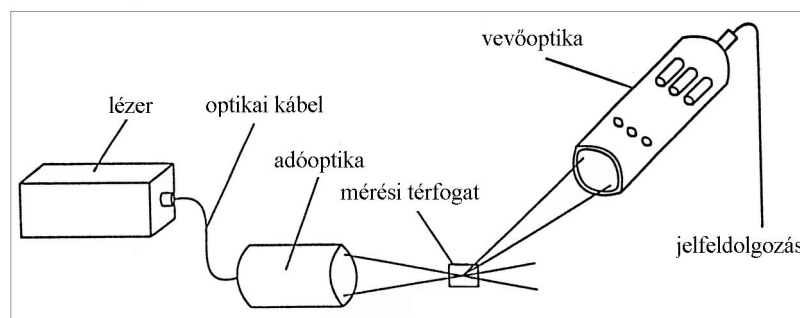
A mikroeloszlási paraméterek közül – a disszertáció terjedelmi korlátait, valamint a saját vizsgálatokat alapul véve – csak a cseppnagyság-mérések kerülnek részletesebb ismertetésre. Ezt a műveletet kétféleképpen végezhetjük, vagy közvetlen szóráskép vizsgálattal, vagy pedig a cseppek célfelületre kerülése, és száradása után, a szétterült csepp átmérőjéből következtetünk az eredeti méretére.

A közvetlen szóráskép-vizsgálati módszerek alapvetően fényjelenségeken (fényelhajlás, fényinterferencia, fényszórás, Doppler-hatás) alapulnak. Az ún. lézerdiffrakciós spektrum elemzésére két alapvető optikai modell ismeretes: a Fraunhofer-féle, illetve a Mie-féle fényszóródás-elmélet. A Fraunhofer-féle fényszóródás-elméletet a régebbi részecskevizsgáló berendezések alkalmazzák. Az elmélet a következő feltételezi:

- a vizsgált részecske sokkal nagyobb, mint az elemzéshez használt fény hullámhossza,
- az összes részecske azonos mértékben hoz létre fényszóródást,
- a részecskék nem átlátszóak, nem hatol át rajtuk fény.

Számos anyag, illetve cseppméret vizsgálata esetén ezek a feltételek nem teljesülnek, a mérési hiba elérheti akár a 30%-ot is, különösen akkor, ha a vizsgált anyag átlátszó, és relatív fénytörése 1 közeli. Növényvédelmi permetlevek esetében éppen ez a helyzet. A Mie-féle fényszóródás-elméletet használó (pl. Malvern Spraytec) a vizsgált részecskék és a fény kölcsönhatásából eredő összes fénytani jelenséget leíró egyenletek teljes megoldását adják. Az elmélet kiinduló teóriája szerint a vizsgált részecske alakja gömb, ellentétben a Fraunhofer-féle szóródás-elmélettel, mely a részecskék sík vetületét vizsgálja. A Mie-féle fényszóródás-elmélet alkalmazása során ismerni kell a permet és a levegő fénytörési és abszorpciós mutatóját, valamint sűrűségüket is, mert a mért értékek feldolgozásához ezek is szükségesek (SZTACHÓ-PEKÁRY, 2009).

A mérési eljárások közül László és munkatársai minősítették a Malvern 2600, illetve a Polytec PDPA típusokkal történő lézeres vizsgálati módszert. A Malvern cseppanalizátor a diffrakciós szög cseppnagyság-függésén alapszik. Az elhajlási szög függ a cseppnagyságtól. A legnagyobb hibaforrás a Malvern 2600 típusnál általában a fény többszörös szórása nagy cseppsűrűség esetén. A Polytec részecskeelemző (15. ábra) két lézersugárra bontja a fényforrást, ezek metszéspontjában történik a mérés: a cseppek fényszórást okoznak. A cseppek által szórt fény intenzitás-változásának frekvenciája arányos lesz a cseppek sebességével, az interferencia-vonalak térbeli távolsága pedig lineárisan függ a cseppek nagyságától. A Polytec alkalmazásának előnye, hogy segítségével a cseppnagyság-mérés és a cseppsebesség-mérés egy időben történhet, továbbá a permetlésugár bármely pontjának jellemzői X-Y-Z irányban mérhetők és értékelhetők. Ahhoz viszont, hogy egy teljes szórásképet reprezentáló eredményt kapjunk, több pontszerű mérés időigényes összegzésére van szükség, amit egységesíteni kell ún. mérőháló segítségével (LÁSZLÓ et al., 1998a).



15. ábra: Polytec fázis-doppler részecske analizátor (PDPA) elvi felépítése (LÁSZLÓ et al., 1998a)

A közvetett szóráskép-vizsgálatoknál a célfelületen lerakódott és szétterült cseppek méreteinek elemzésével végezhetünk közelítő számításokat. Az $\varepsilon = \overline{D}_v / \overline{d}_v$ szétterülési tényező (ahol \overline{d}_v a térfogat szerinti közepes cseppátmérő, és \overline{D}_v a szétterült közepes térfogatú csepp nyomának átmérője) bevezetésével következtethetünk a porlasztáskor kialakuló cseppnagyságra és cseppméret-eloszlásra. A szétterülési tényező értéke változó (1,2 – 3,5), függ a permetlé, a környező levegő, és a célfelület fizikai tulajdonságaitól, valamint a cseppek méretétől, és a célfelületre történő érkezésének irányától, sebességétől (IMELI et al. 1983). A mérések vízérzékeny papír használatával történhetnek, és számítógépes képelemző rendszer segítségével értékelhetők ki. A képelemző berendezés alkalmas a minták alapján rögzített képobjektumok (permetcseppek) felismerésére, mintegy 40 jellemző tulajdonságuk

(terület, kerület, hosszúság, szélesség, legkisebb-, legnagyobb rádiusz, fedettségi index, stb.) meghatározására, a méretek kalibrálására, osztályzására. A képpontokkal elvégezhető matematikai és logikai műveletek, valamint a különböző konvolúciós és morfológiai (kiemelő és alaki) szűrők segítségével a bizonytalan határvonalú vagy összefolyt cseppek elkülöníthetők, szétválaszthatók. A vízérezékeny papírral felfogott minták a valós cseppméretek visszaszámításánál használt elméleti szétterülési tényező miatt csak megközelítő pontosságú cseppméret meghatározást tesznek lehetővé (TAKÁCS, 2000; SÁNDOR et al., 2008). Megjegyzendő, hogy ez a mérési módszer pontos eredményeket csak rendkívül szigorú peremfeltételek mellett szolgáltat, mivel a szétterülési tényező értéke az alkalmazott anyagok és felfogó felületektől erősen függ, a szétterült cseppek alakja a legkritikábban veszi fel a kör alakot, az összefolyt cseppek többnyire nem mutatnak értékelhető eredményt, valamint a legapróbb (és az elsodródás szempontjából legveszélyesebb) cseppek többsége nem ismerhető fel.

2.5.2. Lerakódott jelzőanyagok visszamérése

Atomabszorpciós spektrofotométerrel

Derksen és Gray a méréseikhez kétféle, kereskedelmi forgalomban kapható levéltrágyát alkalmaztak jelzőanyagként. Az egyik 50% elemi cinket tartalmazó (Leffingwell Nutra-Spray Zn-50) szer, a permetlétartályba 1,4%-os töménységben keverték be. A másik 27,3% mangán tartalommal egyenértékű mangán-szulfát (Tecmangan), melynek 1,9%-os oldatát használták. A célfelületről a kezelés előtt, és után levélmintákat vettek, majd a mintákat megszáritották, megőrölték, mintánként 0,4 g-t elhamvasztottak, és a hamut savfürdőbe tették. Ezek után a kapott anyagot egy Thermo Jarrell-Ash 975 típusú argon-plazma atom-emissziós spektrométer segítségével analizálták. A cink, illetve a mangán a száraz tömegre vonatkozóan *ppm* nagyságrendben mérhető vissza (DERKSEN – GRAY, 1995).

Fluoreszcens jelzőanyaggal

Zhu és társai a méréseikhez Acid Yellow 7 (Carolina Color and Chemical Co., Charlotte, N. C.) nevű jelzőanyagot használtak 3,38 g/dm³ koncentrációban. A petricsészékben lerakódott anyagot 40 ml desztillált vízzel oldották fel, és átszűrték Whatman No. 4 jelű szűrőpapíron. A szűrletek ampullákba, majd automata mintavevő készülékbe kerültek, és folyadék-kromatográf (Model RF-551 fluoreszcens detektor) segítségével

határozták meg a mennyiségeket 430 és 500 nm-es hullámhosszú gerjesztőfény segítségével. Kalibrációnak 0,5-3 mg/dm³ standard-sort használtak (ZHU et al., 2002.).

Holownicki és társai egy (publikációjukban meg nem nevezett) fluoreszcens anyag nátrium-sóját használtak vizsgálataikhoz, 0,02%-os töménységben. A felfogó felület szűrőpapír volt, amit a lerakódás méréséhez az almafákra helyeztek el, a veszteségek méréséhez pedig függőleges keretre, valamint a sorokra merőleges mérővonalakra a talajra. Permetezés után 15 perccel a mintákat egyesével zárható műanyag edényekbe tették, és a feldolgozásig sötét helyen tárolták. A jelzőanyagot 0,02%-os NaOH oldat és 0,01%-os Sandovit nevű detergens keverékével oldották ki a papírból. Az így nyert oldat koncentrációját Sequoia-Turner 450 típusú fluoriméterrel határozták meg. A kalibrálás tiszta szűrőpapírral történt (HOLOWNICKI et al.: 2000).

Farooq és Salyani méréseikhez 25 mm széles pamut, vagy gyapot szalagot használtak mesterséges felfogó felületként, amit vízszintesen feszítettek ki a lombkoronában, a permetezőgép haladási irányára merőlegesen. Ezt a szalagot 15-45 percnyi száradás után meghatározott darabokra vágták, és a rápermetezett fluoreszcens anyagot visszamérték. Megjegyezték azonban, hogy a szalagok a permetezés ideje alatt változó irányokba mozognak a szállító légáram jellemzőitől függően. Publikációjukban ők sem határozták meg sem magát a fluoreszcens anyagot, sem a fluoriméter típusát (FAROOQ – SALYANI, 2002). Salyani egyik korábbi kísérlete szerint olyan növénykultúrában, ahol jellemző a levélen a megfolyás, vagy a permetléccseppek kevésbé tapadnak meg (pl. trópusi gyümölcsök) papírszalag alkalmazásával jó eséllyel megfogható a levélről egyébként lefutó cseppek nagy része (HOFFMANN – SALYANI, 1996). Megjegyzendő azonban, hogy ez a módszer csak a vizsgált sávba kijuttatott vegyszer mennyiségére ad felvilágosítást, a vegyszer-lerakódásának valós értékére (pont a levélről lefutó cseppek megfogása miatt) nem.

Fox és társai 2%-os töménységben Uvitex nevű fluoreszcens festékanyag oldatával permeteztek. A talajra jutó elsodródó vegyszer mennyiségének meghatározására mesterséges felfogó felületeket (10 mil = 0,25 mm vastagságú, 10×25 cm méretű műanyag lapokat) helyeztek el a kezelt területtől szélirányban 150 m-es távolságig. A horizontális eloszlás méréséhez 9,2 cm²-es szájfelületű üvegpalackokat tettek nyílásukkal a permetezőgép irányába, 1-2-3 m magasságban, illetve 2 m hosszúságú, 1 mm vastagságú, többszálú, sodort selyemzsinórokat vízszintesen, párhuzamosan a haladási iránnyal, 1-2-3-4-5 m magasságban. Mindezek mellett 1 és 3 m magasságban 120 m-es távolságig nagy érzékenységgű levegő-

mintavevőket is (Staplex TFIA) elhelyeztek, melyek 1 µm-es részecskék begyűjtésére is alkalmasak. A mesterséges mintákról leoldott jelzőanyagot Turner Model 112 típusú fluoriméter segítségével mérték vissza higítási sor létrehozásával (CARPENTER et al., 1983 ; FOX et al., 1990).

2.5.3. Elsodródás mérése szélcsatornában

Az elsodródási viszonyok szabadföldi vizsgálata rendkívül munkaigényes és főként az időjárás szeszélyei miatt nehéz feladat. Szélcsatornában azonban mind a szélirány, mind a szélesség pontosan beállítható, ezért az 1980-as években több kutató is ezzel a módszerrel folytatott kísérleteket. A legfontosabb európai tevékenység talán a német Julius Kühn Institut (korábban: Biologische Bundesanstalt Braunschweig, BBA) kutatóihoz fűződik, hiszen a különböző szórófejek lézeroptikai eljárással, szélcsatornában meghatározott, a mai napig bázisértékeknek tekintett elsodródási potenciálját (DIX-indexét) ők dolgozták ki (GANZELMEIER, 1986). Ebben az időben az amerikai kontinensen is folytak a szélcsatornás kísérletek, megemlítendő Bode, Yates, Derksen, Walklate, vagy Butler munkássága (BODE, 1984; YATES, et al., 1985; DERKSEN, et al., 1999, WALKLATE, et al., 2000; BUTLER, et al., 2001). Módszereik között több különbség is volt. Walklate és társai által leírt mérési módszer a következő: az elsodródó cseppek felfogására 2 mm átmérőjű polietilén zsinórt feszítettek ki a szélcsatornában az aljzat felett 10 cm-es magasságban, a fűvókától 2-3-4-5-6-7 méterre, szélirányban. A beállított szélességek 2, illetve 4 m/s. (WALKLATE et al., 2000; BUTLER et al., 2002). Derksen és munkatársai 5 m/s szélességgel dolgoztak, amit 250 ponton mértek és ellenőriztek a vizsgálati térben. Három különböző felfogó-felületet használtak. A talajra lerakódó cseppek-felfogására az aljzat felett 16 cm-re érdes felületű műanyag irrattartó mappákból készült lapokat, és pamut anyagú, nagy nedvszívó-képességű szövetdarabokat rögzítettek tálcákon, a lebegő, vizsgálati teret valószínűsíthetően elhagyó cseppek felfogásához pedig egyik szélén rögzített nylon-lapokat (DERKSEN, et al., 1999).

A NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet gödöllői növényvédőgépmérő-minősítő laboratóriumában a közelmúltban szintén végeztek szélcsatornás elsodródásvizsgálatokat. A mérendő fűvókákat a szélcsatorna padlója felett 500 mm-magasságban helyezték el úgy, hogy a permetlegyező hossz tengelye párhuzamos legyen a szélcsatorna hossz tengelyével. A mérési

térben a fűvókától távolodva 500 mm-enként vízérzékeny papírokat rögzítettek a padlóra. A szimulált szélsőségek 2, 4, 6 m/s voltak (GULYÁS et al., 2010, GULYÁS, 2013).

2.5.4. Vertikális eloszlás mérése

A növényvédő-szereket egyenletes eloszlással, a szükséges hatóanyag-koncentrációban kell a célfelületre kijuttatni, miközben a túladagolást és az elsodródást el kell kerülni. Ennek betartása szántóföldi permetezésnél lényegesen egyszerűbb, mint az ültetvényekben. Ez utóbbi esetben ugyanis a permetezőgép szórófejei és a célfelület közötti távolság az állomány jellemzőitől, méreteitől (sortáv, tőtáv, növekedés, magasság, kiterjedés, forma, stb.) lényegesen, és állandóan változik. Emellett a permetlé behatolása a levelek közé különböző magasságokban a növény növekedésétől, formájától függ. A permetezőgépek természetes kultúrákban, külső tényezők (időjárás) befolyása alatti műszaki megítélése korlátozott keretek között lehetséges, ráadásul nagyon pontatlanul. A szántóföldi permetezésnél alkalmazott csatornás, keresztirányú szóráskép-vizsgáló pad alkalmazása jól bevált a sokéves gyakorlat során, így hosszú kísérlet-sorozat után a vertikális eloszlás mérésére is kifejlesztettek egy laboratóriumi mérőpadot. Szállítólevegős gépeknél a folyadék-eloszlás mérését nem csak a vertikális mérési felület teszi nehezzé, hanem a kétfázisú áramlás (hordozólevegő és a folyadék-cseppek) is. Ezeknek a feltételeknek megfelelően a kialakított mérőpad 4,5 m magas és 1,6 m széles csepplévasztó felületből áll, ahonnan a leválasztott folyadék egy csőrendszeren keresztül egy mérőhengersorba kerül. A folyadékszintet (általában) egy mozgatható ultrahang-szenzorral mérik. A lamellás csepplévasztó magassági beosztása 25 cm-es. A mérés során a permetezőgépet a mérőpad elé állítják, és egy bizonyos ideig mozgás nélkül működtetik. A felfogott folyadék mennyiségét összehasonlítva a szórófejek fogyasztásával 85%-os leválasztási hatékonyság állapítható meg. A veszteség nagy része a csepplévasztó felületén történő párolgásra vezethető vissza, ezért ajánlatos zárt csarnokban 90%-os relatív páratartalom mellett végezni a vizsgálatot, így a leválasztási hatékonyság messze 90% felett van. Ügyelni kell azonban a csarnok megfelelő nagyságára, nehogy a szűk hely befolyásolja a szabad áramlásokat (GÖHLICH – KÜMMEL, 1993).

A vertikális eloszlásmérő berendezés segítségével lehetőségünk van különböző gépbeállítások (fűvókaelrendezés, levegőáramlás, stb.) eloszlásra gyakorolt hatásainak vizsgálatára, reprodukálható módon. Nehezen megválaszolható kérdés, hogy milyen legyen az

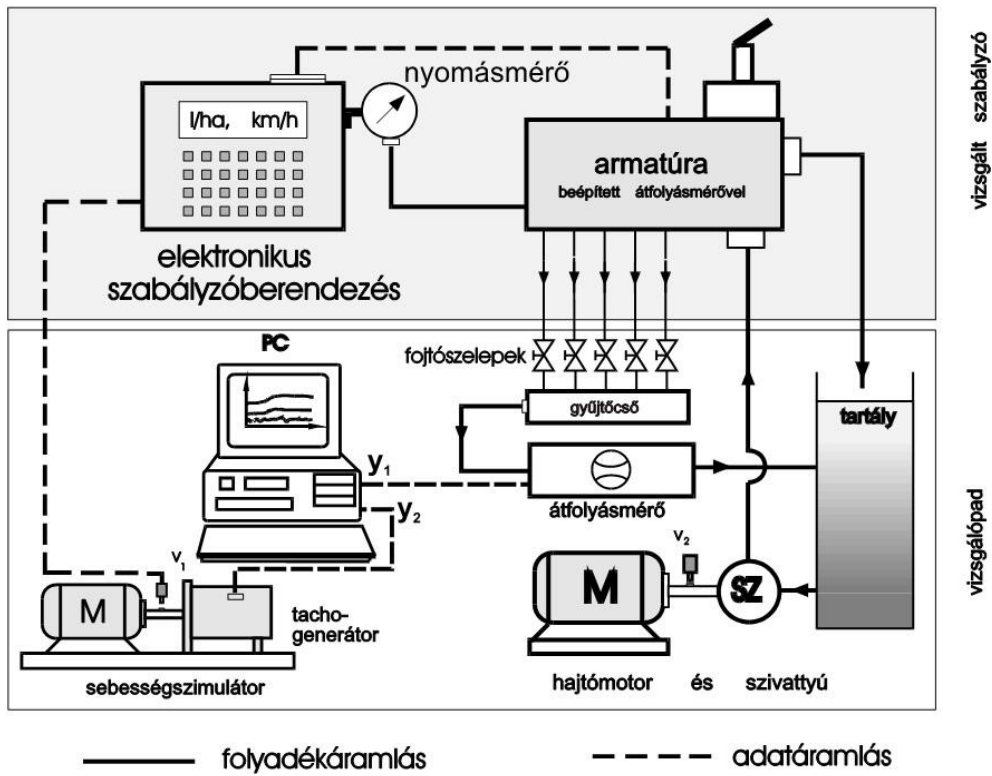
eloszlási kép egy bizonyos kultúrában. Nagyon sok tényezőtől függ, ezek közül a legfontosabbak:

- a vegyszer-veszteséget (átsodródás a célfelület között, mellépermetezés, földpermetezés, stb.) lehetőleg el kell kerülni,
- a lombkorona felületi nagysága erősen ingadozik, ezt a kijuttatási dózis megválasztásakor figyelembe kell venni. (GÖHLICH – KÜMMEL, 1993).

A fentiek miatt a típusvizsgálati, illetve az időközönként történő felülvizsgálati rendszerre vonatkozó szabályozások szerint a vertikális szóráskép-vizsgáló pad a felülvizsgáló állomások csupán javasolt, nem pedig előírt eszköze (GULYÁS – KOVÁCS, 2010).

2.5.5. Elektronikus dózisszabályzók mérőpadja

A munkaminőség és a permetezési művelet közben kis mértékben változó haladási sebesség összefüggéseire nagyon korán felfigyeltek kutatók. Az üzem közbeni sebesség-változás a munkaminőségre is kedvezőtlenül hat, hiszen közvetlenül befolyásolja a szórás hosszirányú egyenletességét (BALÁZS et al., 1984). A Pannon Egyetem Agrárműszaki Tanszékén jelentős kutatómunka folyt az 1980-as évek óta a dózisszabályzók minősítése, a vizsgálati eszközök, és módszerek létrehozása, tökéletesítése területén (PÁLYI, 1990; LÁSZLÓ – PÁLYI, 1997; RIETZ et al., 1997; LÁSZLÓ et al. 1997; PÁLYI, 1999; LÁSZLÓ et al., 2000b). Eredményként többek között egy olyan vizsgálópad (16. ábra) is kialakításra került, amellyel a kívánt dózisérték mellett egyszerűen és pontosan meghatározhatóak a szabályzó-berendezés tipikus paraméterei. A berendezés az európai termékminősítési és engedélyeztetési követelményeknek is megfelel. A vizsgálandó szabályzót a hozzá tartozó armatúrával együtt a vizsgálópad folyadékkörébe kötik, a mérés során pedig különböző üzemállapotokat lehet szimulálni (szórókeret szakaszainak és a permetezés ki/be kapcsolása, sebesség-változtatás, ugyanazon dózisérték többszöri beállítása állandósult üzemállapotban). A számítógépes adatgyűjtő és kiértékelő program segítségével a kapott időfüggvényekből meghatározhatóak a szabályzás jellemzői (szabályozás késedelme, hibája).



16. ábra: Dózisszabályzó vizsgálópad elvi ábrája (PÁLYI, 1999; LÁSZLÓ et al., 2000b)

3. VIZSGÁLATI ANYAGOK, GÉPEK, MÓDSZEREK

3.1. Gépek előkészítése, laboratóriumi vizsgálata az üzemi vizsgálatok megkezdése előtt

„A vegyszeres növényvédelem eredményessége szempontjából meghatározó jelentőségű a hatóanyagok célba juttatásának, azaz a permetezés technikának, a kijuttató gépek munkaminőségének a szerepe. A követelmények egységesítése érdekében a Nemzetközi, illetve Európai Szabványügyi Bizottság (ISO, CEN) a 90-es évek második felétől kidolgozta azokat a szabványokat, melyek a permetezőgépekkel szemben támasztott általános és mérhető konstrukciós követelményeket, továbbá minősítő vizsgálati eljárások feltételeit, körülményeit és végrehajtásának módját tartalmazzák. Az európai szintű egységes vizsgálati rendszer pontos és reprodukálható mérési módszereket ír elő a permetezőgépek laboratóriumi körülmények között történő bemérésére, szabályozására és ellenőrzésére. Ezek figyelembevételével a Pannon Egyetem Agrárműszaki Tanszéke a BBA-val és az FVM MI-vel közös kutatási együttműködés keretében és számos pályázati program támogatásával létesített egy növényvédelmi diagnosztikai laboratóriumot” (LÁSZLÓ et al., 1998a, 1998c, 2001a). Ez a méréstechnikai és módszertani háttér lehetőséget adott arra, hogy vizsgálataim során felállított peremfeltételeket, a keresztirányú-, és a vertikális eloszlás egyenletességét, a nyomásmérő órák és átfolyásmérők pontosságát, a szivattyúk és keretágak folyadékcszállítását, illetve a dózisszabályzók működését ellenőrizzem.

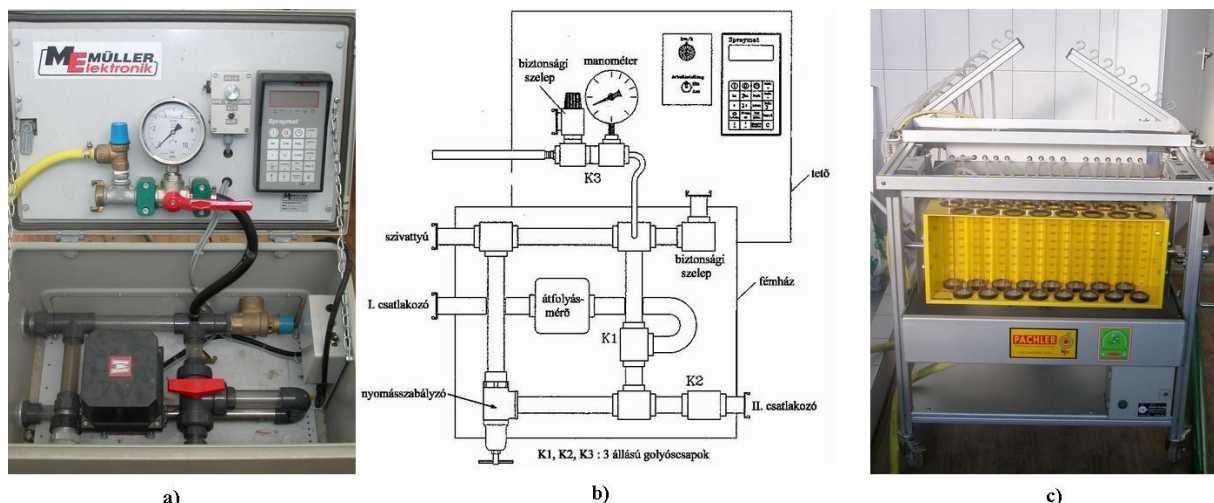
3.1.1. Nyomásmérő óra kalibrálása

A nyomásmérő órák kalibrálásához súlyterhelésű, M4-M10 típusjelű műszert használtam. A készülék jellemzői: mérés-tartománya: 1-25 bar, mérési hiba $\pm 0,1\%$, felbontása 0,1 bar. Az üzemi vizsgálataim megkezdése előtt az összes alkalmazott manométert ellenőriztem, hitelesítési táblázatot állítottam fel. A gépbeállításoknál, és a mérési feladatoknál csak ezeket a mérőórákat használtam a nyomásbeállítás okozta hibák elkerülése céljából. A dolgozat további részében feltüntetett nyomásértékek tehát a leolvasás helyén

mérhető valós, és nem leolvasott értékek, pontosságukra az előzetes kalibrálási műveletek miatt nem térek ki.

3.1.2. Folyadék-térfogatáram ellenőrzése szivattyúnál, keret- és keverőágban

Vizsgálataimnál Müller Elektronik Spraytest III. típusú nagy pontosságú mágneses induktív áramlásmérőt (17.a. és b. ábra) használtam, ami ki van egészítve hitelesített manométerrel, nyomásszabályzó- és nyomáshatároló szelepekkel, elosztó szerelvényekkel, valamint sebességjel generátorral. Így nemcsak áramlásmérésre alkalmas, hanem manométer ellenőrzésre, illetve dózisszabályzó kalibrálására, esetleg dózisbeállításra is. A vizsgálati eredmények leolvasását és az üzemi paraméterek beállítását Spraymat III típusú beépített fedélzeti számítógép könnyíti meg. A készülék jellemzői: átfolyásmérő mérés-határa: 10–300 dm³/min, mérési hibája $\pm 1\%$, a manométer mérési tartománya 1-10 bar, pontossága $\pm 0,1\%$.



17. ábra: a) Müller Elektronik Spraytest III készülék (saját fénykép) és b) elvi vázlata (LÁSZLÓ et al., 1998b),
c) Pachler szórófej adagolás vizsgáló berendezés (saját fénykép)

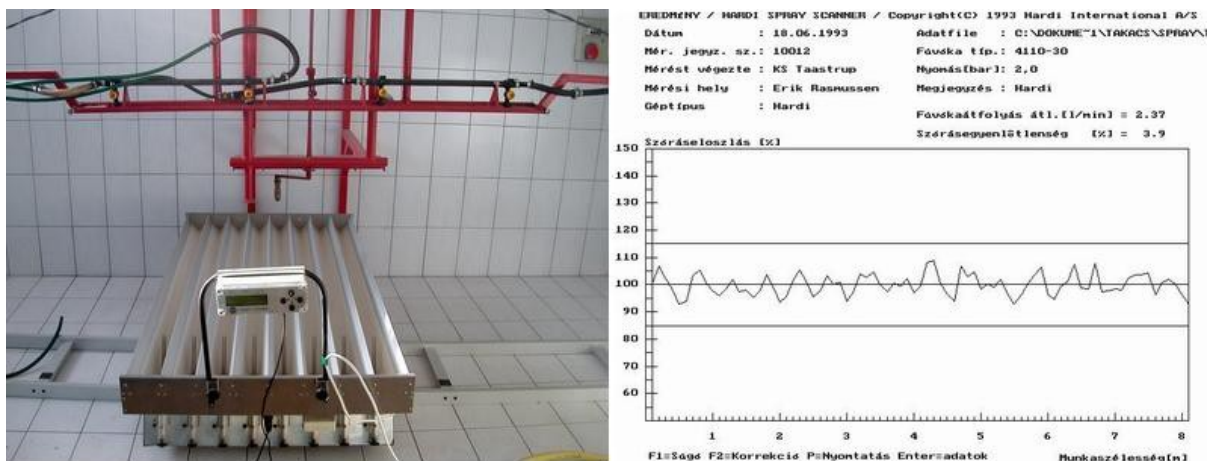
3.1.3. Szórófejek folyadék-térfogatáramának laboratóriumi vizsgálata

Munkaminőség szempontjából a megfelelő szórófejek kiválasztása és illesztése rendkívül fontos feladat. A helyes dózisérték beállításához pontosan ismerni kell a szórófejek folyadékfogyasztását, az adagolás egyenlőtlenségét ($\Delta q \leq \pm 5\%$). Ezek meghatározásához

rotamétert, turbinás átfolyásmérőt (SFE-01, JetCheck, Hessel típusú, stb.) használunk, vagy időegység alatti tömeg-, illetve térfogatmérést végzünk. Speciálisan az ültetvény- illetve szőlő permetezőgépek szórófejei folyadék-fogyasztásának mérésére fejlesztették ki a Pachler gyártmányú berendezést (17. c. ábra). Segítségével egyszerre mérhetjük a permetezőgép jobb és bal oldali szóróívén elhelyezkedő összes szórófejének adagolását. Ezt a szórófejekhez egyenként csatlakoztatható permetlégyűjtő csövek teszik lehetővé, melyek a folyadékot kalibrált mérőhengerekbe vezetik.

3.1.4. Keresztirányú eloszlás egyenletességének mérése

Szántóföldi sík szórókeretű gépek munkaminőségének leginkább meghatározó tényezője a keresztirányú szóráskép. Ezt a vizsgálatot Hardi Spray Scanner típusú mobil mérőberendezés segítségével végezzük (18.a. és b. ábra). A sínpályán mozgó, 8 db egyenként 100 mm széles mérővályút és kalibrált mérőhengereket tartalmazó mérőasztalt számítógép vezérli.

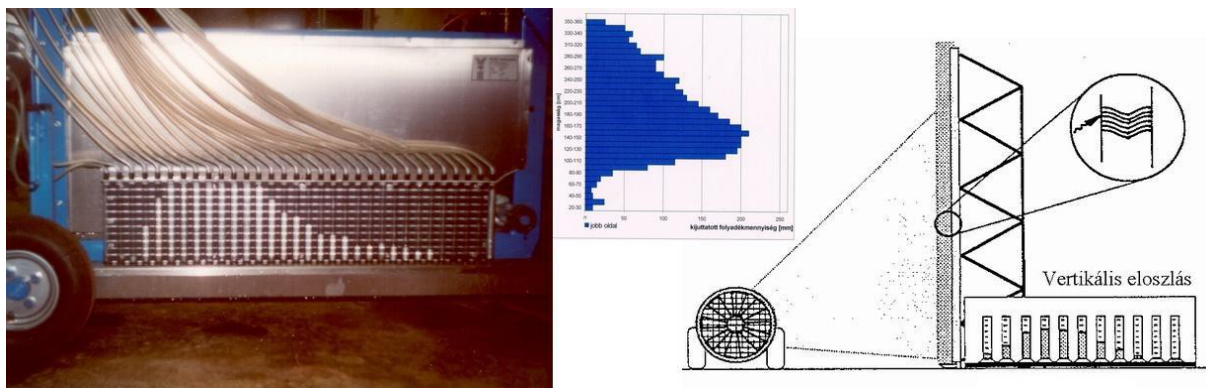


18. ábra: a) Hardi Spray Scanner, és b) mérésadatainak szoftveres kiértékelése (LÖNHÁRD – LÁSZLÓ, 2004)

Az elektronikus rész irányító-kijelző egységből, valamint egy, a mérési eredmények rögzítésére és tárolására szolgáló memóriaegységből áll. A vizsgálandó gép munkaszélességét beállíthatjuk, így bármilyen széles szórókeret esetén alkalmazhatjuk. A mért adatok számítógépes program segítségével kiértékelhetők (pontos értéket kapunk a keresztirányú szórás-egyenletlenségére CV%-ban), így pontos és a vizuális felvételezés szubjektív hibáit kizáró eredményt kapunk.

3.1.5. Vertikális irányú eloszlás mérése

A szántóföldi permetezők keresztirányú permeteloszlásának megítéléséhez alkalmazott vályús mérőpad nagyon jól bevált a sokéves gyakorlat során, de egészen más a helyzet a gyümölcs- és bizonyos értelemben a szőlőültetvényekben alkalmazott szállítólevegős, légorlasztásos permetezőknél. Itt egy kétfázisú áramlást kell egy „félíg áteresztő” tér viszonyaira szabályozni úgy, hogy a célfelületek távolsága, mérete, alakja, helyzete térben és időben változik. Az általunk alkalmazott Pessl OWMech 350 típusú 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 mérőhengersorba vezetjük, ahol vizuálisan leolvasható az eloszlás (19.a. és b. ábra). A teszteket a permetezőgép álló helyzetében kell elvégezni. A mérőpad magassága 3,5 m, szélessége 2 m. Az ültetvénypermetező gép középtengelye és a mérőpad közötti távolság a sorköz fele.



19. ábra: a) vertikális szóráskép vizsgáló pad (saját fénykép) és b) elvi vázlata, mérésadatainak kiértékelése (saját szerkesztés GÖHLICH - KÜMMEL, 1993 alapján)

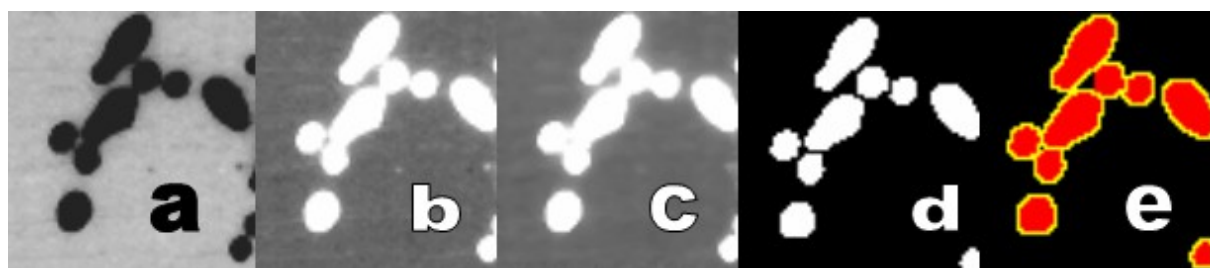
3.2. Hatóanyag lerakódás laboratóriumi vizsgálati módszerei

3.2.1. Mikroeloszlás vizsgálata képelemző módszerrel

Üzemi mérésnél a permetlevet mesterséges célfelületen, vagy valóságos levélmintákon fogjuk fel, a minták kiértékelését képelemző, vagy fotometriás, illetve fluorimetriás módszerrel végezzük el.

Az állománypermetezés eloszlási jellemzőinek mérésénél vízerzékeny papírt használtunk. A cseppjellemzők meghatározása számítógépes képelemző rendszerrel történt, mely a következő modulokból épül fel:

- adatbevitel: laboratóriumi mérések egyedi cseppstruktúra vizsgálatánál, SONY CCD monocrom videokamera modul és Computar TEC-M55 F2,8 objektívvel, az üzemi szintű sorozat mérések fedettség, cseppszám és hatóanyag eloszlás vizsgálatánál 600dpi fizikai felbontású HP ScanJet 6100C lapscanner,
- kommunikáció a kamera és a program között: Fidelity 200-as grabberkártya,
- képelemzés: GLOBAL LAB Image képelemző szoftver,
- kiértékelés: az egyedi vizsgálati feladatokhoz illesztett Windows Excel programok.



20. ábra: (a) színes-szürke átalakítás, (b) inverz kép (itt a jobb vizuális követhetőség érdekében), (c) zajcsökkentés (open), (d) detektálás és az érintkező részecskék szétválasztása (watershed), (e) transzformáció.

(SÁNDOR et al., 2008)

A képelemzés folyamatának (20. ábra) első lépése a vízérzékeny papírokon felfogott permetcseppek képének érzékelése. Az optikai nagyítás utáni kameraképet a grabber kártyán keresztül a képelemző programban rögzítettük. Mivel a kamera véges számú (640x480) képpont érzékelésére képes, a mérés pontosságának érdekében a nagyítás mértékét a cseppméretekhez igazítottuk. A fedettség vizsgálatára a 600 dpi felbontású lapszkennerral rögzített képek jobban megfelelnek a kívánt méréspontosságnak, továbbá ez a képrögzítési módszer jelentősen lerövidíti az adatbevitel folyamatát is. A feldolgozás 256 szürke árnyalatú (8 bit-es) képeken történt, ahol az egyes színsáv kombinációkhoz egy-egy szürkességi értéket rendeltünk. Az így kapott átalakításokkal a vízérzékeny papírok jellegzetes sárga színű háttére jól elkülöníthető a permetcseppek sötétebb, kékes árnyalatú foltjaitól. Szegmentálás és detektálás után a képeket előkészítettük a mérésre. Kalibrálás után a képek transzformációjával kapott adatok kiértékelését a vizsgálati feladatokhoz készített Excel programokkal végeztük el. A felfogott, és terület cseppek összesített felületéből visszszámoltuk a permetlé-borítottság mértékét.

3.2.2. A hatóanyag-lerakódás vizsgálata fluorimetriás módszerrel

Az egységnyi célfelületre kerülő vegyszer (jelzőanyag) mennyiségének nagyon pontos meghatározásához fluorimetriás módszert alkalmaztunk. Az általunk használt jelzőanyagok (dimetil-szulfoflavin, brillant-szulfoflavin, Pyranin 120) olyan célirányosan választott mesterséges vegyületek, amelyek természetes előfordulása nem ismert, meghatározott hullámhosszúságú ultraibolya sugárzással gerjeszhető, és az általa így felvett energiát egy hosszabb hullámhosszú fény formájában emittálja. A permetezőgép tartályába ismert koncentrációban kevertük be a jelzőanyagot, a vizsgálatok megkezdése előtt ebből az alapoldatból mintát vettünk, és később ezt használtuk fel összehasonlító sztenderdként. Az alapoldatot logaritmikus léptékben hígítva úgynevezett hígítási sort készítettünk (2. táblázat), amelyek tagjai szintén összehasonlító sztenderdek lettek. Az alapoldat koncentrációjának megállapítása a célfelületre lerakódó jelzőanyag várható mennyiségétől függött.

Oldat száma	Oldat készítése	Hígítás foka	Koncentráció $\mu\text{g}/100\text{ ml}$
1.	10 ml alapoldat + 90 ml desztillált.víz	10	10^4
2.	10 ml 1.számú oldat + 90 ml desztillált víz	10^2	10^3
3.	10 ml 2.számú oldat + 90 ml desztillált víz	10^3	10^2
4.	10 ml 3.számú oldat + 90 ml desztillált víz	10^4	10
5.	10 ml 4.számú oldat + 90 ml desztillált víz	10^5	1
6.	10 ml 5.számú oldat + 90 ml desztillált víz	10^6	0,1

2. táblázat: a hígítási sor jellemzői a szántóföldi elsodródás-mérésnél használt jelzőanyagnál, ha a permetezőgép tartályában 0,1%-os koncentrációjú az alapoldat

A műszeres mérést GK Turner típusú, svájci gyártmányú fluoriméterrel végeztük. Alapvető elemei a fényforrás, a monokromátor, több tetszőlegesen választható, eltérő fényáteresztő-képességű fényrekesz, a mintatartó küvetta, a fényérzékelő, az erősítő és a 100 osztással rendelkező forgó összehasonlító skála. A készülék null-pontját a minták leoldásakor használt desztillált víz segítségével minden mérés előtt, illetve minden méréstartomány-váltás előtt beállítottuk. A megfelelő fényrekesz kiválasztásával a gerjesztő fény erősségét a vizsgálandó minta koncentrációjához állítottuk úgy, hogy a műszer kitérése a 0-100 skálaosztáson belül maradjon. Ennél a lépésnél törekedtünk arra, hogy ha egy minta több méréstartományban is értékelhető volt, a legmagasabb skálaosztás-értékűt válasszuk a

leolvasási hiba minimalizálása miatt. A fluoreszcenciás emittált fény intenzitása kis koncentrációk esetében lineárisan változik a koncentráció függvényében, ezért a sztenderddel való összehasonlítás után egyszerű aránypárral számítható a minta térfogatában mutatkozó jelzőanyag koncentrációja. Ez utóbbi és az oldattérfogat ismeretében adott az oldott anyag mennyisége, amelyet a minta felületére vonatkoztatva a borítottságot számítani lehet.

Megjegyzendő, hogy Pergher összehasonlító-vizsgálatokat végzett különböző fluoreszcens jelzőanyagokkal, ahol a napfény degradáló-hatását mérte fel. Az általa felállított rangsorokban a brillant-szulfoflavin nagyon jól szerepelt (PERGHER, 2001).

3.3. Hatóanyag lerakódás üzemi mérése állománypermetezésnél, különböző kijuttatási technikák alkalmazásával

3.3.1. Lerakódási viszonyok mérése szántóföldön

A környezetkímélő növényvédelmi eljárások fejlesztését támogató OTKA 34375 és az FVM 43569 sz. kutatási programok (témafelelős mindkét programnál dr. László Alfréd LÁSZLÓ, 2005; LÁSZLÓ, 2006) kereteiben búza állománypermetezésénél olyan kijuttatástechnikai eljárásokat vizsgálták ki célul, ahol a kalász, a levélzet, a szár teljes felülete, minden oldala elégséges borítást kapjon, az állomány minden szintjére elegendő mennyiségű permetlé jusson, és emellett csökkenjenek az elsodródási veszteségek. Ebbe a programba egy mérésorozattal kapcsolódtam be, melyekre 2004. június 9-10-én került sor Balatonszentgyörgy-Battyánpusztán, a Dél-Balaton Mg. Tsz. területén. Három különböző kijuttatás-technikával dolgozó növényvédőgép munkaminőségét vizsgáltuk, elsőként egy hagyományos réses fúvókákkal (TeeJet XR 11004 VK) felszerelt szántóföldi síkszóró kerettel rendelkező permetezőgépét (Novor 1005), majd ugyanezt a gépet injektoros fúvókákkal (TeeJet AI 11004) felszerelve és végül hagyományos fúvókákkal (Hardi 11004) felszerelt légszákos permetezőgépét (Hardi Twin Air).

A vizsgálatokhoz két gépcsoportot állítottunk össze, melyek a következők voltak:

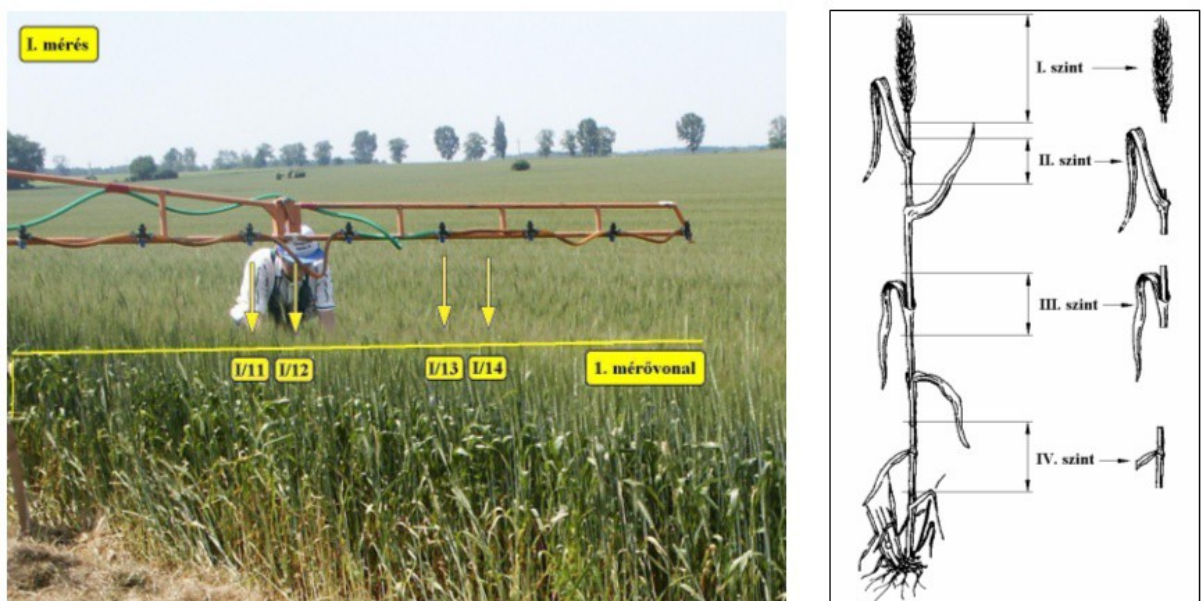
- 1) John Deere 6610 + Hardi TwinAir
- 2) Zetor 5211 + Novor 1005

A vizsgálati peremfeltételek a következők voltak:

- névleges kijuttatási dózis: 150, illetve 250 dm³/ha,
- permetezési nyomás 2, illetve 4,5 bar
- azonos fűvókaméreték,
- szélesség: <1 m/s.

A gépcsoportok pontos haladási sebességének meghatározását 100 m-es távolság megtételéhez szükséges idő mérésével végeztük két ismétlésben, a kimért utat oda- és visszafelé is megtéve, teli permetlé-tartállyal és üzemelő szivattyúval. Megjegyzendő, hogy a Hardi TwinAir elektronikus permetezés-vezérlése nem tette lehetővé a tervezett 8,5 km/h-s munkasebességet a kívánt dózisoknál, ezért 10,2 km/h-s menetsebességgel végeztük el a méréseket.

A vizsgálatok alatt a mérőterületen a BBA ajánlása szerinti 2 m magasságban (GANZELMEIER et al., 1992) folyamatosan regisztráltuk a következő időjárási adatokat: szélirány, szélesség, léghőmérséklet, levegő páratartalma, felhőzet.



21. ábra: A mérővonalak és mintavételi pontok kijelölése az állományban, a mintavételi szintek a természetes növénymintáknál. (LÖNHÁRD – LÁSZLÓ, 2005)

Célunk a penetráció és recovery mértékének, illetve az állomány különböző szintjein lerakódott vegyszermennyiségek meghatározása volt. A vizsgálati peremfeltételeket úgy

választottuk meg, hogy a fent említett értéket lehetőleg minél kevesebb függő tényező befolyásolja. A haladási irányra merőlegesen, egymástól 2 méterre 2 mérővonalat jelöltünk ki minden egyes permetezési feladathoz. Az így kialakított mérési területek között 30 m távolságot hagytunk az esetleges elsodródási jelenség hatásának elkerülésére. Az egyes mérővonalakon a mintavételi pontokat úgy határoztuk meg, hogy közvetlenül az elhaladó gép szórófejei alatt, illetve a szórófej-közben legyenek, egymástól 25 cm-re. Az állomány mintanövényein 4 különböző szintet határoztam meg, a talajszint felett 25, 50, 75, illetve 100 cm-es magasságban (21. ábra). A permetezési művelet után az előre kijelölt pontokról levél-mintákat vettem. A mérési pontokon 26×76 mm méretű vízérzékeny papírt is elhelyeztem gyűrűszerűen a szár köré hajtva, cél a cseppszám-, és a fedettség értékeinek megállapítása volt.

A növényállományra nem lerakódó vegyszermennyiség jellemzésére minden mérővonalon mesterséges felfogó felületeket (petricsészéket) helyeztünk a talajra. A méréseket két ismétlésben végeztük el. Jelzőanyagként 0,2%-os brillant-szulfoflavin oldatot (BSF) alkalmaztunk, a felfogott anyag mennyiségét mindkét felfogó felületnél laboratóriumban, fluorimetriás mérési módszerrel (3.2.2. fejezet) határoztuk meg.

A permetlé-hasznosulás arányának (recovery) meghatározásához szükségünk volt a levélfelület-index (LAI) kiszámítására. Búza, illetve kukorica állományban használható az egyes levelek felületének meghatározására a Montgomery-féle képlet (BERZSENYI, 2000):

$$A = 0,75 \cdot a \cdot b \quad (27)$$

ahol:

a: a levél hosszúsága [cm],

b: a levél legnagyobb szélessége [cm],

A LAI értékének megismeréséhez szükséges a mintanövényeken található összes levél (*z*) felületének kiszámítása a fenti képlet szerint, a folyóméterenkénti tőszám átlagos értéke (*n*), valamint a sortávolság (*t*).

$$LAI = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot z \cdot 10000}{t} \quad (28)$$

3.3.2. Lerakódási viszonyok mérése gyümölcs ültetvényben

A környezetkímélő növényvédelmi eljárások fejlesztését támogató OTKA 34375 kutatási program (LÁSZLÓ, 2005) egyik részfeladata volt új minőség-ellenőrzési eljárás kidolgozása állománypermetezőknél, valamint a diagnosztikai vizsgálati módszerek fejlesztése. Az OWMech-350 típusú vertikális eloszlásmérő berendezés alkalmazásával tehát célul tűztük ki egy új minősítő eljárás technikai ajánlásainak kidolgozását. Első lépésben különböző permetezőgép konstrukciók gépvizsgálati tesztfeladatait végeztük el, változó üzemeltetési jellemzők mellett. A vertikális eloszlásvizsgáló pad (19.a. ábra, 3.1.5. fejezet) segítségével a sortávhoz, a kijuttatási dózishoz illeszkedő, valamint a lombzat formájához leginkább alkalmasnak vélt szórásképet beállítottuk valamennyi vizsgált permetezőgépnél.

Az üzemi vizsgálatok a jelenlegi Pannon Egyetem Kertészeti Tanszékének kezelésében lévő alma ültetvényben zajlottak. Az állomány jellemzői: 4 m sortávolság, 2 m tőtáv, fák átlagos magassága 3,5 m, a lombzat sorirányban zárt, a sorokra merőleges irányú kiterjedése legfeljebb 2 m, a levélfelület-index értéke (LAI) 5,16. A mérések időtartama 2001. szeptember 3-4. illetve 9-11. volt, ebben az időszakban az állomány teljesen fejlett lombzattal rendelkezett. A fent említett három különböző szórószerkezettel ellátott permetezőgép munkaminőségi paramétereit kívántuk összehasonlítani: egy hagyományosnak mondható axiál-ventilátoros szállítólevegős- (Kertitox NA10/4), egy irányított légsugarú- (Hardi Mini Variant 400), és egy elektrosztatikus feltöltésű légporsztású (Martignani KWH B612 STD) gépét.

A vizsgálatokhoz ezért három gépcsoportot állítottunk össze:

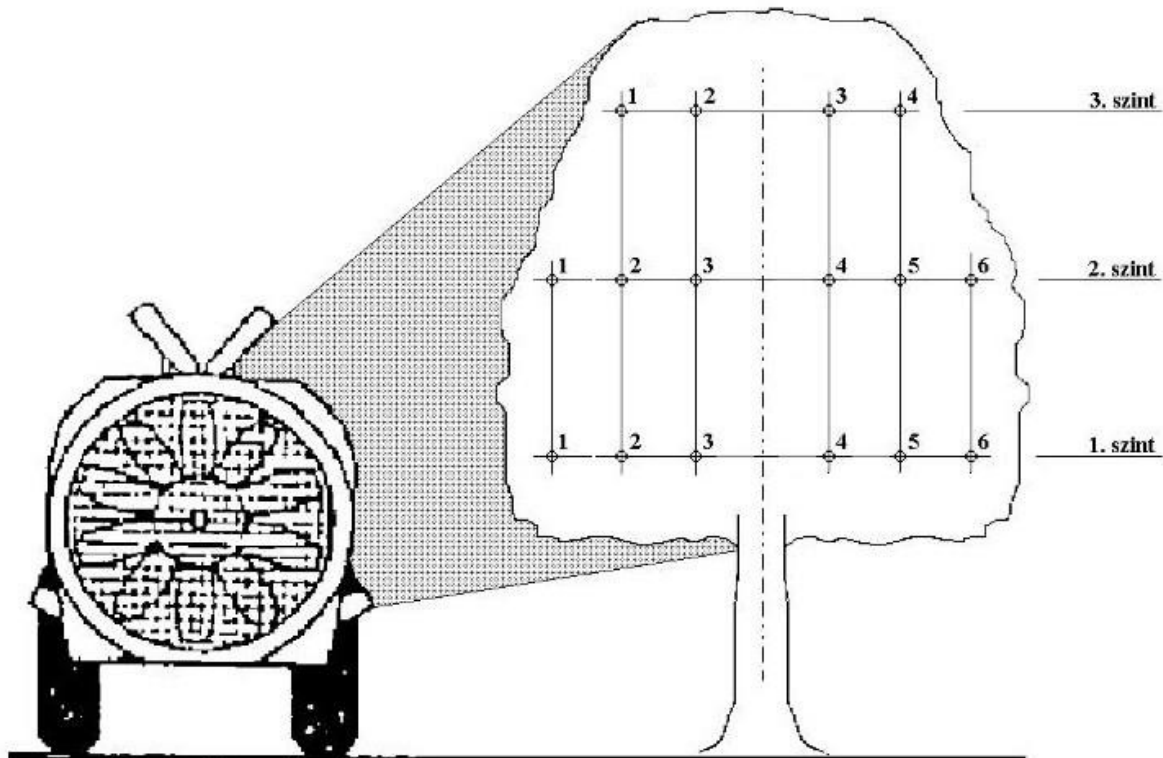
- 1) MTZ-82 + Kertitox NA10/4
- 2) Valmet 6000 + Martignanti KWH B612 STD
- 3) Zetor 5211 + Hardi Mini Variant 400

A vizsgálati peremfeltételek a következők voltak:

- haladási sebesség: 6 km/h,
- névleges kijuttatási dózis: 490 dm³/ha,
- szélesebbesség 2 m/s alatt.

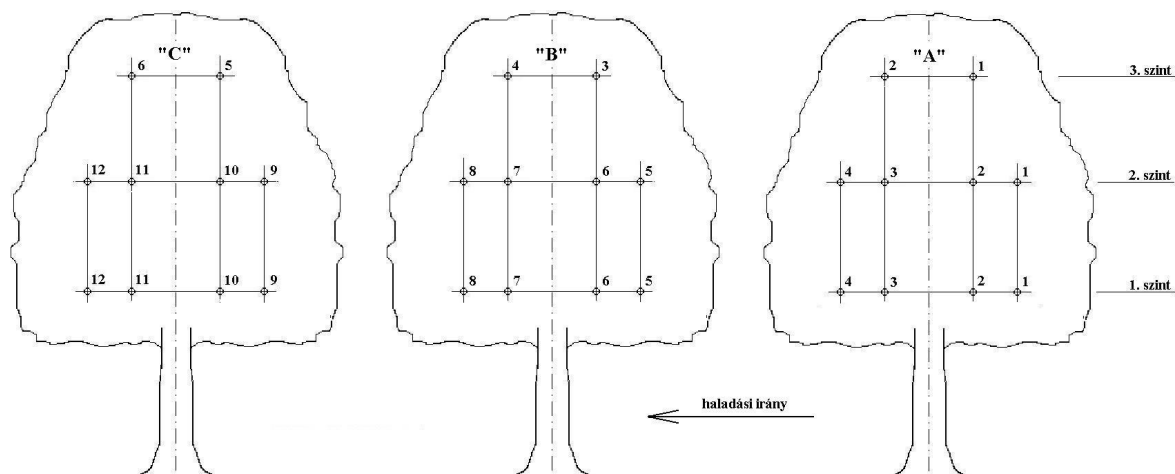
Az üzemi vizsgálatok elvégzéséhez 3, a sorban egymás után következő kijelölt fára („A”, „B”, „C”) két mérővonal-hálózatot telepítettünk. Az egyiket a haladási irányra

merőlegesen, 3 szinten, a talajtól számítva 100 cm, 220 cm és 340 cm-es magasságban jelöltük ki. A felső szintről a lombzat belseje felé haladva 4, a középső és az alsó szintről 6 db levélmintát vettünk levéllyukasztó segítségével (22. ábra). Az eltérő mintaszámokat a lombkorona alakja határozta meg. Egy mérési pontról származó minta felülete (szín- és fonákoldal együtt) 18,85 cm² volt. Az egyes szinteken kijelölt mérési pozíciók egymástól átlagosan 25 cm távolságra voltak. Ennek a haladási irányra merőleges mérőhálózatnak a segítségével a penetrációs jellemzők megállapítását terveztük.



22. ábra: A haladási irányra merőleges mintavételi pontok elrendezése a kijelölt fákon (saját szerkesztésű ábra)

A másik mérővonal-hálózatot a haladási irányal párhuzamosan, a sor geometriai középvonalán alakítottuk ki, ugyanazon a 3 magassági szinten, mint a merőleges mérőhálózatot. A felső szinten 2, a középső és alsó szinten 4 levélmintát vettünk (23. ábra). A kevesebb mintavételezési pont kijelölését a lombkorona alakja indokolja. A mintavételi pontok a fa függőleges középvonalától sorirányban átlagosan 25 cm, illetve 50 cm-es távolságban voltak. A haladási irányal párhuzamos mérőhálót azért telepítettük, mert kíváncsiak voltunk a vegyszer-lerakódás szórás egyenetlenségére, illetve a haladási irányra merőleges mérőhálózat nem tartalmazott a sor geometriai középvonalán mérési pontot.



23. ábra: A haladási iránnyal párhuzamos mintavételi pontok elrendezése a kijelölt fákon (saját szerkesztésű ábra)

Mindkét háló minden egyes mérési pontján három hasonló levelet jelöltünk ki, amelyek közül kettőt vékony fóliába csomagoltunk úgy, hogy arra a szállítólevegő légárama se tudjon vegyszert juttatni. Ennek a módszernek a segítségével mindhárom vizsgált gép esetében ugyanazokon a fákon, és ugyanabban a pozícióban tudtuk elvégezni a lerakódási vizsgálatokat, csökkentve ezzel a műveletenként eltérő mintanövények és mintavételi helyek okozta pontatlanságot. A kijelölt fáknak csak az egyik oldalát permetezzük le, a méréseket két ismétlésben végeztük el. Jelzőanyagként 0,1%-os brillant-szulfoflavin oldatot (BSF) alkalmaztunk, a felfogott anyag mennyiségét laboratóriumban fluorimetriás mérési módszerrel (3.2.2. fejezet) határoztuk meg. A permetezési műveletek alatt a mérőterületen 4 m magasságban (GANZELMEIER et al., 1992) folyamatosan regisztráltuk a következő időjárási adatokat: szélirány, szélsébség, léghőmérséklet, levegő páratartalma, felhőzet.

3.4. Növényállomány fejlettségi állapotának hatása a lerakódási viszonyokra

A növényállomány fejlettségi állapota és a permetezés hatékonysága közötti összefüggésre az utóbbi évtized áttekintett szakirodalmában viszonylag kevés tudományos mű szerepelt (2.2.5. fejezet). Az ültetvény-permetezésnél az üzemeltetési jellemzők helyes megválasztása, valamint az állomány geometriájához való alkalmazkodás sokkal nehezebb

feladat, mint szántóföldi környezetben, a fontosabb geometriai jellemzőket nagyban befolyásolja az ültetvény fejlődési állapota. A problémafelvetésnél fontos indok volt, hogy a hazai gyakorlatban a gazdák többsége hagyományos szállítólevegős géppel végzi a szőlőállományok növényvédelmét, nincsenek abban az anyagi helyzetben, hogy környezetkímélő, de drága konstrukciókat vásároljanak. Fontos feltételnek tartottuk azt is, hogy a vizsgálati feladatot „élesben”, a védekezéssel együtt végezzük el, minél jobban megközelítve ezzel a gyakorlati életben adódó körülményeket.

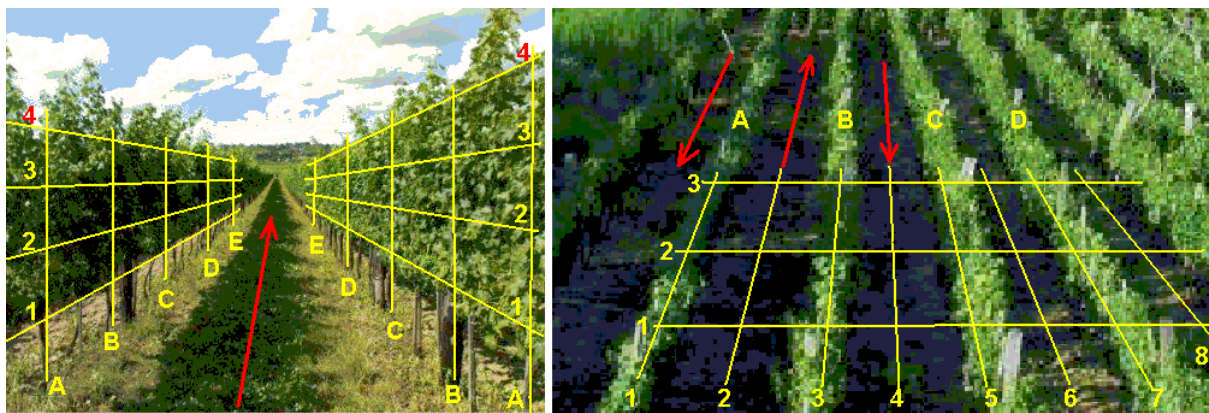
A mérések helyszínéként Monostorapátiban egy szélvédett, észak-déli tájolású Chardonnay-ültetvényt választottunk, amely mellett észak és kelet felől erdősáv húzódott. A vizsgálatok 2009. április 29-től augusztus 15-ig folytak. Az állomány jellemzői: 3,5 m sortáv, 1,2 m tőtáv, művelési módja „egyes függöny”. Az állomány teljesen fejlett lombzat esetén a talajtól mérve 240-250 cm magas, a legalacsonyabban levő levelek a talajtól 50-60 cm-re voltak, a lombfal szélessége 50-70 cm volt.

A vizsgálati peremfeltételek a következők voltak:

- haladási sebesség: 7 km/h,
- névleges kijuttatási dózis: 300, illetve 500 dm³/ha (fejlődési állapottól függően),
- permetezési nyomás 20 bar,
- egy fúvóka-készlet (ALBUZ ATR 80, narancs),
- egy meghatározott szállítólevegő-áram,
- szélesebbesség: <2 m/s,
- szélirány eltérése a sorok irányától legfeljebb 30°.

A két különböző szórásnorma megválasztása a gyakorlatban elfogadott szempontok szerint történt. A lerakódás mértékének megállapításához két vizsgált sorban öt kijelölt tőkékről („A” - „E”) levéllyukasztóval vettünk mintákat négy különböző szintről: a talajtól számított 60, 100, 140 és 180 cm-es magasságból (24.a. ábra). Az egy mérési pozícióról származó levélminták felülete 18,85 cm². A vizsgált sorokból minden egyes kezelés előtt további levélmintákat is vettünk, hogy az előző mérésekből származó szermaradvány mennyiségét megállapíthassuk. A szín- és fonákoldali fedettség meghatározásához szintenként kijelölt leveleken vízerzékeny papírt helyeztünk el, melyeket később a számítógépes képelemző módszerrel (3.2.1. fejezet) értékeltünk.

A kezelt területről való elsodródás mérésére a terület szélén további két sorból, soronként öt tőkéről vettünk növénymintákat a fent említett mintavételezési elrendezés szerint. A talajon lerakódott mennyiség vizsgálata 3 db, egymástól 5 m távolságra elhelyezett, sorokra merőleges mérővonalon történt. A mérővonalakra egyenként 8 db műanyag petricsésze került a vizsgált sorokba és sorközökbe (24.b. ábra), felfogó felületük egyenként 224,88 cm². Az elsodródási terület méretének meghatározásakor a Fox és munkatársai által megállapított méréseredményt vettük alapul, miszerint a teljes kipermetezett mennyiség legalább 75%-a a kezelt területen, és a kezelt terület mellett, a szélső sortól mért 6 m-en belül van (FOX et al., 1990).



24. ábra: A mintavételi helyek elrendezése a sorokon (a), és a talajon (b) (LÖNHÁRD et al., 2013)

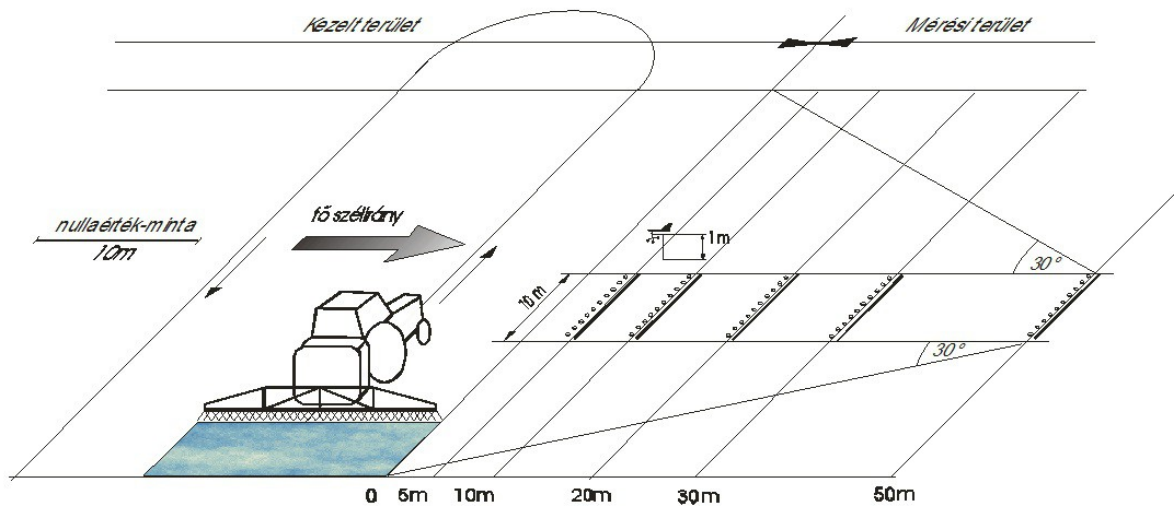
Jelzőanyagként az első három mérésnél 0,01%-os, a további méréseknél 0,0033%-os töménységű Pyranin oldatot alkalmaztunk. A jelzőanyag koncentrációját a három későbbi időpontban végzett permetezés megemelt kijuttatási dózisa miatt csökkentettük a harmadára. A felfogott anyag mennyiségét a levélmintákon és a mesterséges felfogó felületeken laboratóriumban fluorimetriás módszer (3.2.2 fejezet) segítségével határoztuk meg.

A levélfelület index (LAI), és a permetlé hasznosulási arányának (recovery) megállapításához minden mérés előtt sértetlen, átlagos méretűnek mondható leveleket gyűjtöttünk. Ezeket lepréseltük, majd a felületük pontos meghatározását képelemzéses módszerrel végeztük el.

A vizsgálatok alatt a mérőterületen 3 m magasságban (GANZELMEIER et al., 1992) folyamatosan regisztráltuk a következő időjárási adatokat: szélirány, szélesebesség, léghőmérséklet, levegő páratartalma, felhőzet.

3.5. A menetsebesség elsodródásra gyakorolt hatásának vizsgálata

A tanszék több kutatási program keretében (TÉT, OTKA T 34375) 1997 és 2003 között végezte a szórófejek elsodródási jellemzőinek vizsgálatait (LÁSZLÓ, 2005; LÁSZLÓ, 2006). Előzményként több tanulmány is foglalkozott az 1980-as évektől üzemi permet-elsodródási vizsgálatokkal, összehasonlító jelleggel, különböző működési feltételek és mintavevők alkalmazása mellett (GANZELMEIER, 1986; RUDOLPH 1990). A német BBA partnerintézmény a szántóföldi kísérletek adatbázisa alapján úgynevezett bázis elsodródási értéket határozott meg (11003 méretű szórófejre, 3 bar fűvóka-nyomásnál, 6 km/h haladási sebesség esetén) egy egységes viszonyítási alap biztosítása érdekében. Én egy vizsgálat-sorozatban, 2003. április 14-18-ig kapcsolódtam be fent említett programokba, ahol az elvégzett szántóföldi kísérletek céljai a menetsebesség, és részben a szórófej-méret bázisértékhez viszonyított hatásvizsgálatai, illetve két mérési módszer összehasonlítása voltak. Az üzemi szabadföldi méréseknél a vizsgálati terület méretét úgy választottuk meg, hogy szélirány-változásoknál a direkt elsodródás egy megengedhető határon belül még a mérőfelületre érkezzen. Az elsodródó cseppek felfogásához két különböző mesterséges felfogó felületet használtunk. A mérővonalakra szűrőpapírt rögzítettünk, a mérési pontosság ellenőrzése céljából a szűrőpapírokon laboratóriumi hitelesítő méréseket is végeztünk. A kezelt terület szélétől 5, 10, 20, 30 és 50 m-re párhuzamosan helyeztük el a folyamatos mérővonalakat. Ezen az 5 mérővonalon petricsészéket (5×10 db) is elhelyeztünk (25. ábra). Jelzőanyagként 0,2%-os brillant-szulfloflavin oldatot (BSF) alkalmaztunk. A 10 m-es szűrőpapír csíkokat a vizsgálati helyszínen feltekercseltük, majd laboratóriumban 1 m-es szakaszait mérőedényekbe daraboltuk. A papírcsíkokból így mérésenként 50 minta készült. A papírcsíkok mozgatásához vékony, laboratóriumi fémcsipeszt használtunk. Az előkészítés után a mintákat tartalmazó mérőedényekbe 100 ml desztillált vizet töltöttünk, a leoldás idejére 24 órát határoztunk meg. A szűrőpapír darabokat tartalmazó mérőedényeknél az oldódást rázással segítettük elő. A felfogott anyag mennyiségét mindkét felfogó felületnél laboratóriumban fluorimetriás mérési módszerrel (3.2.2. fejezet) határoztuk meg.



25. ábra: a szántóföldi elsodródás mérőterületének vázlata (saját szerkesztésű ábra LÁSZLÓ et al., 2004 alapján).

A vizsgálati peremfeltételek a következők voltak:

- haladási sebesség: 4, 6, 8, 12 km/h,
- permetezési nyomás 3 bar,
- két fúvóka-készlet (TeeJet XR 11002 VK, és XR 11004 VK),
- haladási irányra merőleges szél középsebessége: 2 - 4 m/s,
- szélirány eltérése a haladási irányra merőlegestől legfeljebb 30°.

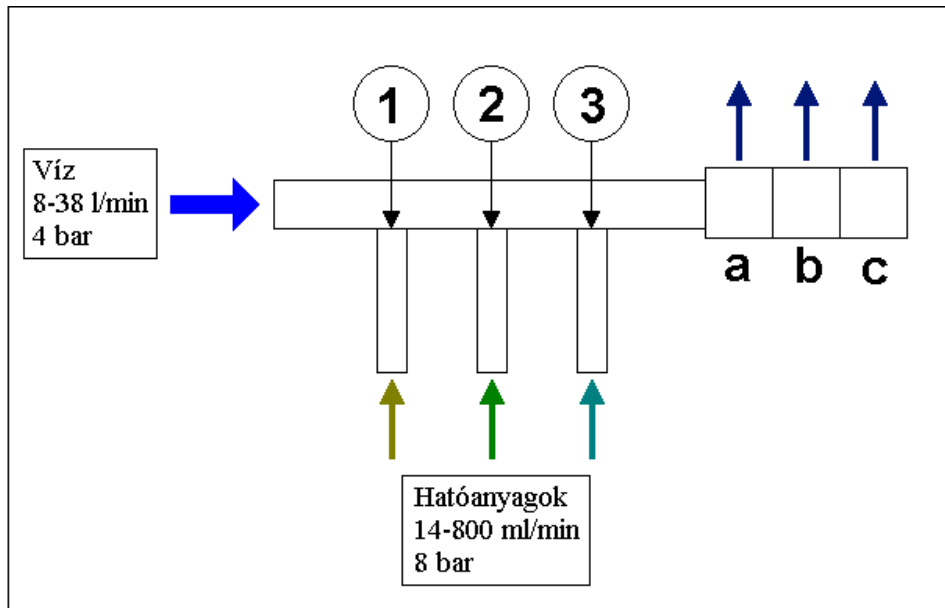
A választott haladási sebességeket 100 m úthossz megtételéhez szükséges idő mérésével 0,1 km/h pontossággal határoztuk meg. A mérésekhez használt erőgép típusa Zetor 5911, a munkagép Novor 1005 típusú, 12 m munkaszélességű permetezőgép volt. A kijelölt mérési területen kétszer, ugyanabban az irányban haladtunk végig a permetezőgéppel, a felfogott jelzőanyag mennyiségének (egyben a mérési pontosság) növelése érdekében.

A vizsgálatok alatt a mérőterületen 1 m magasságban (GANZELMEIER et al., 1992) folyamatosan regisztráltuk a következő időjárási adatokat: szélirány, szélesebesség, léghőmérséklet, levegő páratartalma, felhőzet. A mérőhálózat tájolását, kiépítését a fő széliránynak megfelelően végeztük, minden egyes mérés megkezdése előtt ellenőriztük a szélirányt, és ha kellett arra merőlegesen áttelepítettük.

3.6. Azonos idejű precíziós kijuttató rendszer vizsgálata

A G&G Kft. egy Környezetvédelmi Műszaki Fejlesztési Pályázatot készített el, illetve nyújtott be 2000. augusztusában az Oktatási Minisztérium Kutatás-Fejlesztési Helyettes Államtitkársághoz. A pályázat címe: „Fajspecifikus, és felületszelektív számítógép-vezérelt vasúti gyomirtás-technológia fejlesztése”, nyilvántartási száma: KMFP-00093/2000 (LÁSZLÓ, 2002). A G&G Kft. felkérte a VE GMK Agrárműszaki-, és Herbológiai Tanszékeit, hogy a pályázati program célkitűzéseinek megvalósításában vállaljanak közreműködői feladatokat. Ebbe a munkába kapcsolódtam be 2002-ben. A pályázat kereteiben kifejlesztésre került egy ún. azonos idejű (gyomfelismerés kamerával a permetezéssel egy időben) precíziós kijuttató rendszer. A fejlesztés célja egy olyan vasúti permetező szerelvény kiépítése volt, amely biztosítja a csak gyomfoltokra történő lokális, a gyomborítottságtól függő differenciált, és a gyomfelismerésen alapuló szelektív, környezetkímélő kijuttatás lehetőségét. A szegedi G&G Kft. saját fejlesztésű, keverőelemmel egybeépített, motoros szeleppel állítható injektoros adagoló rendszerének segítségével állandó vízáramba befecskendezzük a tömény vegyszert, ami így a megfelelő időben és dózisban a célfelületre kerül. Ennek a módszernek előnye a cseppspektrum - ezáltal az elsodródási viszonyok – állandósága mellett, hogy a permetezési művelet végén csak tiszta víz és tömény vegyszer marad. A vegyszerinjektor megelőző vizsgálati feladatairól egyetemi diplomadolgozat, és különdíjjal jutalmazott országos TDK dolgozat is született (Maróti Miklós okl. agrármérnök, 2001.).

A vasúti gyomirtó permetezőrendszer modell-folyadékkörének kialakításánál a valódi rendszer kicsinyített, és egyszerűsített változatát építettük meg a közvetlen hatóanyag-adagolás elvének megfelelően. A laboratóriumi kísérleti tesztelésére összeállított modell-folyadékkör (26. ábra) a vasúti hidraulikus rendszer azonos elemeit tartalmazza, de csak 3 vegyszerinjektáló ágat a valóságos 4 helyett, és egy keretszakasz víz vívőanyag-vonalat a tervezett 7, illetve 9 helyett. A kész permetlé 3 elektromos szakaszoló szelep („a”, „b”, „c”) után jut az „1”, „2”, vagy „3” szórószerkezet-sor szórófejeihez.



26. ábra: Injektoros adagolóberendezés elvi modellje (LÁSZLÓ, 2002)

A készülékben a vivőanyag (víz) nyomása állandóan 4 bar, attól függetlenül, hogy hány szórószerkezet-ág üzemel. Ebbe injektálja be a szabályzó 8 bar nyomáson a növényvédő szert. A víz térfogatárama 8 – 38 dm³/min („1”- „2”-„3” szórószerkezet-ág van üzemben), míg az egyes növényvédő szereké 14 – 800 cm³/min a kívánt dózisnak és a menetsebességnek megfelelően. A folyadékkörben a szabályzó után fojtással szimuláltuk a szórófejek ellenállását. A három vegyszerkör mindegyikéhez külön folyadékkört (tartály, szivattyú, nyomásszabályzó) építettünk ki. Célunk a vegyszeradagoló injektor munkaminőségének, jóságának vizsgálata volt, amit három méréssorozattal, az adagolási tartomány, az adagolási egyenletesség, valamint a szabályozás időtartama és pontossága meghatározásával kívántunk jellemezni.

A *vegyszeradagoló adagolási tartományát* a motoros szelepek különböző állásainál a motor tengelyének jelölésével tudtuk nyomon követni. A befecskendezési keresztmetszet teljes nyitása és zárása között a motor tengelye 4 fordulatot tesz meg. Jól látható helyen negyedfordulatonként megjelöltük a tengelyt, és egy ponton az injektor-házat. Így a tengely 90°-os elfordulásait nyomon tudtuk követni, és az egyes beállítások mellett az adagolt vegyszermennyiséget időegység alatti térfogatméréssel meg tudtuk határozni.

A *vegyszeradagolási egyenletesség* meghatározásához normál üzemi körülmények között vegyszert injektálunk be a fő vízáramba. A három különböző vegyszert NaNO₂, NH₄Cl, valamint dimetil-szulfoflavin (DMSF) jelzőanyagokkal helyettesítettük, melyek

koncentrációit egymástól függetlenül meg lehet állapítani. A dimetil-szulfoflavin koncentrációjának megállapítását fluorimetriás módszerrel (3.2.2. fejezet), az ammónia és a nitrát koncentrációjának megállapítását fotometriás meghatározással végeztük. Négyféle különböző üzemállapotot szimuláltunk a modell segítségével:

1. DMSF beadagolás a „2” adagolón, kivezetés a „c” szelepen, a víz térfogatárama 8 dm³/min, a beinjektált vegyszer térfogatárama 38,8 cm³/min.
2. DMSF beadagolás a „2” adagolón, kivezetés az „a”, „b”, „c” szelepeken, a víz térfogatárama 3×12 dm³/min, a vegyszer térfogatárama 38,8, és 56,6 cm³/min.
3. mindhárom jelzőanyag beadagolása „1”, „2”, „3” adagolókon, kivezetés „c” szelepen, a víz térfogatárama 8 dm³/min, a vegyszer térfogatárama 56,6 cm³/min, 117 cm³/min, és 304,8 cm³/min.
4. mindhárom jelzőanyag beadagolása az „1”, „2”, „3” adagolókon, kivezetés az „a”, „b”, „c” szelepeken, a víz térfogatáram 3×12 dm³/min, a vegyszer térfogatárama 56,6 cm³/min, 117 cm³/min, és 304,8 cm³/min.

A szabályzási időtartam, és annak jóságának meghatározásához a szelepnnyitás pillanatától kilépő-pontoként 15 mintát vettünk kémcsövekbe, az első 5 mintát másodpercenként, a következő 5 mintát 5 másodpercenként és az utolsó 5 mintát 10 másodpercenként. Az utolsó 10 minta koncentrációinak számtani átlagát tekintettük 100 %-nak, ehhez képest néztük az egyes minták százalékos vegyszer-koncentrációit. Az ISO-5682-3 előírásai szerint egy állandósult üzemi állapot megváltoztatása után 7 másodperccel a kijuttatott mennyiség névleges értékétől maximum 10%-kal térhet el a dózis értéke. Figyelembe véve a speciális körülményeket, mi a követelményszint idejét 5 másodpercre csökkentettük. Ennek oka, hogy azonos idejű kijuttatásnál nagyon rövid a rendelkezésre álló szabályzási idő. Amíg a gyom fölött elhalad a permetezőgép az infrakamerától (azonos idejű kijuttatás) a szórófejekig, meg kell történni az adatfeldolgozásnak, a szabályzásnak, és a dózis érték beállításának. Ennek megfelelően a követelmény, hogy nulla időponttól (beinjektálás kezdete tiszta vízáramba) az ötödik másodpercig a vízáramba injektált vegyszer-mennyiségnek be kell állnia a névleges érték ±10% értékre.

3.7. Statisztikai elemzés

A vizsgálati eredmények statisztikai elemzését a GNU PSPP 0.7.9. (Free Software Foundation) segítségével végeztem el.

A három különböző konstrukcióval végzett permetezési művelet szintenkénti lerakódási értékeinek összehasonlító vizsgálatainál (szántóföldi környezetben és gyümölcs ültetvényben is) Student-féle egymintás t-próbát használtam (LUKÁCS, 1999). A szántóföldi elsodródás-vizsgálatoknál a négy menetsebesség elsodródásra gyakorolt hatását szintén egymintás t-próbával, a két mesterséges felfogó-felület összehasonlítását páros mintás t-próbával ellenőriztem.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. Hatóanyag lerakódás mérése különböző kijuttatási technikák alkalmazásával

4.1.1. Szántóföldi alkalmazástechnikai vizsgálatok

A szabadföldi vizsgálatok megkezdése előtt az alkalmazott permetezőgépeket laboratóriumban a 3.1. fejezetben tárgyalt beállítási és ellenőrzési folyamatoknak vetettük alá. A merev szórókerettel rendelkező Novor 1005 típusú gépnél ellenőriztük a nyomásmérő óra pontosságát, meghatároztuk a nyomásesés értékét a központi nyomásmérő óra és a szórókeret között, valamint ellenőriztük a keresztirányú szórás-egyenletességet.

A permetezési dózis valós értékének megállapításához szükségünk van a gépcsoport pontos haladási sebességére, valamint a permetlé-térfogatáram értékére.

Erőgép típusa	Sebességfokozat	Motor fordulatszám [1/min]	Mért haladási sebesség [km/h]
John Deere 6610	L/3	1600	10,2
Zetor 5211	O/2	2000	8,53

3. táblázat: a vizsgálatokhoz használt erőgépek üzemeltetési paraméterei

Permetezőgép típusa	Szórófejek típusa	Menetsebesség [km/h]	Szórófejek száma, [db]	Üzemi nyomás [bar]	Permetlé-térfogatáram Σq [dm ³ /min]	Számított dózis [dm ³ /ha]
Novor 1005	XR 11004	8,53	24	2	27,6	162
	VK		24	4,5	43,3	254
	AI 11004	8,53	24	2	28,22	165
	VS		24	4,5	43,92	257
Hardi TwinAir	Hardi	10,2	36	2	44,83	147
	11004		36	4,8	74,74	244

4. táblázat: a vizsgálatokhoz használt permetezőgépek üzemeltetési paraméterei

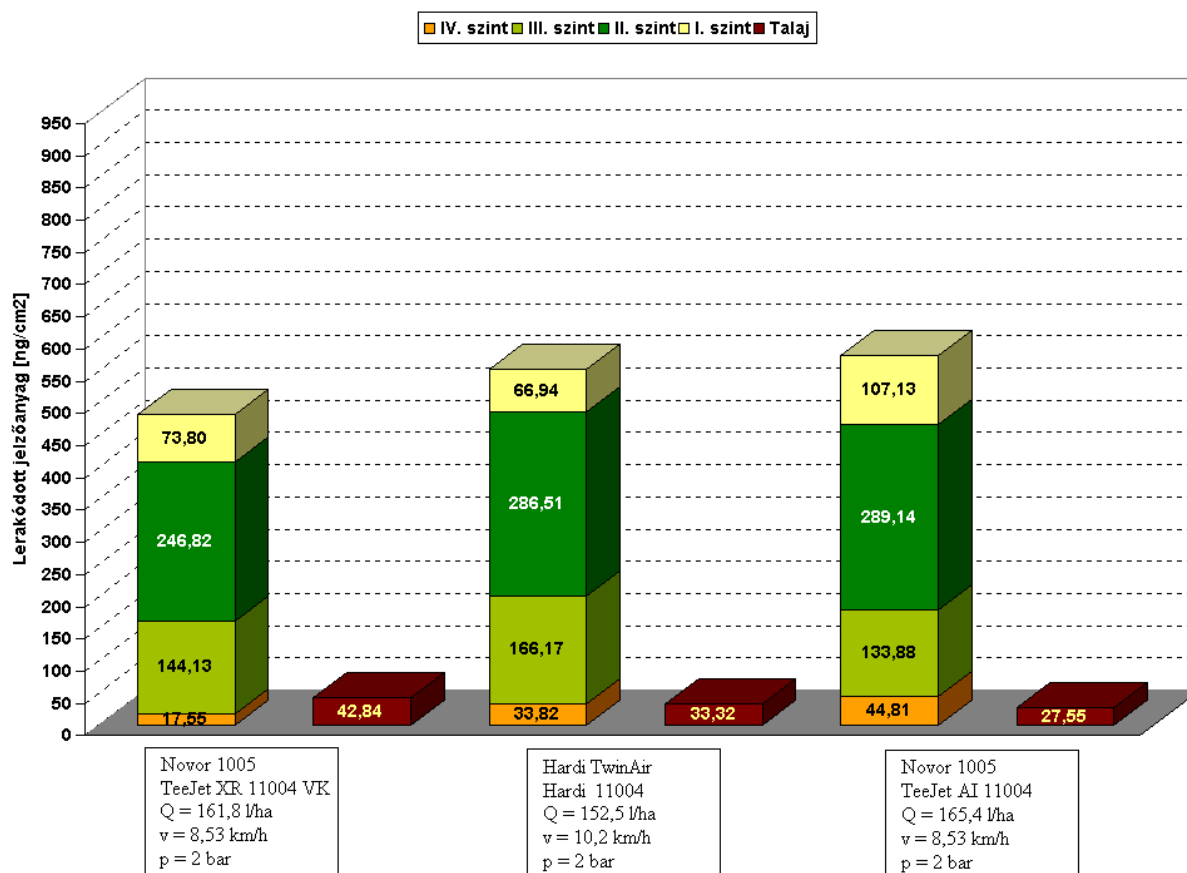
A június 9-i vizsgálatok alatt a hőmérséklet 25-27 °C volt, a levegő relatív páratartalma 53%, a szélesség 0,3-0,9 m/s között ingadozott, iránya a gépcsoport haladási irányával megegyező volt, június 10-én 27 °C, 47%-os relatív páratartalom, 0,4 m/s sebességű, haladási iránnyal megegyező irányú szél volt mérhető.

Tapasztalatunk, hogy a mérési módok közül a vízérzékeny papír használata nem minden esetben megvalósítható. Ennek oka az állomány belsejében uralkodó magas páratartalom. Méréseink során az állomány belsejében, az alsó 3 kijelölt szinten 78-85%-os relatív páratartalmat mértünk, amelyben a felhelyezett vízérzékeny papír kevesebb, mint 15 perc alatt teljesen elszíneződött, kiértékelésre alkalmatlanná vált. Mivel egy mérősor kiépítése, maga a mérés, és a papírok száradási ideje ennél jóval több időt vesz igénybe, ennek a módszernek az alkalmazásáról a továbbiakban lemondunk.

A vizsgálati eredmények igazolják az injektoros fűvókák, illetve a légszásos eljárás munkaminőségi előnyeit a hagyományos réses fűvókák alkalmazásával szemben. Az összehasonlítás alapjául a hagyományos réses fűvókákkal felszerelt, merev szórókeretes Novor 1005 típusú gépet választottuk (100%), és a vele végzett permetezés lerakódási paramétereit arányosítottuk a másik két konstrukció hasonló értékeivel (5. táblázat, 27. ábra). Az alacsonyabb dózis mellett egy kivétellel (a II. szinten, a légszásos gép és az injektoros fűvóka alkalmazásánál) mindenütt szignifikáns differencia volt kimutatható a lerakódott jelzőanyag mennyiségében ($P < 0,05$). A penetráció mértéke a légszásos kijuttatás-technika esetében jobb, a zászlószélelen (II. szint) és a szárközépen (III. szint) 15-16%-kal, a szártőnél (IV. szint) 92,7%-kal nagyobb hatóanyag-lerakódást mértünk, mint a referenciának tekintett gépnél. A kalászra kb. 9,4%-kal kevesebb vegyszer jutott, amire a szállító légáram ad magyarázatot. Az injektoros fűvókák eredményei ettől részben eltérnek, mert a kalászra és a szártőre jóval többet juttat, a hagyományos réses fűvókákhoz viszonyítva 45,2%, ill. 155,5% a többlet, a szárközépre viszont 7,9%-kal kevesebbet. Ez a jelenség az injektoros fűvókákra jellemző nagyobb cseppmérettel magyarázható. Megjegyzendő, hogy az injektoros fűvókák normál üzemmódú nyomása minimálisan 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 talajra jutó hányad esetében csekély különbségek mutatkoztak a 3 gép esetében, legtöbb vegyszer a hagyományos réses fűvókánál jutott a talajra.

Mérési szint	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. Szártó darab	100%	192,7%	255,5%
Talaj	100%	77,8%	64,3%

5. táblázat: A vizsgált kijuttatási technikák munkaminőségének összehasonlítása 150 dm³/ha dózis mellett.



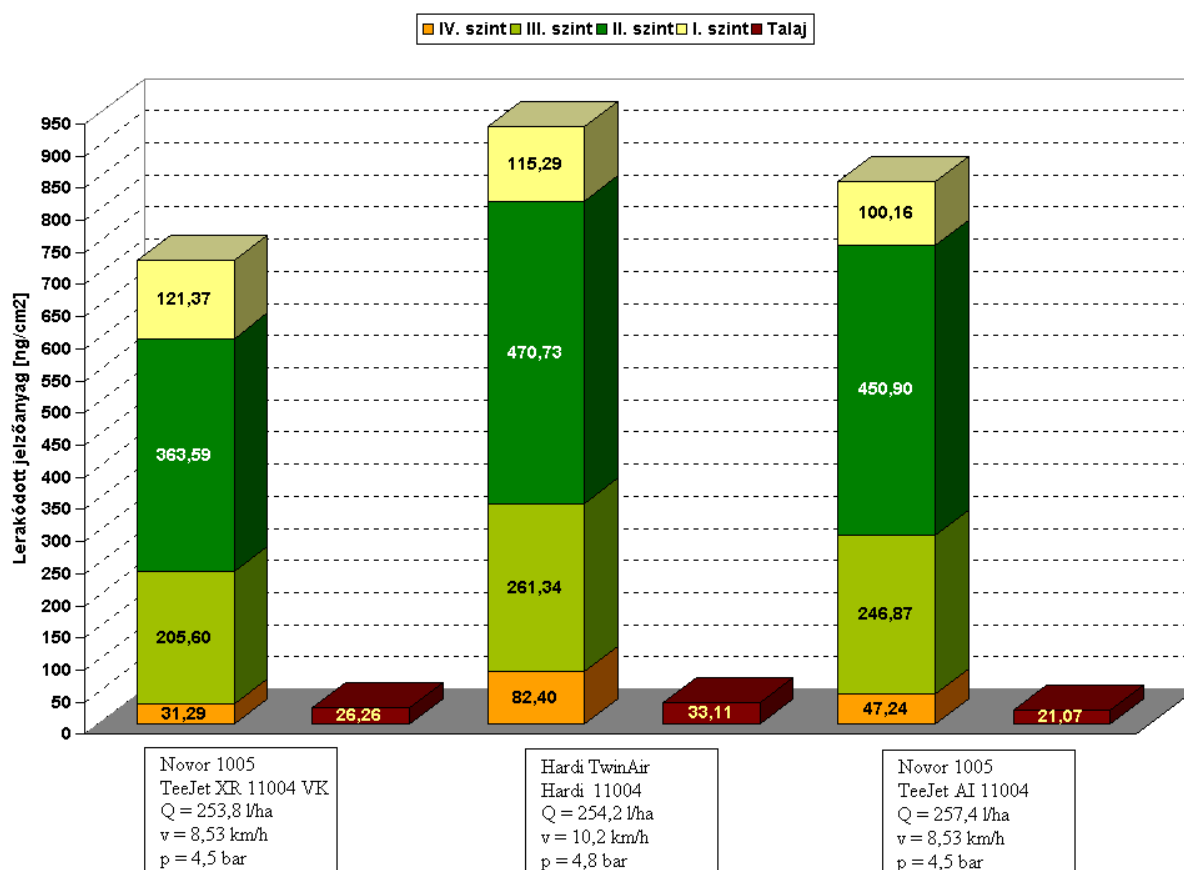
27. ábra: A kijuttatástechnika hatása a hatóanyag lerakódására a növényállomány különböző magasságaiban, az alacsonyabb dózis alkalmazása mellett.

A magasabb szórásnorma esetén minden vizsgált esetben szignifikáns differencia volt a három konstrukcióval végzett permetezési művelet lerakódott jelzőanyag mennyiségében ($P < 0,05$). A szártón lerakódott vegyszermennyiségeknél a hagyományos réses, illetve az injektoros fűvóka alkalmazásánál már kisebb különbségek mutatkoztak, a légszásos technikánál azonban jelentős többlet mutatkozott ezen a szinten (6. táblázat). A légszásos

permetezőgép penetrációja az alacsonyabb dózishoz hasonlóan jónak mondható, a szártőre 163,3%-kal, szárközépre 27,1%-kal, a zászlóslevélre 29,5%-kal többet, a kalászra pedig 5%-kal kevesebb vegyszert juttat, mint az összehasonlítási alpnak tekintett hagyományos réses fűvőkákkal felszerelt gép.

Mérési szint	Novor 1005 XR 11004 VK	Hardi TwinAir Hardi 11004	Novor 1005 AI 11004
I. Kalász	100%	95,0%	82,5%
II. Zászlós levél	100%	129,5%	124,0%
III. Levél + szár	100%	127,1%	120,1%
IV. Szártó darab	100%	263,3%	151,0%
Talaj	100%	126,1%	80,2%

6. táblázat: A vizsgált kijuttatási technikák munkaminőségének összehasonlítása a magasabb kijuttatási dózis mellett.



28. ábra: A kijuttatástechnika hatása a hatóanyag lerakódására a növényállomány különböző magasságaiban, a magasabb kijuttatási dózis alkalmazása mellett.

Az injektoros fűvókák esetében az emelt permetezési nyomás elsősorban a II. és III. szint lerakódási értékeit javította 24, illetve 20,1%-kal a hagyományoshoz viszonyítva, a szártóvédelem jóval hatékonyabb, 51%-kal több a IV. szintről visszamért vegyszermennyiség, a kalászra viszont 17,5%-kal kevesebb vegyszer jutott (28. ábra). A talajra jutó mennyiségek abszolút értékben kevesebbek, mint az alacsonyabb dózisú beállításoknál, és a vizsgált gépek közötti különbségek is kisebbek. Ez a hagyományos réses fűvókák esetében szintén a magasabb nyomás miatti kisebb cseppmérettel magyarázható, az injektoros fűvókák pedig a magasabb permetezési nyomáson nagy, de könnyű, légzárványos cseppeket hoznak létre. Megjegyzendő, hogy a légzásos kijuttatási technika esetében volt a legnagyobb a talajra kerülő mennyiség, amit a levegőrásegítés, és a nagyobb nyomás miatti kisebb cseppméret együttesen eredményezhet.

A levélfelület-index számított értéke 6,47, ami a szakirodalom (BERZSENYI, 2000; HUZSVAI et al., 2005) szerint megállapított őszi búza esetében a kritikus érték (6,5) körül van (megjegyzendő, hogy az állomány, ahol a méréseket végeztük az átlagosnál szemmel láthatóan magasabb, és sűrűbb volt). A LAI ismeretében számítható a recovery értéke (7. táblázat).

Permetezőgép típusa	Szórófejek típusa	Számított dózis [dm ³ /ha]	Lerakódott vegyszer részaránya [%]		
			Célfelületen	Talajon	Nem ellenőrzött
Novor 1005	XR 11004 VK	162	68,99	13,24	17,77
		254	64,66	5,17	30,17
	AI 11004 VS	165	82,10	9,03	8,87
		257	77,79	4,14	18,07
Hardi TwinAir	Hardi 11004	153	77,56	10,07	12,37
		254	81,41	6,43	12,16

7. táblázat: a vizsgálatok során mért permetlé-hasznosulás és a veszteségek arányai

A merev keretes, hagyományos réses fűvókával szerelt gépnél ez az érték 69%, illetve 64,7% volt az alacsonyabb, illetve a magasabb dózisinál, ugyanez a gép injektoros fűvókákkal 82,1%-os, illetve 77,8%-os hasznosulási arányt teljesített. A légzásos, levegőrásegítéses alkalmazás-technika esetében az értékek 77,6%, illetve 81,4%. A nem ellenőrzött mennyiség alatt a nem mért felületekre (pl. teljes szár), az elpárolgott, vagy az elsodródott arányok összegét értjük, így teljes egészében nem tekinthető veszteségnek. A hasznosulási

számításoknál a LAI alkalmazásának lehetséges korlátja, hogy kizárólag a növény levélfelületével számol. Olyan állománypermetezésnél, ahol ez a célfelület, jól használható, de ahol a teljes növény (esetünkben a kalász és a szár is) a célfelület, ott csak megközelítő értéket adhat.

4.1.2. Lerakódási viszonyok mérése gyümölcs ültetvényben

A permetezési dózis valós értékének megállapításához szükségünk van a gépcsoportok pontos haladási sebességére, valamint a permetlé-térfogatáram értékére.

Erőgép típusa	Sebességfokozat	Motor fordulatszám [1/min]	Mért haladási sebesség [km/h]
MTZ-82	T/3	1700	6,05
Valmet 6000	T/2	2000	5,61
Zetor 5211	O/1	2200	5,61

8. táblázat: a vizsgálatokhoz használt erőgépek üzemeltetési paraméterei

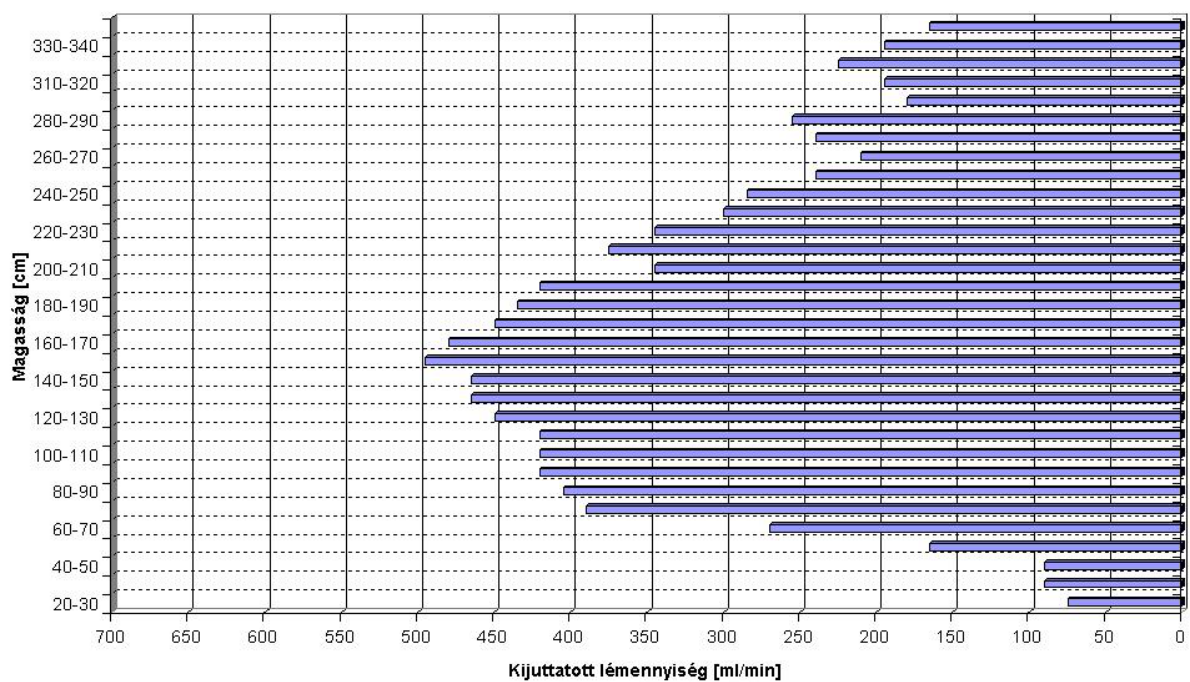
A munkagépek beállításai a 4 m-es sortávolságú ültetvénypermetezéshez:

Permetezőgép típusa	Szórófejek típusa	Szórófejek száma [db]	Üzemi nyomás [bar]	Permetlé-térfogatáram Σq [dm ³ /min]	Számított dózis [dm ³ /ha]
Kertitox NA10/4	Ø1,2 (kék)	12	10	20,04	497
Martignani KWH B612 STD	Zöld	12	1,6	18,92	506
Hardi Mini Variant 400	ATR 20	10	3	18,14	485

9. táblázat: a vizsgálatokhoz használt permetezőgépek üzemeltetési paraméterei

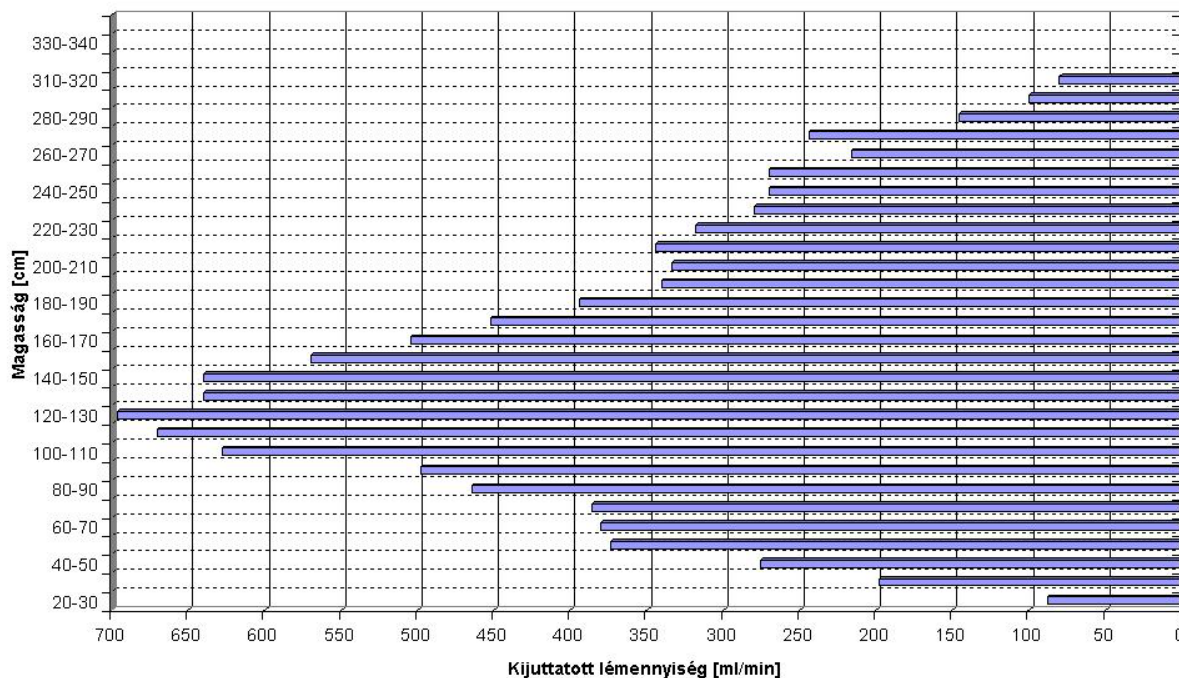
A 4 m-es sortávolsághoz, és 490 dm³/ha névleges kijuttatási dózissal beállított gépek közül az elektrosztatikus feltöltésű, légporkasztós bizonyult a legjobbnak (29. ábra), vertikális szórás képét egészen közel lehetett állítani a javasolhatóhoz mindkét oldal esetében. Az axiál-ventilátoros szállítólevégős gépnél is sikerült megközelíteni az optimálisnak vélt eloszlást, de már nagyobb hibával (30. ábra).

Martignani KWH, bal oldal, 490 l/ha, 4 m

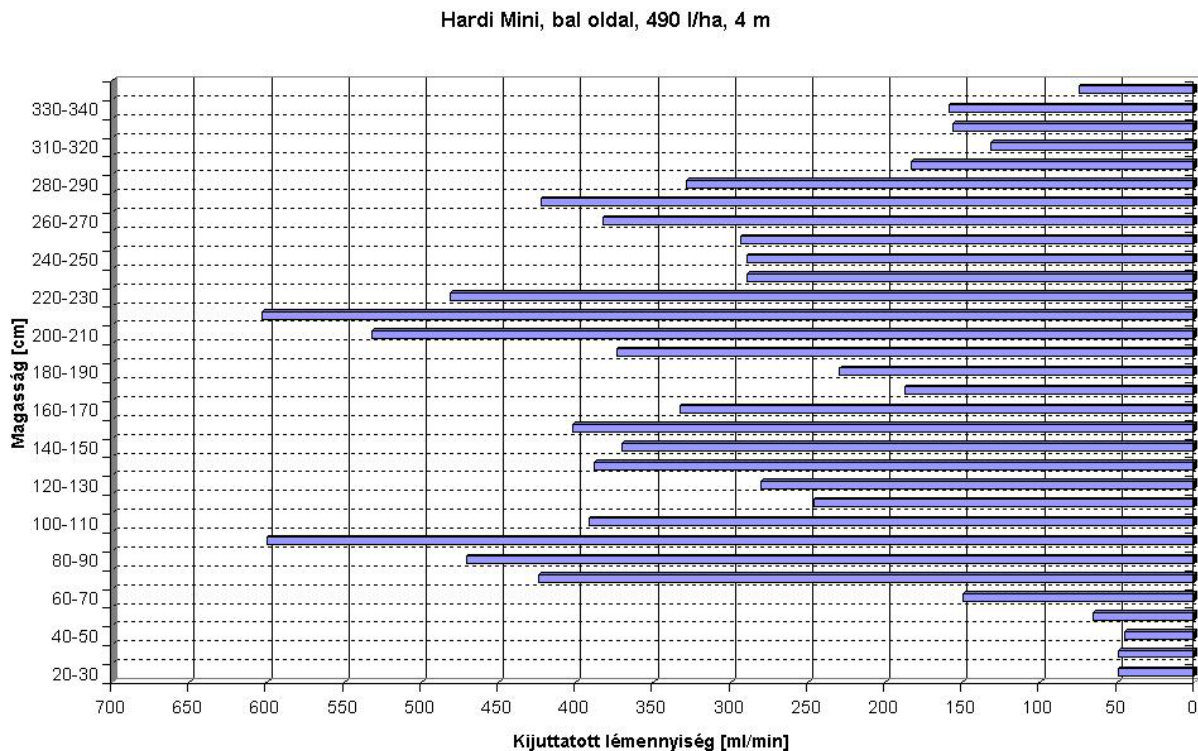


29. ábra: a Martignanti KWH 612 STD típusú permetezőgép vertikális szórásképe 490 dm³/ha beállításnál, 4 m-es sortávolsághoz

Kertitox NA10, bal oldal, 490 l/ha, 4 m



30. ábra: a Kertitox NA10/4 típusú permetezőgép vertikális szórásképe 490 dm³/ha beállításnál, 4 m-es sortávolsághoz

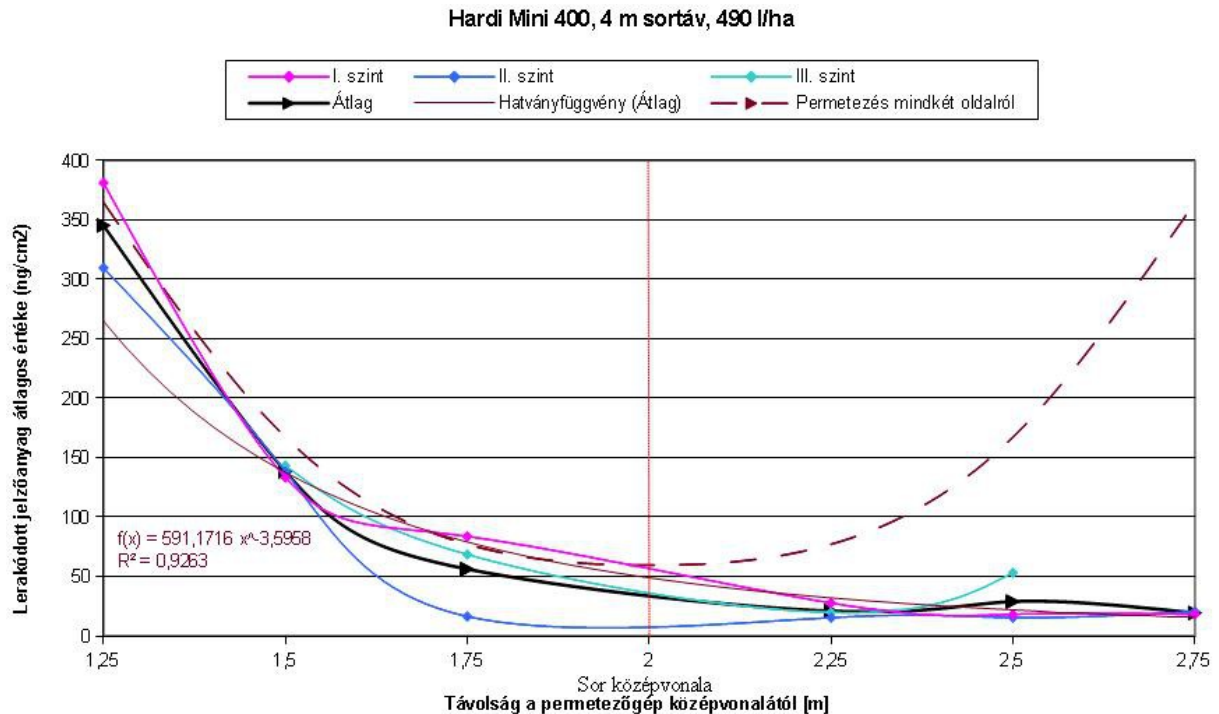


31. ábra: a Hardi Mini 400 típusú permetezőgép vertikális szórásképe 490 dm³/ha beállításnál, 4 m-es sortávolsághoz

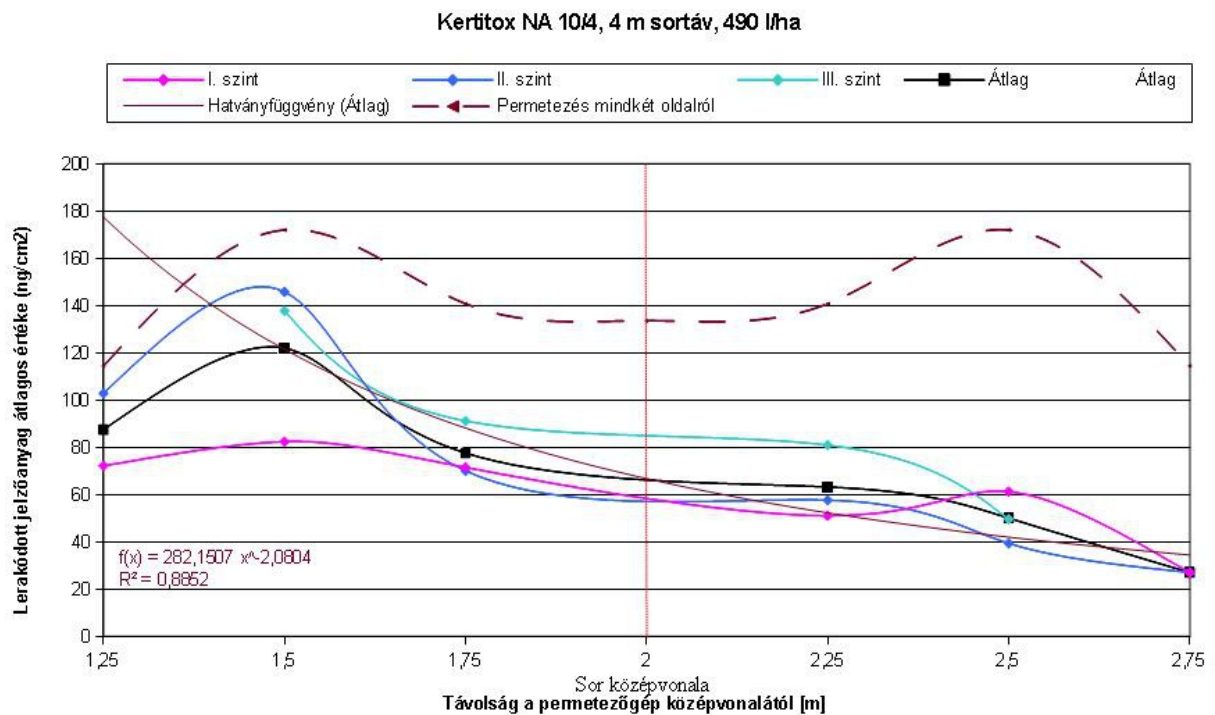
Erre a gépre jellemző a 2 m feletti tartományban az alul-adagolás. Az irányított légsugarú gép mindkét oldali szórásképe fűrészfog-szerű eloszlást mutat, több mérés alapján a kiugró csúcsertékek a légáram iránybeállításától függő magasságban jelennek meg (31. ábra). Az elvégzett lerakódási vizsgálatok esetében megállapítható volt, hogy az előzőleg vertikális eloszlásvizsgáló padon a lombkorona alakjához beállított szórásképeknek megfelelő térbeli eloszlási, lerakódási adatokat mértünk. A permetezési folyamatok alatt a hőmérséklet átlagosan 21 °C, a relatív páratartalom pedig 51% volt.

A kiválasztott permetezőgépekkel végzett munka minőségének összehasonlításánál több jellemzőt is vizsgáltunk. Felvettük a haladási irányra merőleges vegyszer-lerakódási értékek átlagait mindhárom vizsgált szinten, az egymás felett levő pontokról származó lerakódási értékek átlagait, valamint – feltételezve a jobb- és bal oldali szórási szimmetriát- a két oldalról történő permetezésre számított lerakódási átlagokat (a 32-34. ábrákon szaggatott vonallal jelölve). Ha ezeket a lombzat mélységének függvényében ábrázoljuk, akkor az adott konstrukcióra jellemző penetrációs viszonyokra következtethetünk. Az ábrákból kitűnik, hogy a három gép közül az irányított légsugarú gép penetrációja a legrosszabb, a lombzat belsejébe nem juttat elegendő vegyszert, a vizsgált állományjellelmezők mellett a permetezési

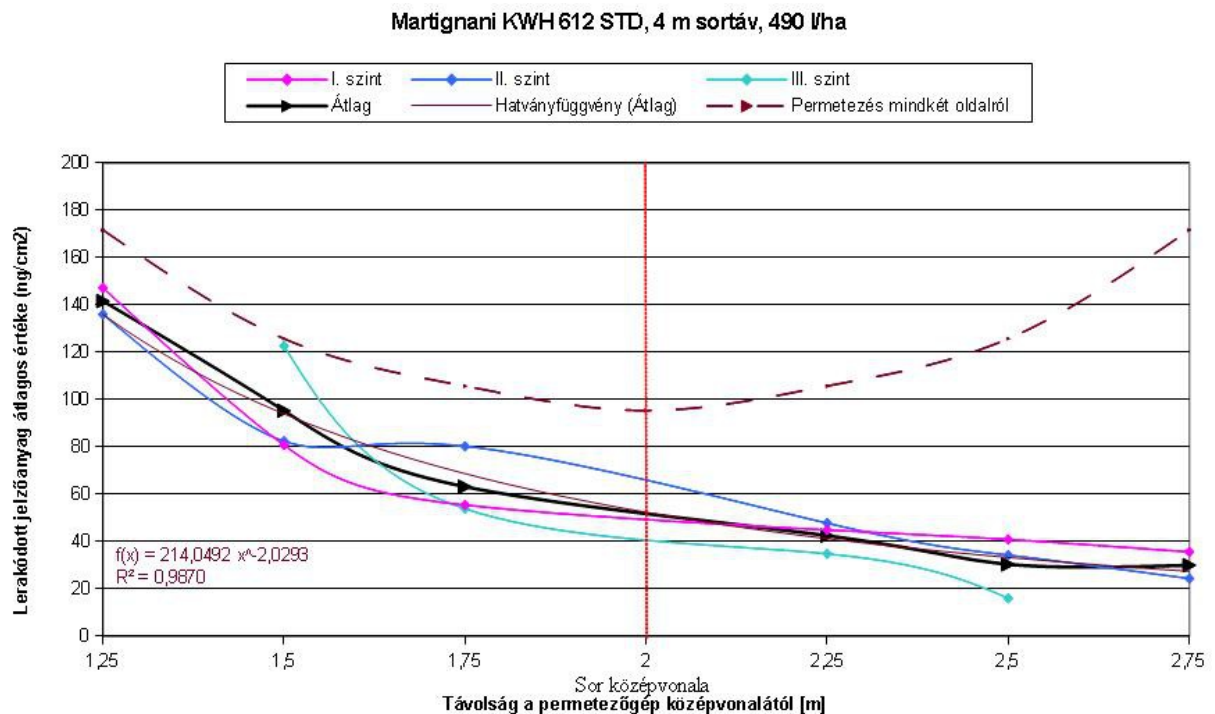
művelet munkaminősége nem megfelelő. A géphez közel eső mérési pontokon rakódik le a vegyszer legnagyobb része (32. ábra), köszönhetően a csekély levegőmennyiségnek, és az irányított légáramra jellemző, csúcsos, fűrészfogszerű szórásképnek. A axiál-ventilátoros szállítólevegős gépnél a lerakódási értékek maximuma nem a géphez legközelebb eső 1-es, hanem a 25 cm-rel beljebb levő 2-es pontokon mérhetőek (33. ábra) ezért az átlagokra illesztett függvénynél ezt a pontot kivettük az értelmezési tartományból. Ennek oka, hogy az axiál-ventilátor által mozgatott, az irányított légsugarú géphez képest jóval nagyobb mennyiségű szállítólevegőt a lombzat nem fékezi számottevően. A belépő ponton tehát nagyobb a légsebesség, mint amit a levélzet igényel, hatásaként a lerakódási csúcsértékek beljebb tolódnak, és a lombkorona belsejébe is több vegyszer jut. A laboratóriumi vertikális eloszlás-vizsgálat alatt tapasztaltakhoz hasonlóan az üzemi méréseknél is megfigyelhető, hogy a gép kis magasságokban (az 1-es szinten) túladaogol. A legegyszerűsebb eloszlást az elektrosztatikus feltöltésű légorlasztásos gép biztosította, annak ellenére, hogy légorlasztású szórószerkezetét nem a nagy tömegű levélzet átpermetezésére tervezték. Penetrációs viszonyai az axiál-ventilátoros szállítólevegős gépéhez hasonlóan jónak mondhatók (34. ábra).



32. ábra: az irányított légsugarú (Hardi Mini Variant 400 típusú) permetezőgéppel végzett haladási irányra merőleges lerakódás-vizsgálat eredményei



33. ábra: az axiál-ventilátoros szállítólevégős (Kertitox NA10/4 típusú) permetezőgéppel végzett haladási irányra merőleges lerakódás-vizsgálat eredményei



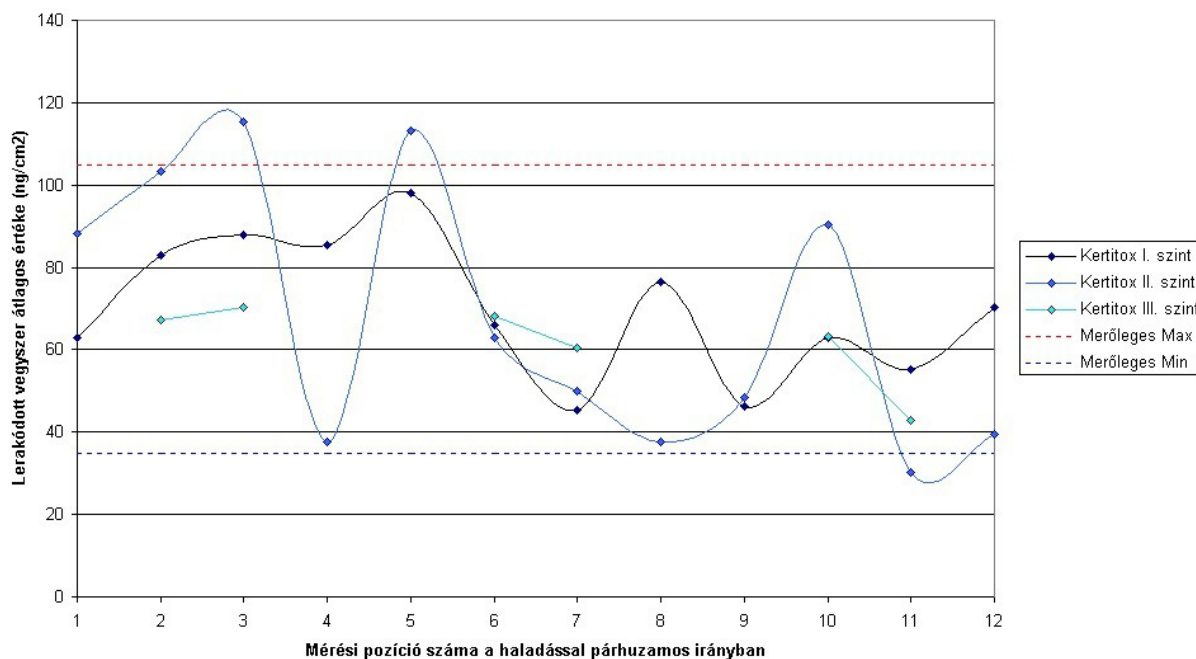
34. ábra: az elektrosztatikus feltöltésű léporlasztásos (Martignani KWH B612 STD típusú) permetezőgéppel végzett haladási irányra merőleges lerakódás-vizsgálat eredményei

Az eredmények alapján mindhárom konstrukció esetében megállapítható, hogy a levélzeten lerakódó vegyszer mennyisége, és a lombkorona mélysége között negatív kitevőjű hatványfüggvény-kapcsolat áll fenn.

A továbbiakban kiszámítottuk az úgy nevezett gépátlagokat, amit a 3 kijelölt fa összes mérési pontjáról származó lerakódási értékek átlagával definiálunk. Ez az érték megmutatja, hogy a lombzat mélységétől függetlenül melyik gép juttatta a legnagyobb mennyiségű vegyszert a célfelületre. Az axiál-ventilátoros szállítólevegős gép esetében a gépátlag értéke $72,9 \text{ ng/cm}^2$, az irányított légsugarú gépe $91,4 \text{ ng/cm}^2$, az elektrosztatikus feltöltésű légorlasztásos konstrukciónál $64,9 \text{ ng/cm}^2$. Megjegyzendő, hogy az irányított légsugarú gép esetében a géphez legközelebb eső mintavételi helyeken kiugróan magas értékeket mértünk, ami a gépátlag értékét is torzítja.

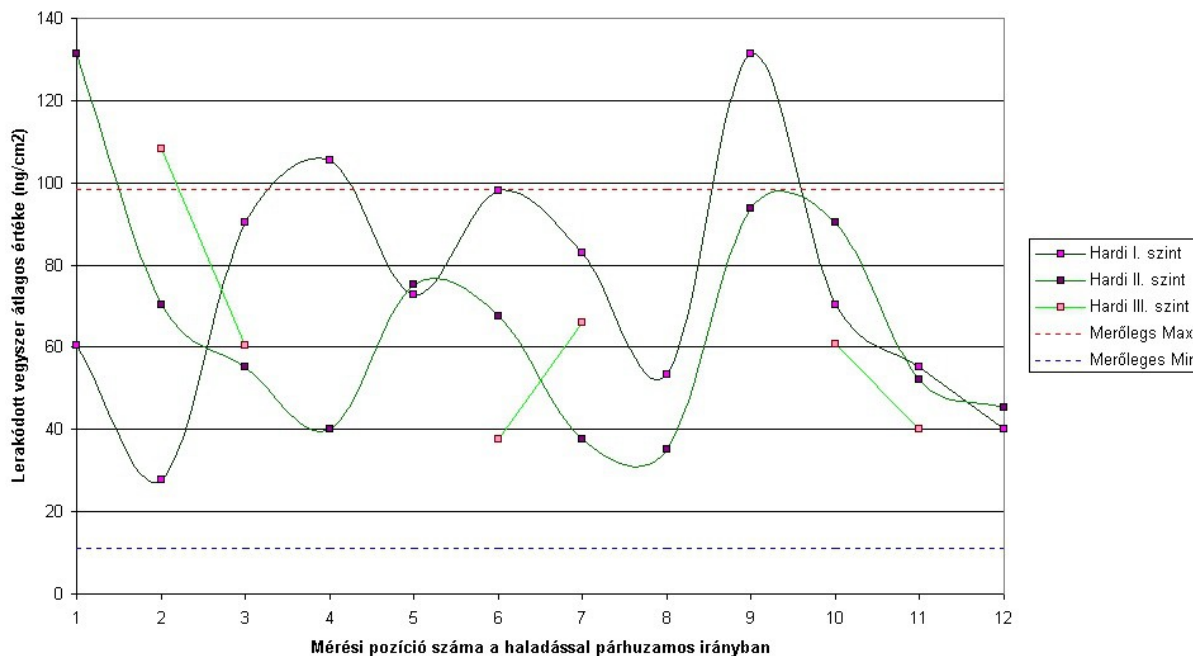
Az egyes konstrukcióknál nyert lerakódási értékek szórásából következtetni lehet a fedettség egyenletességére. A szórás értéke az axiál-ventilátoros szállítólevegős gépnél $42,9 \text{ ng/cm}^2$, az elektrosztatikus feltöltésű légorlasztásos gépnél 43 ng/cm^2 , az irányított légsugarú gép esetében pedig 118 ng/cm^2 . A gépátlagok és szórások ismeretében megállapítható, hogy a vizsgált körülmények között a hagyományos axiál-ventilátoros szállítólevegős konstrukció esetében érhető el a legjobb penetráció, és recovery érték. A másik, haladási irányjal párhuzamos mérővonalról vett növényminták kiértékelésénél szintén kiszámoltuk a gépátlagokat és szórásokat, ez az érték is jó mérőszámot képez a penetráció mértékének megállapításához. Az egyes gépátlagok a következők voltak, az axiál-ventilátoros szállítólevegős gép esetében $67,6 \text{ ng/cm}^2$ (szórás: $22,8 \text{ ng/cm}^2$), az irányított légáramú gépnél $66,3 \text{ ng/cm}^2$ (szórás: $27,7 \text{ ng/cm}^2$), az elektrosztatikus feltöltésű légorlasztásos konstrukciónál pedig $50,7 \text{ ng/cm}^2$ (szórás: $18,1 \text{ ng/cm}^2$). A szórásértékek tehát kisebbek voltak, mint a merőleges irányú mérővonalokról származó minták esetében. Összehasonlításképpen berajzoltuk a 35-37. ábrakon látható diagramokba a középvonalhoz legközelebb eső haladási irányra merőleges mintavételi pontjairól (13, 14, 23, 24, 32, 33) származó lerakódásértékek minimumait (kék színű szaggatott vonal), és maximumait (piros színű szaggatott vonal).

Kertitox NA 10/4, 4 m sortáv, 490 l/ha



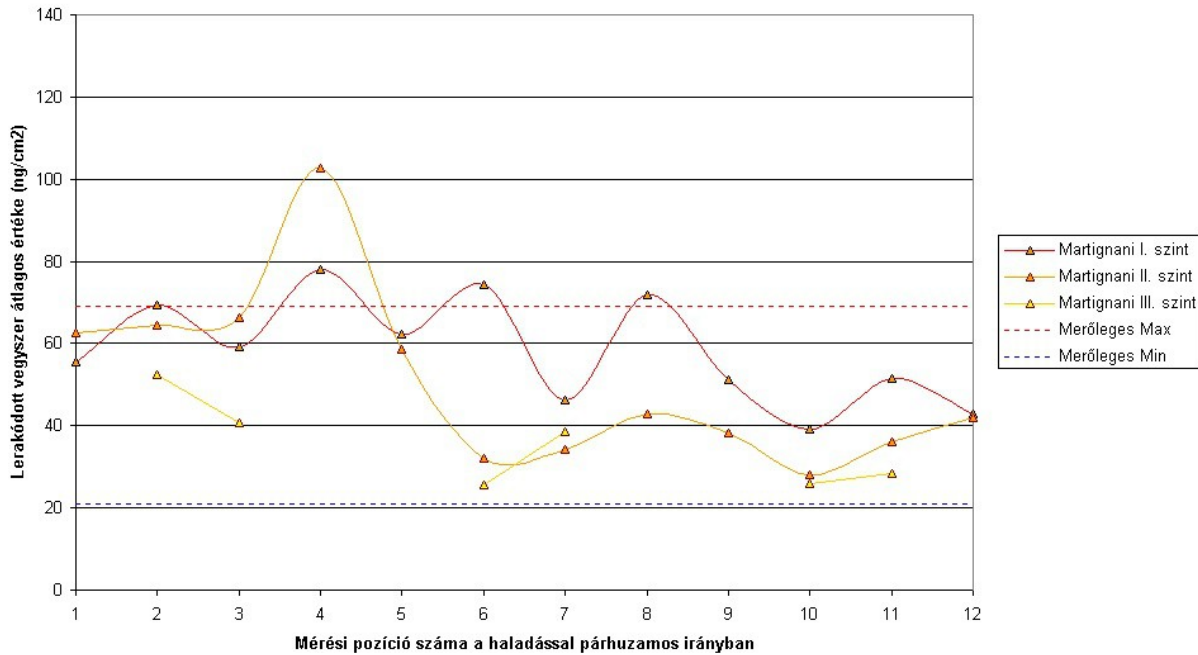
35. ábra: az axiál-ventilátoros szállítóvevős (Kertitox NA10/4 típusú) permetezőgéppel végzett haladási irányral párhuzamos irányú lerakódás-vizsgálat eredményei

Hardi Mini Variant 400, 4 m sortáv, 490 l/ha



36. ábra: az irányított légsugarú (Hardi Mini Variant 400 típusú) permetezőgéppel végzett haladási irányral párhuzamos irányú lerakódás-vizsgálat eredményei

Martignani KWH 612 STD, 4 m sortáv, 490 l/ha



37. ábra: az elektrosztatikus feltöltésű légorlasztásos (Martignani KWH B612 STD típusú) permetezőgéppel végzett haladási irányral párhuzamos irányú lerakódás-vizsgálat eredményei

A középvonalon mérhető lerakódás értékek (35-37 ábrák) és a lombzat mélysége között összefüggés nem állapítható meg. Ha lenne összefüggés, a lombkorona henger-szerű formája miatt a három kijelölt fa levélzetének szélső pontjain (1, 4, 5, 8, 9, 12) több vegyszert kellett volna találnunk, mint a lombkorona belsejében levő középső pontokon (2,3,6,7,10,11), az eredmények azonban nem ezt mutatják. Az adatok „hullámzása” inkább a középvonaltól, és a gép közötti lombzat takaróhatásával magyarázható.

A mélyebb lombkorona-részekben mért lerakódási értékek abszolút értékeiből, valamint a párhuzamos mérővonalra számított gépátlagok segítségével megállapítható, hogy a hagyományos axiál-ventilátoros kijuttatógép a legjobb penetrációs képességű. Ha az egyes mérési pontokra (szintekre és lombzat-mélységbe) szállított és ott lerakódott jelzőanyag-mennyiségeknél ezt a konstrukciót vesszük összehasonlítási alapul (100%), akkor jól láthatóvá válnak a vizsgált permetezőgépek által végzett növényvédelmi művelet munkaminősége közötti különbségek (10. táblázat). A lerakódási értékek szórásából kitűnik, hogy a leginkább egyenletes fedettség biztosítására az elektrosztatikus feltöltésű légorlasztásos gép alkalmas. Az irányított légsugarú gép munkaminősége mindkét tekintetben elmarad az előbbi két konstrukciótól, a szórás magas értéke az irányított légáram

hatósugarában tapasztalt nagy mértékű vegyszerlerakódás miatt alakult ki, a csekélyebb mértékű penetrációt pedig a gép gyenge szállítólevegő-árama is magyarázza.

Mérési pont	Kertitox NA10/4	Hardi Mini Variant 400	Martignani KWH B612 STD
11	100%	529%	204%
12	100%	162%	98%
13	100%	117%	78%
14	100%	54%	88%
15	100%	30%	67%
16	100%	68%	132%
21	100%	301%	132%
22	100%	95%	57%
23	100%	23%	115%
24	100%	27%	83%
25	100%	39%	87%
26	100%	76%	90%
31	100%	104%	89%
32	100%	75%	59%
33	100%	24%	43%
34	100%	107%	33%

10. táblázat: A vizsgált kijuttatási technikák munkaminőségének összehasonlítása 490 dm³/ha dózis mellett, 4 m-es sorközben, alma ültetvényben

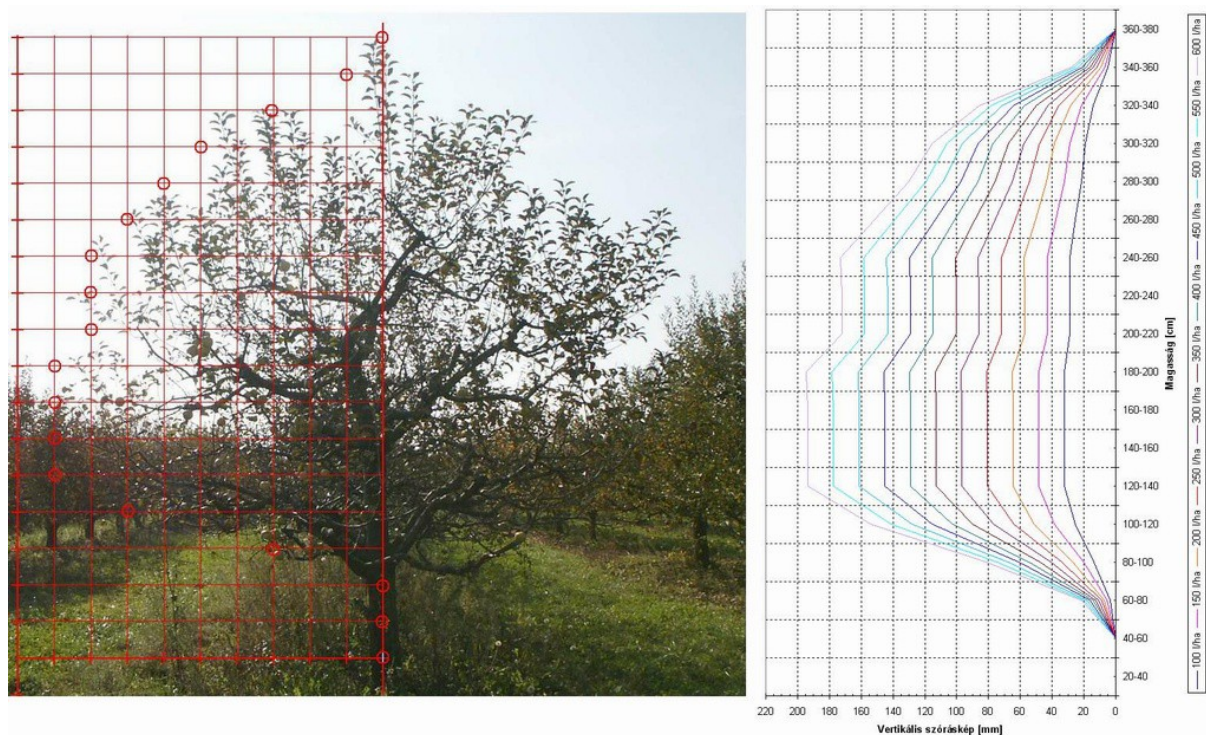
4.1.3. Új minőségellenőrzési eljárás kidolgozása állománypermetezőknél

Célunk egy olyan elméleti szóráskép-szerkesztési eljárás megalkotása volt, amely segítségével a gyakorlatban diagnosztikai, gépbeállítási művelet valósítható meg. Az elkészített eloszlási képnek meg kell felelnie a növényi kultúra jellemzőinek (nagyság, alak), és a felülethez viszonyított permet-mennyiségének. A kívánt eloszláskép elérése a permetezőgép konstrukciós paramétereitől függ (a ventilátor áramlási iránya és a légsebesség, a légteljesítmény, a fűvókák áteresztőképességük szerinti kiválasztása és a bekapcsolt fűvókák elrendezése, szögállása).

A javasolható szóráskép megszerkesztése az állományjellemzők előzetes felméréséből származó adatok segítségével történt. Az ültetvényben természetesen nem minden fa

egyforma, de a termesztési szokások, a metszési mód alapvetően meghatározza a fák lombzatának alakját. Egy kiválasztott, az állományt leginkább jellemző fa fő méretei függvényében számítható egy olyan elméleti vertikális szóráskép, eloszlás, amely segítségével a vegyszerveszteségek csökkenthetőek, a munkaminőséget jellemző paraméterek, a lerakódás, a penetráció és a recovery értékeinek megfelelő szinten tartása mellett. A jó minőségű védekezéshez természetesen a permetezés időszakára jellemző LAI alakulása, és a kijuttatandó dózis is hatással van, de a javasolható szóráskép alakját tapasztalataink szerint elsősorban a célfelület geometriai jellemzői határozzák meg.

Méréseinknél az ültetvényre jellemző kiválasztott fa lombkoronáját először 20 cm-es vízszintes szeletekre osztottuk (38. ábra), de később célszerűség miatt a vertikális eloszlásvizsgáló padunk 10 cm-es felbontásához alkalmazkodtunk.



38. ábra: javasolt szórásképek különböző kijuttatási dózisokhoz

Göhlich és Kümmel szerint a vertikális eloszlás-vizsgálatnál a 25 cm-es felbontás már elegendő (GÖHLICH – KÜMMEL, 1993), ebből indultunk ki a lombkorona-szeletek méretének megállapításánál, de a 10 cm-es felbontású vertikális szóráskép, és az üzemi mérések eredményeinek összevetésénél átszámítási problémákat okozott volna. Egy-egy koronaszelet a térfogatának arányában tartalmazza a lepermetezni kívánt levéltömeget,

feltételezve, hogy a levélzet homogén eloszlású. Ennek a részarányának a meghatározása döntően befolyásolja a szórásképet. A gép szórószerkezetén kilépő permetlé-térfogatáram, és ezen rész-koronatérfogat ismeretében könnyen meghatározható a rájuttatandó vegyszer mennyisége, amiből a javasolható vertikális eloszláskép felállítható. A számítási mód előnye, hogy magához a javasolt szóráskép alakjának megállapításához nem szükséges a LAI pontos ismerete, de a különböző kijuttatási dózisek miatti korrigált javasolt szórásképhez már igen (ezzel összefüggésben a megfelelő gépbeállításoknál is).

A fentiek alapján a javasolható vertikális eloszlás eléréséhez az általunk használt mérőpad i -edik mérőhengerében a következő képlet szerinti folyadékoszlopot kell, hogy eredményezzen:

$$h_i = \frac{\sum q \cdot c_i \cdot t_b \cdot \eta_f}{A_m \cdot 120} [mm] \quad (29)$$

ahol: Σq : a szórószerkezetén kilépő permetlé-térfogatáram [dm^3/min],

t_b : a vertikális eloszlásvizsgálat időtartama [s],

η_f : a folyadék-felfogási hatások,

A_m : a vertikális pad mérőhengereinek keresztmetszete [cm^2],

c_i : a vizsgált magasságban lévő koronaszelet térfogati arányossági tényezője (30),

$$c_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (30)$$

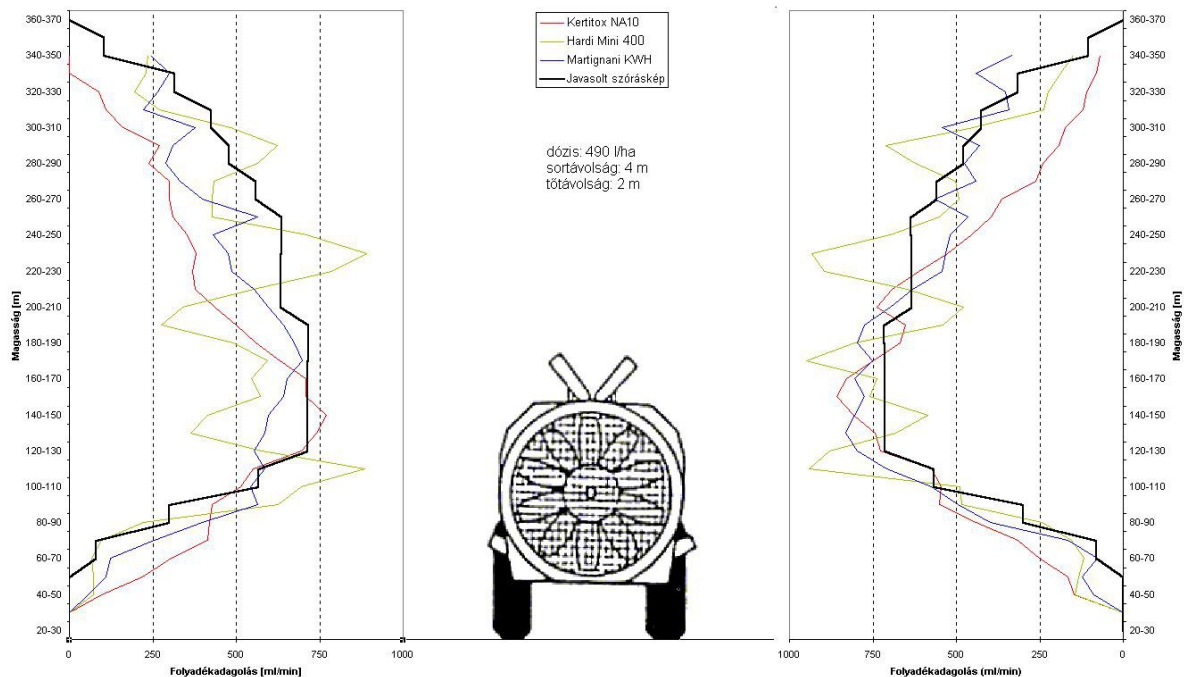
$$V_i = \frac{(r_{i\max}^2 + r_{i\min}^2 + r_{i\max} \cdot r_{i\min}) \cdot m_i \cdot \pi}{3} [m^3] \quad (31)$$

V_i : egy adott koronaszelet térfogata (31)

$r_{i\min}/r_{i\max}$: a koronaszelet legkisebb, illetve legnagyobb sugara [m],

m_i : a koronaszelet vastagsága [m], célszerűen a vizsgálopad lamellaosztása.

Az új módszerrel kiszámítottuk a 4 m sortávolságú almaültetvényben a javasolható szórásképet, és két oldalról történő permetezést feltételezve együtt ábráztuk az általunk használt gépek vertikális szórásképeivel (39. ábra).

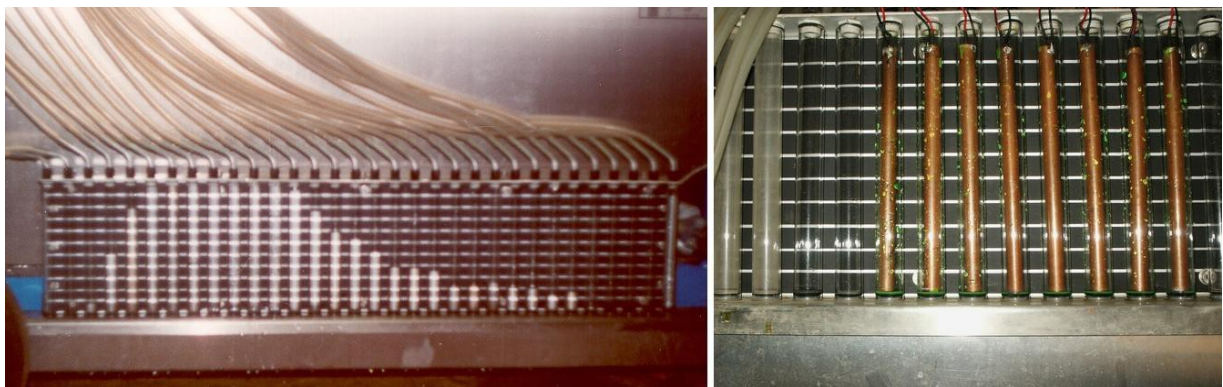


39. ábra: A javasolható szóráskép (fekete), és a vizsgált gépek üzemi méréshez beállított vertikális szórásképei 4 m-es sorközben, 490 dm³/ha kijuttatási dózisértékhez

A vertikális eloszlásmérő pad segítségével elvégzett fenti gépbeállítások folyamán azt tapasztaltuk, hogy a mérési folyamatot rendkívül lassúvá, és esetenként pontatlanná teszi a vizuális leolvasás, ami a szubjektivitás lehetőségét is hordozza. Abban az esetben, ha a mérőpad részévé válik a permetezőgép-felülvizsgálat diagnosztikai eszközeinek, feltétlenül szükséges azt egy gyorsabb, pontosabb és automatizált folyadékszint-mérési móddal kiegészíteni. Folyadékszint-leolvasó rendszerek ugyan léteznek, de a mezőgazdasági folyamatokra jellemző adatgyűjtés, vagy irányítás szükségessé teheti további szenzor típusok kifejlesztését, vagy a meglévők tökéletesítését. Jelen fejlesztés is egy ilyen probléma megoldására született. A jelenleg elterjedt, online adatgyűjtéssel működő folyadékszint- vagy inkább folyadék-hozammérővel felszerelt növényvédelmi diagnosztikai eszközök mérési alapelve nagyon egyszerű: adott térfogatú mérőhenger megtöltéséhez szükséges idő mérése. Ennek az elvnek azonban az a hátránya (pl. egy szórófej vizsgáló padnál), hogy a nagyon eltérő folyadékáramok (folyadékhozamok) esetén aránytalanul hosszú mérési időre van szükség (akár több mint 15 perc), azaz továbbra is gond a mérés lassúsága, és ilyenkor a pontosság is csökken. Az online folyadékszint leolvasással elsősorban e növényvédelmi

diagnosztikai eszközök használatát kívánjuk megkönnyíteni, az általuk szolgáltatott eredmények vizuális leolvasásánál előforduló szubjektív hibákat kiküszöbölni. Célunk tehát, hogy a vizsgálatok mérési eredményeinek dokumentálását, valamint a jegyzőkönyvek elkészítését gyorsabbá és pontosabbá tegyük.

Az általunk használt Pessl OWMech 350 típusú vertikális eloszlásvizsgáló padon gyártó csak a 32 db üveghenger mögé helyezett vízszintes vonalakkal ellátott síklemezzel segíti a leolvasást (40. ábra). Ez a megoldás nem tesz lehetővé pontos leolvasást, mert a vonalakon nincs feltüntetve semmilyen viszonyítási adat vagy mértékegység, valamint az osztásukból adódóan akár 8-10%-os leolvasási pontatlansággal mérhetünk. Jóllehet, a folyadék-eloszlás megjelenítése látványos, gyakorlatilag kirajzolódik a vertikális eloszlás, de az adatokat lejegyezni már nehézkes. Méréseink során a 32 db mérőhengerben összegyűlt folyadékoszlop magasságát egyesével, mérőszalag segítségével tudtuk csak megmérni.

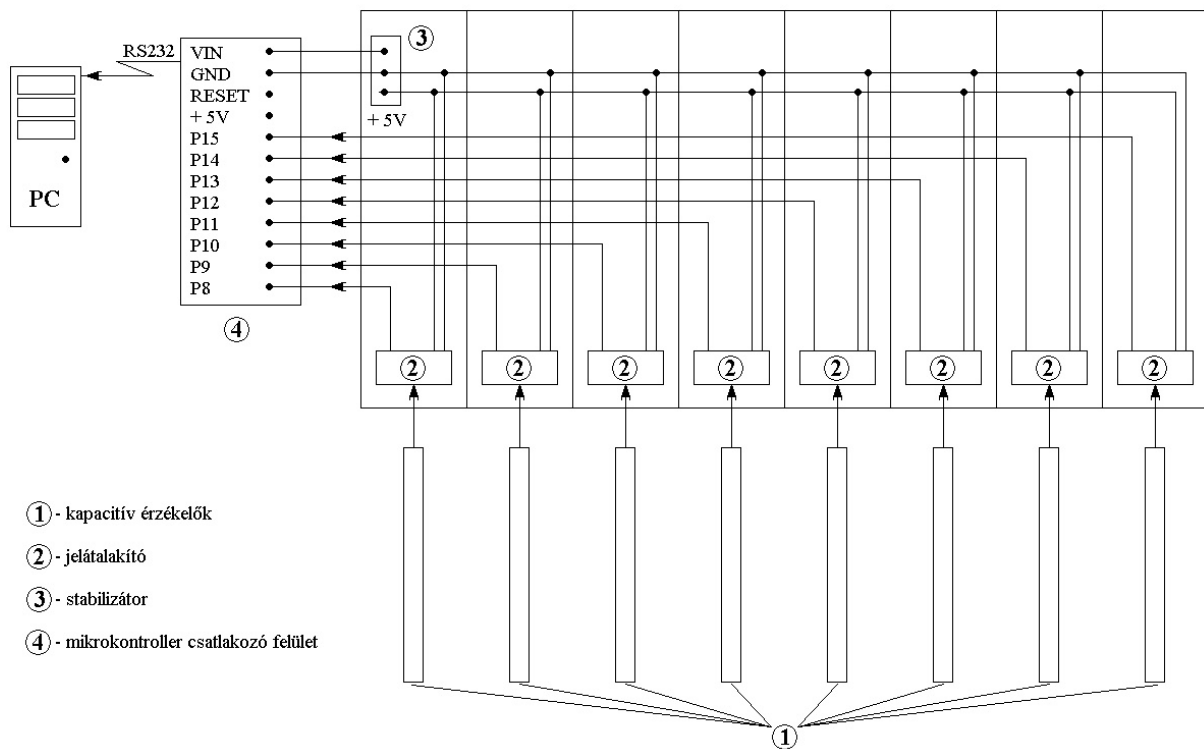


40. ábra: Baloldalon a Pessl OWMech 350 típusú vertikális pad mérőhengersora, jobboldalon a beszerelt kapacitív érzékelők

A folyadékszint számítógépes mérésével sokan foglalkoznak (GIELING et al., 2000, HRUBY, 1995). Ezekre a munkákra, valamint a tanszékünkön folyó jelenlegi és korábbi mikrokontrolleres eredményekre alapozva (NAGY, 1998; NAGY et al., 1998; NAGY et al., 2000) terveztük meg a szint-leolvasó és adatgyűjtő rendszert. Az általunk kifejlesztett szenzor (40. ábra) további előnye, hogy megfelelő kalibrációval nem csak víz, hanem bármilyen folyadék esetében alkalmazható, nagyon olcsón legyártható és utólag bármely szintmérő eszközhöz illeszthető. A folyadékszint-leolvasó rendszer fő részei a következők:

Érzékelők

A vertikális padnak összesen 32 db 95 cm³ hasznos térfogatú mérőhengere van. Ezekbe a mérőhengerekbe építjük be a kapacitív szenzorokat. A működésük elvi alapja az, hogy egy kondenzátor fegyverzetei közötti szigetelőréteg(ek) fizikai tulajdonságai (dielektromos állandója) megváltoznak, akkor a kondenzátor kapacitása is változni fog. Jelen esetben egyedi gyártású speciális hengerkondenzátort alkalmazunk, ahol lehetővé tesszük azt, hogy az egyik fegyverzet és a szigetelőréteg közé víz (vagy bármi más folyadék) jusson. Az érzékelők behelyezése után a mérőhenger hasznos térfogata 95 cm³-ről 81 cm³-re csökkent, így erre a méretre hitelesítettük az egész berendezést. A próbaméréseket egy 8 szenzorral működő egységgel végeztük, melynek elvi kapcsolása a 41. ábrán látható.



41. ábra: A mérőrendszer elvi kapcsolása

Jelátalakító

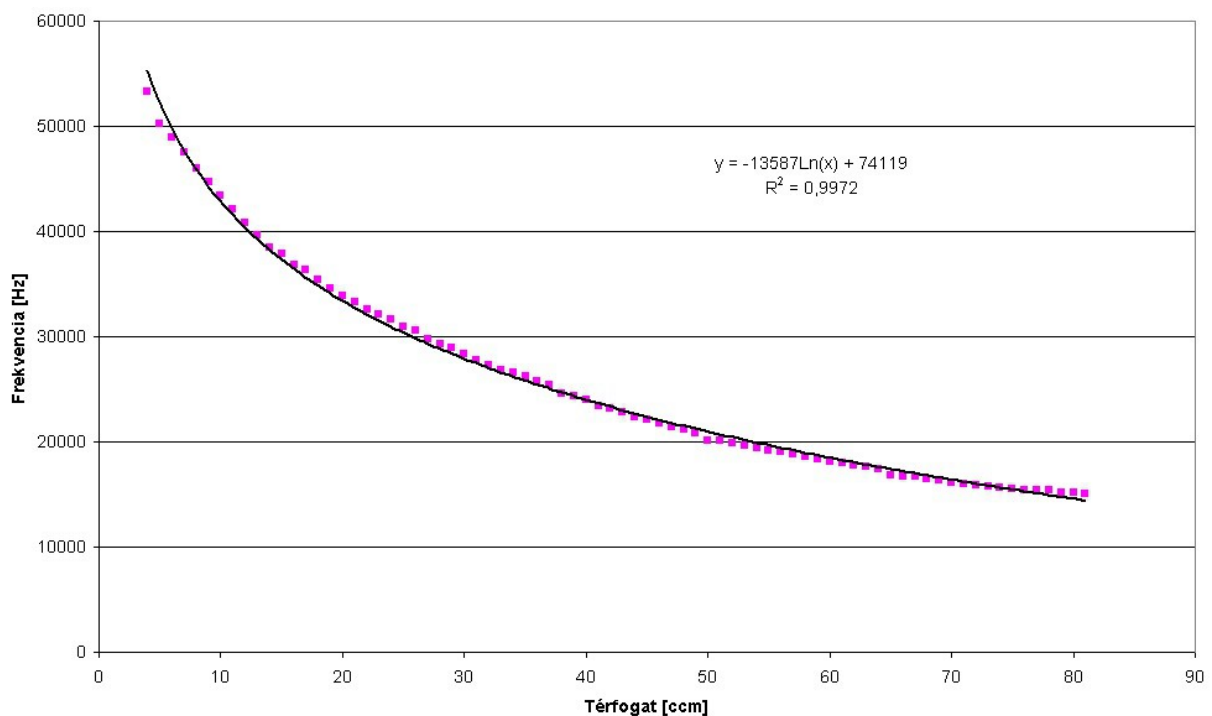
Ha a szenzorok (1) vízbe merülnek, azok kapacitása változik, mégpedig a vízoszlop magasságának függvényében. A kapott kapacitás értékét egy jelátalakító integrált áramkör (2) segítségével a kapacitástól (térfogattól) függő frekvenciájú négyszögjellé alakítjuk. A saját tervezésű, és kivitelezésű nyomtatott áramköri panelen minden érzékelőhöz tartozik egy ilyen integrált áramkör.

Hadrver és szoftver

Az jelátalakítók (2) és a PC közötti adatforgalmat egy Parallax gyártmányú Basic Stamp II mikroszámítógép (4) bonyolítja le, amely tartalmaz egy BASIC interpretert (ROM-ban), egy oszcillátorral ellátott PIC mikrokontrollert, 16 db programozható ki/bemeneti csatornát, a PC-vel soros kapcsolatot tartó és tápellátást biztosító áramköröket és 2 kB EEPROM memóriát, ami a futtatandó BASIC program tömörített alakját tárolja. A jelátalakítók tápfeszültségét a panelen elhelyezett feszültség-stabilizátor (3) biztosítja.

Az érzékelők és a PC közötti adatforgalmat a mikroszámítógépre írt BASIC program valósítja meg, melynek megírásához PC, illetve a rajta futó fejlesztőkörnyezet szükséges. Ennek a feladata, hogy a szenzoroktól kapott stabilizált frekvenciaértékeket összegyűjtse a nyolc bemeneti csatornáról, majd azokat megfelelő sorrendben a PC felé továbbítsa. A mikroszámítógép és a PC szabványos RS232 (soros) porton keresztül kommunikál egymással. A PC-n a méréssel egyidejűleg fut egy Excel-program. Ennek feladata, hogy a mikrokontroller felől érkező (még frekvencia) adatokat átszámítsa térfogatértékekre, megfelelő táblázatba rendezze azokat, és oszlopdiagramot készítsen.

A rendszer egy elemének (egy kapacitív érzékelő a jelátalakító áramkörével) hitelesítési folyamatának eredményeit láthatjuk a 42. ábrán.



42. ábra: A szenzor $f(V)$ jelleggörbéje

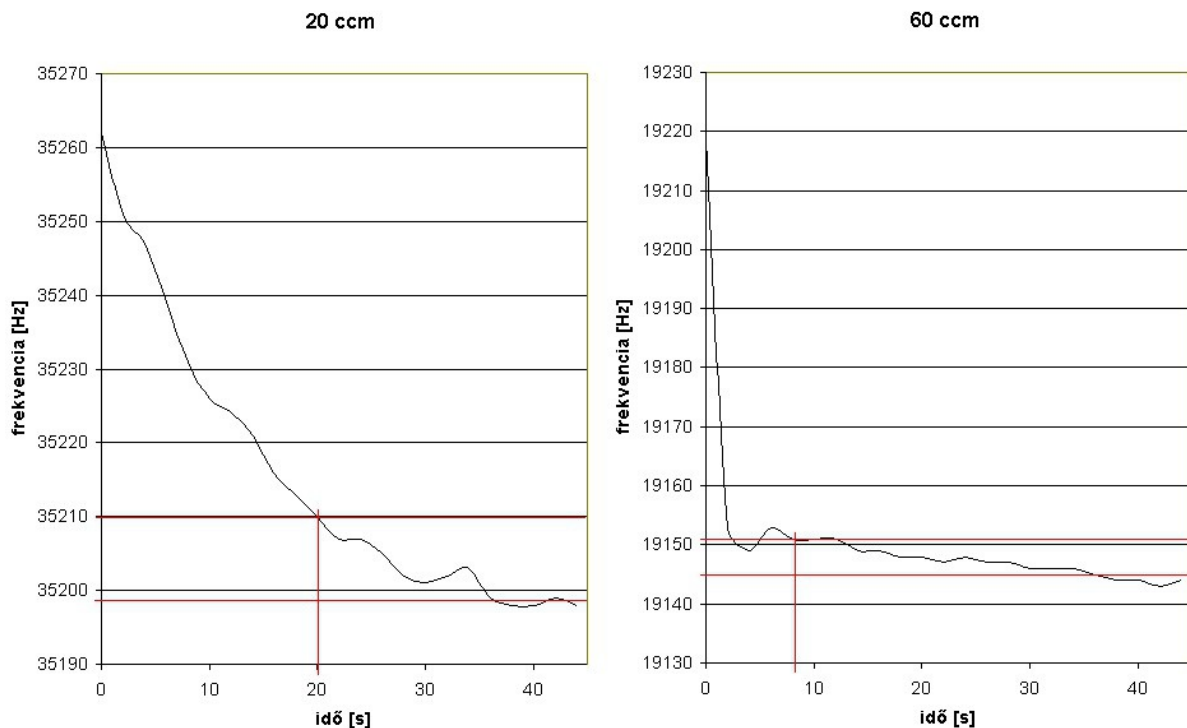
A mérőhengert cm^3 -ként töltöttük fel vízzel, és minden egyes lépésnél tíz frekvencia-értéket jegyeztünk fel, így több mint 800 mérési adathoz jutottunk. A két végállapothoz (üres és teli) tartozó frekvencia-értékek 63 kHz, illetve 15 kHz, ami megfelelően széles intervallum. Megemlítendő, hogy a szerkezeti kialakítás miatt a szenzor ebben az esetben 3 cm^3 alatt nem tud mérni, ezért az első értékelhető frekvencia érték 15 kHz volt. A kapott adatokra ellenőrzést készítettünk, és azt találtuk, hogy a mérés hibája $\pm 0,51\%$ -os (CV%), ami az eddigi vizuális leolvasásnál mindenképpen sokkal pontosabb. Megfigyeltük, hogy a nagyobb, $0,5\%$ körüli hibák a mérési tartomány alsó részén (kb. 20 cm^3 -ig) tapasztalható, felette $0,1\%$ körüli a pontosság.

Az Excel-program a következő egyenlet szerint számítja át a mikrokontroller által szolgáltatott frekvenciát térfogat-értékekké:

$$V(f) = 232,52 \cdot e^{-0,00007 \cdot f} \quad (32)$$

Ez az egyenlet a több mint 800 mérési adatból álló minta ellenőrzése után jött létre függvényillesztéssel. A korrelációs együttható értéke $R=0,9986$.

Egy-egy szenzor beállási idejét is vizsgáltuk több különböző folyadékszint esetében, 1 perces időintervallumban. Azt találtuk, hogy 20 cm^3 folyadékmennyiség alatt kb. 20 s, felette 8 s (43. ábra) a beállási idő.



43. ábra: Egy szenzor beállási ideje 20 cm^3 , ill. 60 cm^3 folyadékmennyiség esetén

Ez azt jelenti, hogy a mérés indítását követően ennyi időre van szükség ahhoz, hogy az érzékelés és jelformálás után az állandósult frekvencia érték ± 15 Hz-es (maximum 0,1%-os eltérés) tartományában maradjon a jel. Így összesen legfeljebb 25 s idő szükséges a táblázat és a diagram megjelenéséig, ami a korábbi, 4-5 percet igénylő vizuális leolvasásnál sokkal gyorsabb és pontosabb.

4.2. Növényállomány fejlettségi állapotának hatása a lerakódási viszonyokra

A permetezési dózis pontos értékének kiszámításához megmértük az alkalmazott Fendt Farmer 209F típusú erőgép haladási sebességét. A traktor L/2 sebességfokozatban, 1250 1/min motorfordulatszámánál 6,96 km/h számított haladási sebességet biztosított. A kardánhajtás fordulatszáma 345 1/min volt, ezzel üzemeltettük a munkát végző Berthoud BX 1500 Arbo típusú permetezőgépet, az axiál-ventilátor hajtóművét 1-es sebességi fokozatba kapcsolva. A gép szórófejeire egyforma, Albuz ATR 80 gyártmányú fűvókákat szereltünk.

A munkagép beállításai a következők voltak a 3,5 m-es sortávolságú ültetvénypermetezéshez:

Permetezőgép típusa	Szórófejek típusa	Szórófejek száma [db]	Üzemi nyomás [bar]	Permetlé-térfogatáram Σq [dm ³ /min]	Számított dózis [dm ³ /ha]
Berthoud BX 1500 Arbo	Albuz ATR 80	6	20	11,74	289
		10	20	19,54	481

11. táblázat: a vizsgálatokhoz használt permetezőgép üzemeltetési paraméterei

A tényleges üzemeltetési jellemzők jól megközelítették a vizsgálati peremfeltételekben megfogalmazottakat. A vizsgálati feladat végrehajtásánál használt Berthoud BX 1500 Arbo típusú permetezőgép szórásképét (44.a. ábra) előzőleg a 4.1.3. fejezetben tárgyalt új módszer szerint a kezelt állomány jellemzőihez illesztettük vertikális eloszlásmérő pad segítségével.

Mivel peremfeltételként meghatároztuk, hogy a haladási sebesség, az üzemi nyomás, és a fűvókátípus nem változhat, a két különböző dózisértéket eltérő üzemelő fűvókaszámmal állítottuk be. Az alacsonyabb (289 dm³/ha) szórásnorma esetén oldalanként az alsó 3, a magasabb (481 dm³/ha) kijuttatási dózisértéknél oldalanként az alsó 5 szórófej üzemelt (44.b. ábra). Ezt a két beállítást a vertikális irányú szórásképeken (45. ábra) „1-2-3”, illetve „1-2-3-4-5” bejegyzés szimbolizálja.

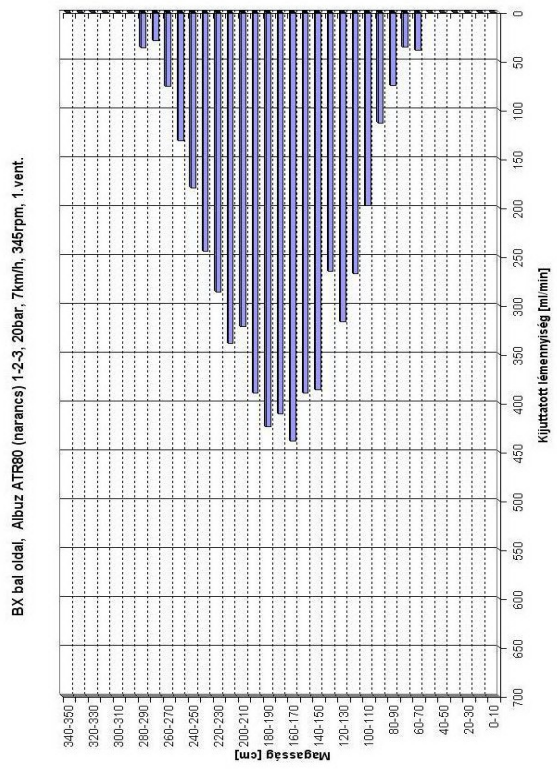
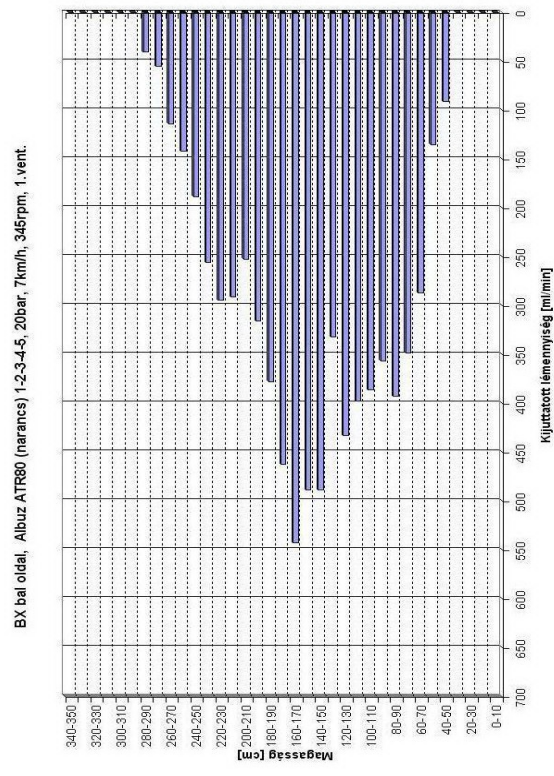
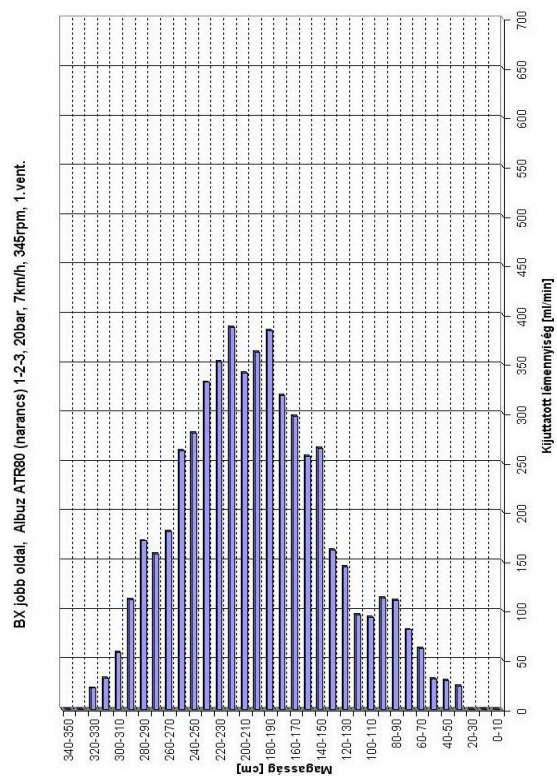
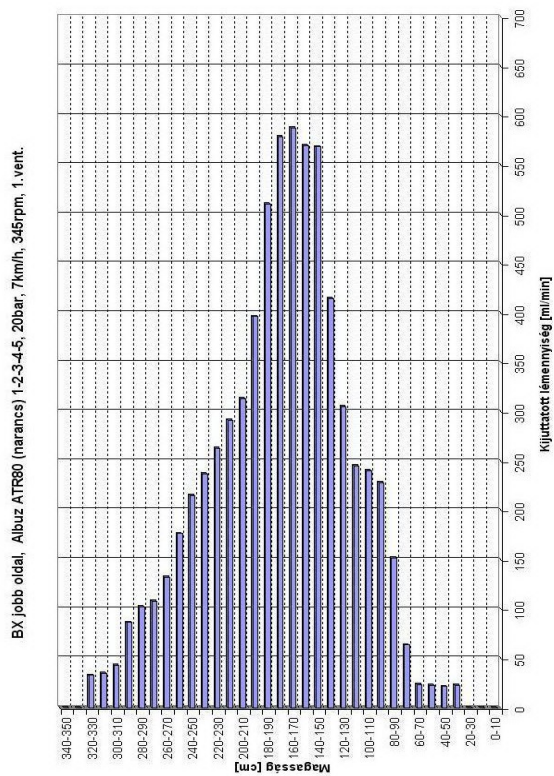


44. ábra: a) (baloldalon) a szőlőültetvényben használt Berthoud BX 1500 Arbo típusú permetezőgép, (forrás: Agriaffaires, MachineryZone, Europe-Machinery), b) (jobbaldalon) a szórófejek számozása (LÖNHÁRD et al., 2013)

A mérések túlnyomórészt napsütéses időben zajlottak, a hőmérséklet 20 és 29 °C között, a relatív páratartalom 45% és 71% között volt. A szélsébség jellemzően 0,3-0,9 m/s között volt, iránya egy esetben tért el 45°-kal a sorok irányától, de az alacsony szélsébség miatt az elsodródás nem volt számottevő.

Vizsgálat időpontja	Hőmérséklet [°C]	Szél-sebesség [m/s]	Szélirány sorokra	Relatív páratartalom [%]	Lég-nyomás [mbar]	Felhőzet [%]
2009.04.29	23	0,3-1,3	30°	57	988	~ 50
2009.05.18.	28	0,9-1,3	0°	53	996	~ 50
2009.06.02.	20	0,4-0,9	0°	50	991	~ 20
2009.06.18.	29	0,3	45°	46	997	~ 30
2009.07.15.	28	0,9	30°	50	994	~ 10
2009.08.13.	27	0	-	71	994	< 5

12. táblázat: a vizsgálatok alatt feljegyzett időjárási adatok



45. ábra: a Berthoud BX 1500 Arbo típusú permetezőgép vertikális szórásképei 289 dm³/ha, és 481 dm³/ha beállításoknál

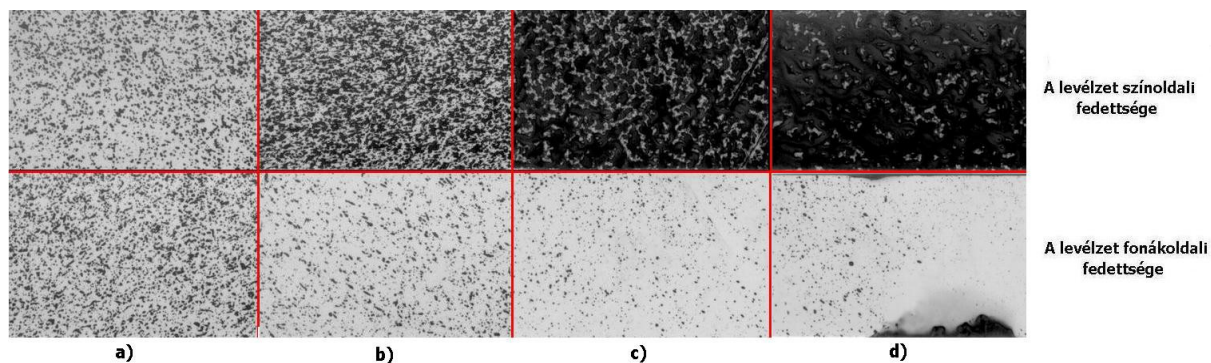
2009. április 29-től augusztus 13-ig hat mérést végeztünk a szőlőállomány fejlődési állapotától függően, az első három mérésnél (április 29., május 18., június 2.) $289 \text{ dm}^3/\text{ha}$, a második három mérésnél (június 18., július 15., augusztus 13.) $481 \text{ dm}^3/\text{ha}$ volt a kijuttatási dózis ellenőrzés után visszszámolt értéke. A célfelületre került permetlé mennyiségét döntően a növényállomány fejlettségi állapota határozta meg.

Az első, április 29-én végzett mérés idején az átlagos levélfelület csupán $7,57 \text{ cm}^2$ volt, a levélfelület-index pedig $0,23$. A kijuttatott permetlé mennyiségének $6,91\%$ -a célfelületre, $12,88\%$ -a a sor alatt és a sorközben a talajra került. A szomszédos két sorban (az utolsó permetezett sortól max. 7 m távolságban) elenyésző mennyiségű, $0,08\%$ -nyi vegyszer került a levélzetre, a talajra azonban a kezelt területével összemérhető $8,43\%$, aminek legnagyobb része a szélső kezelt sor melletti sorközben jelent meg. A maradék, ami a teljes mennyiség $71,7\%$ -a volt, a vizsgálati téren belüli nem ellenőrzött felületekre rakódott le, elpárolgott, és a mérési területen kívülre sodródott. A vízérzékeny papírok segítségével megállapítható, hogy az 100 cm -es szinten a levelek szín- és fonákoldala hasonlóan egyenletes borítottságú (46.a. ábra), átlagos értéke $13,9\text{-}40,2\%$, a magasabb szinteken (140 cm , 180 cm) a levelek színoldali fedettsége nagyobb a fonákoldalínál, ezek az értékek színoldalon $33,7\text{-}98\%$, míg fonákoldalon $1,7\text{-}31,6\%$ (46.b. ábra). Megjegyzendő, hogy fonákoldalon egy-egy mintánál a fedettség nem érte el a minimálisnak tekinthető 10% -ot.

A második mérésnél (május 18.) még mindig alacsony, $12,92\%$ -os a hasznosulás aránya, hasonlóak a talajra kerülő mennyiségek (a kezelt területen $8,63\%$, a szomszédos sorokban $8,23\%$), és még mindig nagyon magas, $69,39\%$ a nem ellenőrzött veszteség. A levelek átlagos mérete már $31,8 \text{ cm}^2$, $\text{LAI}=0,427$. A fedettség szín- és fonákoldalon a 100 cm , illetve 140 cm -es szinteken közel azonos, értéke: $10,7\text{-}46,8\%$, a legfelső szinten a színoldal borítottsága továbbra is magasabb ($52,8\text{-}81,8\%$), mint a fonákoldali ($8,9\text{-}46,8\%$).

A harmadik mérés (június 2.) alkalmával már jelentősebb volt a célfelületre került vegyszer mennyisége. A szőlő leveleinek átlagos mérete már $90,7 \text{ cm}^2$, a LAI értéke $1,413$ volt. A recovery értéke közel $27,53\%$, ami egy hagyományos rendszerű, axiál-ventilátoros szállítólevegős gépnél még mindig az elvárható szint alatt van. A sorok alatt és között a talajra kerülő veszteség $6,72\%$ -ra csökkent, a szomszédos két soron, illetve a talajon felfogott mennyiség valamelyest nőtt ($1,53\%$, és $6,53\%$). A nem mért veszteség még nagyon magas, $57,7\%$ -os. A vízérzékeny papírok kiértékelésénél megállapítható, hogy a levelek színoldala minden kijelölt szinten jóval nagyobb borítottságú ($44,4\text{-}99,7\%$), mint a fonákoldala ($1,2\text{-}$

47%). Erre a megnövekedett különbségre a legvalószínűbb magyarázat, hogy a nagyméretű leveleket a szállítólevégő már nem mozgatja megfelelően, a levelek a légáram hatására egymásra szorulhatnak, és ez a jelenség a szórásképen is megfigyelhető, az elkenődött vegyszer nyomai látszanak (46.c és 46.d. ábrák).



46. ábra: Jellemző szórásképek a különböző mérési időpontokban:

- a) 1. mérés: április 29. 100 cm-es magasság az „A” sor „1” jelű szőlőtőkén
- b) 1. mérés: április 29. 180 cm-es magasság az „A” sor „3” jelű szőlőtőkén
- c) 3. mérés: június 2. 140 cm-es magasság az A sor 3. jelű szőlőtőkén
- d) 3. mérés: június 2. 180 cm-es magasság az „B” sor jelű szőlőtőkén

Időpont	LAI	Dózis [dm ³ /ha]	A levélzet színoldalán		A levélzet fonákoldalán	
			fedettség [%]	szórás [%]	fedettség [%]	szórás [%]
Április 29.	0,230	289	42,56	29,70	20,39	20,21
Május 18.	0,427	289	37,11	23,57	27,06	18,58
Június 2.	1,413	289	63,82	30,70	18,67	20,14

13. táblázat: az első három vizsgálatnál megállapítható fedettségi értékek vízerzékeny papírok használatával

A további méréseknél a lombzat tömegének növekedése miatt a szőlősgazda felemelte a hektáronkénti dózist, amelynek visszszámolt értéke az eddig kijuttatott 289 dm³/ha-ról 481 dm³/ha-ra változott. A nagyobb értéket további két, eddig nem használt fűvóka-pár bekapcsolásával kaptuk, így minden egyéb üzemeltetési tényező (nyomás, ventilátor-fordulatszám, haladási sebesség) változatlan maradhatott. Megjegyzendő, hogy Salyani mesterséges célfelületen végzett kísérletei (SALYANI, 2000) szerint dózis-emelésnél a lerakódási viszonyokra kedvezőbben hat a több kisebb fűvóka üzemeltetése a változatlan számú, de nagyobb fűvókaké.

A 4. mérésnél (június 18.) az állományra jellemző levélfelület-index 1,658-ra nőtt, ez nem sokkal nagyobb, mint az előző kezelés esetében. A hasznosulás értéke megközelíti a

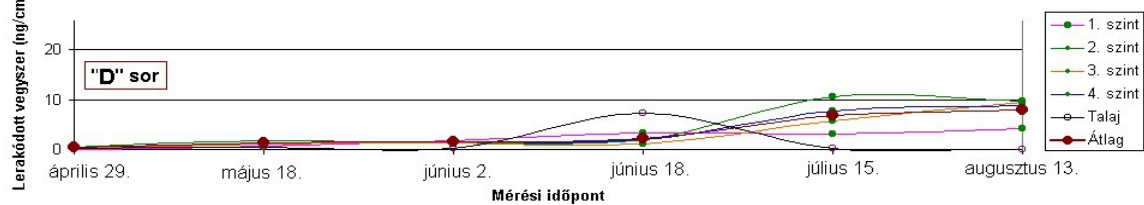
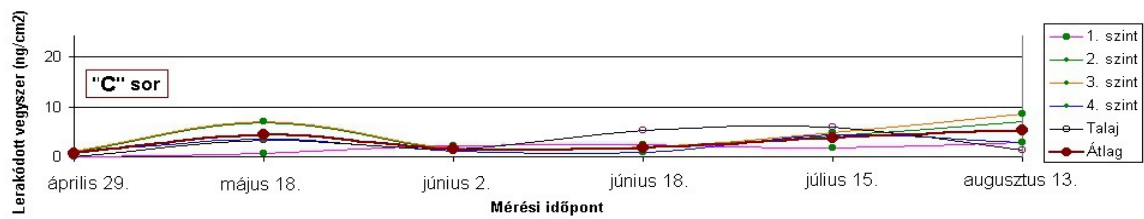
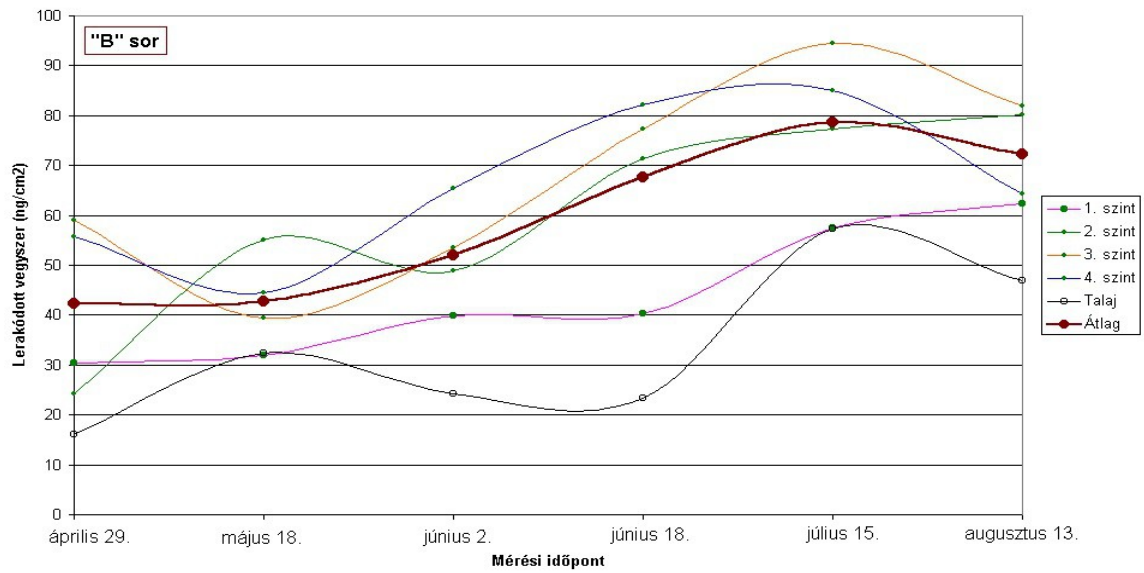
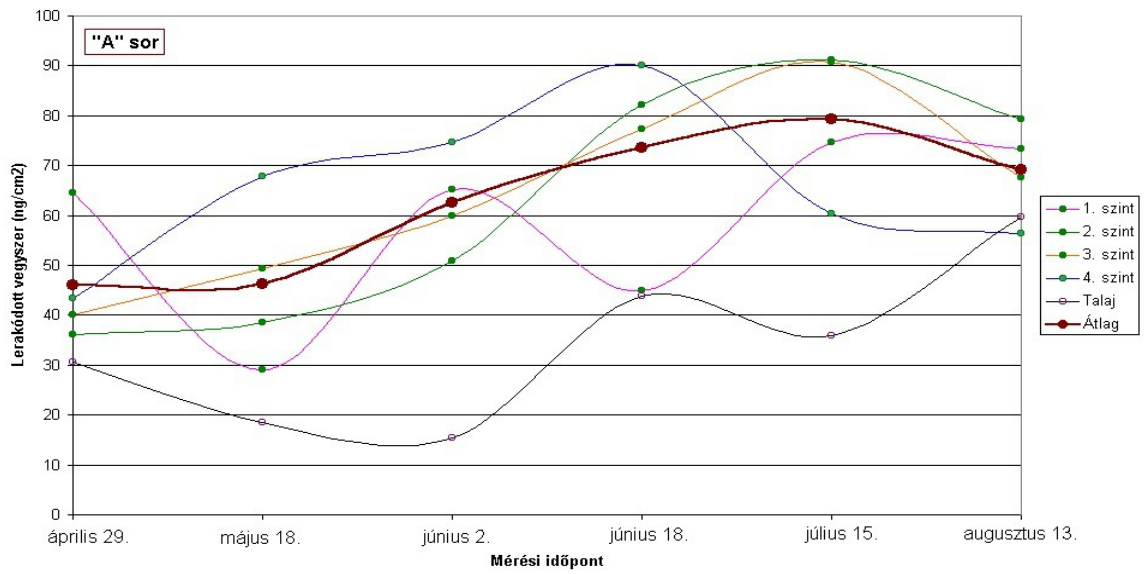
40%-ot, de a talajra került részarány is jelentősen növekedett, értéke a kezelt területen 12%, a kezelt területen kívül 9,27%. A szomszédos két soron a levélzeten visszamérhető vegyszer részaránya a kipermetezethez viszonyítva 2,2%. Az eredményekből megállapítható, hogy a nagyobb lombtömeg jobban fékezte a szállítólevegőt, az eddig nem ellenőrzött veszteség egy része jelent meg a szomszédos sorokon és főként a talajon. Ennek ellenére 36,66%-nyi vegyszer még mindig nem ellenőrzött felületre, illetve a mérési területen kívülre jutott, vagy elpárolgott. A vízérzékeny papírral végzett fedettségi vizsgálatot során kiderült, hogy a színoldalon elhelyezett papírok gyakorlatilag 100% fedettségűek, a 100 cm-es, illetve 140 cm-es magasságban már esetenként permetlé-megfolyás tapasztalható, a fonákoldaliak pedig a levelek mozgása, összesimulása miatt a legtöbb esetben kiértékelhetetlen képet adtak, így a továbbiakban ezt a mérési módszert nem használtuk.

A következő, július 15-i kísérlet alkalmával közvetlenül a permetezés előtt zöldmetszést hajtottak végre: a sorokba benyúló, a túl magasra, vagy túl mélyre hatoló hajtásokat levágták. Ennek ellenére is nagyobb tömegű, zártabb lombzat maradt, mint a megelőző mérésnél, a LAI értéke 1,898 volt. A permetlé közel 51%-a került a célfelületre, de tovább növekedett a talajra kerülő részarány, 13,46%-os volt a kezelt területen, azon kívül viszont 7,37%-ra csökkent. A szomszédos sorokban a már nem permetezett levélzeten is növekedett a lerakódás értéke 6,84%-ra. A nem ellenőrzött veszteség 21,39%-ra csökkent.

Az utolsó (augusztus 13.) mérésnél a recovery értéke 56,03%-os volt, ami egy hagyományos axiál-ventilátoros permetezőgép esetében jó értéknek mondható. A lombzat tömegéből (LAI=2,331), és zártságából adódóan a veszteségek legnagyobb része a kezelt sorok között rakódott le a talajra, ez a teljes mennyiség 16,82%-a volt. A nem mért veszteség részaránya már csak 10,56%. A szomszédos két soron mérhető veszteség értéke tovább nőtt 10,54%-ra, míg alattuk a talajon 6,02%-nyi vegyszer volt visszamérhető.

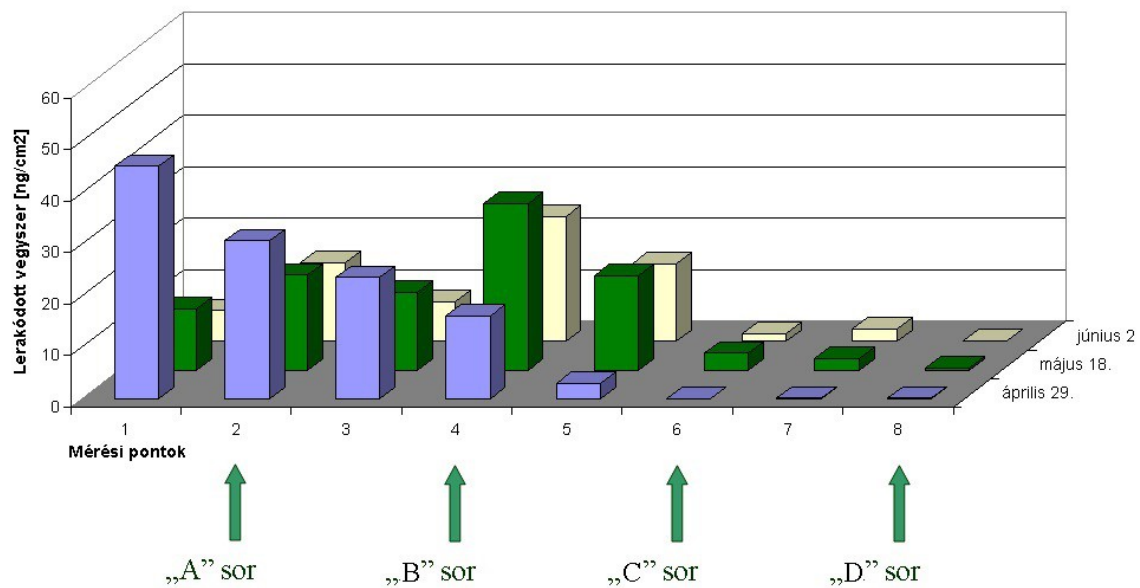
Időpont	LAI	Dózis [dm ³ /ha]	A kezelt területen		A kezelt területen kívül		Nem ellenőrzött
			célfelületen	talajon	növényzeten	talajon	
Április 29.	0,230	289	6,91%	12,88%	0,08%	8,43%	71,70%
Május 18.	0,427	289	12,92%	8,63%	0,83%	8,23%	69,39%
Június 2.	1,413	289	27,53%	6,72%	1,53%	6,53%	57,70%
Június 18.	1,658	481	39,86%	12,01%	2,20%	9,27%	36,66%
Július 15.	1,898	481	50,94%	13,46%	6,84%	7,37%	21,39%
Augusztus 13.	2,331	481	56,03%	16,82%	10,54%	6,02%	10,56%

14. táblázat: a vizsgálatok során mért permetlé-hasznosulás és a veszteségek arányai



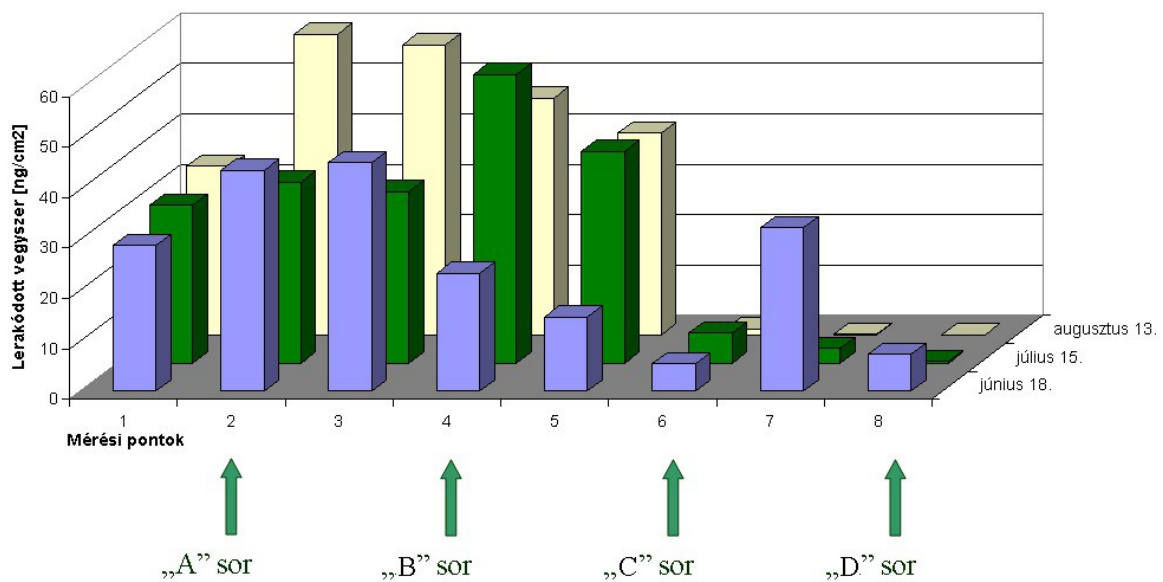
47. ábra: a vizsgált sorokra lerakódó vegyszer mennyisége

1-3. mérés, $Q=289 \text{ dm}^3/\text{ha}$, ALBUZ ATR 80, 1-2-3 fűvóka, $p=20 \text{ bar}$, 1. vent.fokozat, $n=345 \text{ rpm}$, $v=7 \text{ km/h}$



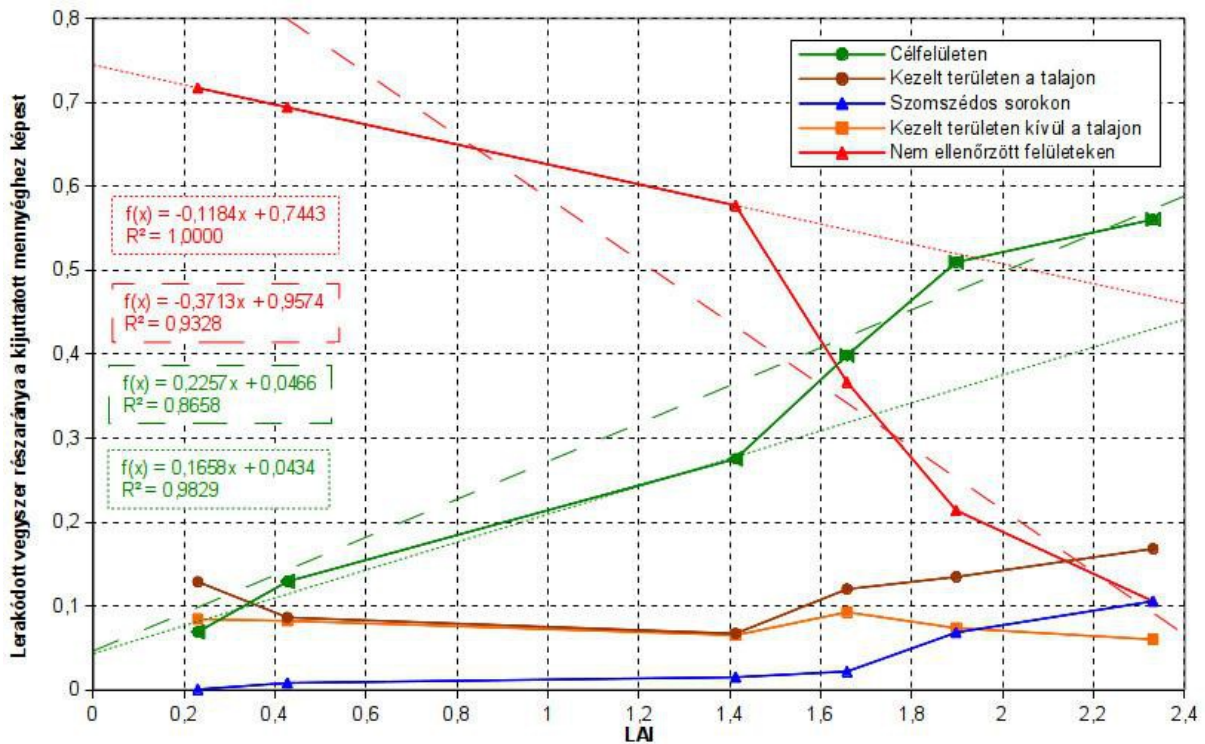
48.a. ábra: a talajra került vegyszer mennyiségének alakulása a vizsgált időszakban ($Q=289 \text{ dm}^3/\text{ha}$)

4-6. mérés, $Q=481 \text{ dm}^3/\text{ha}$, ALBUZ ATR 80, 1-2-3-4-5 fűvóka, $p=20 \text{ bar}$, 1. vent.fokozat, $n=345 \text{ rpm}$, $v=7 \text{ km/h}$



48.b. ábra: a talajra került vegyszer mennyiségének alakulása a vizsgált időszakban ($Q=481 \text{ dm}^3/\text{ha}$)

A méréseredményekből megállapítható, hogy a LAI index növekedése minden vizsgált sor esetében (beleértve a sorokon kijelölt különböző magassági szinteket is) kedvezően hat a lerakódási értékekre (47. ábra), de ezzel együtt a kijelölt kezelési területen belül, a talajon mérhető veszteségek is növekednek. A talajra kerülő veszteségeknél jól megfigyelhető a szórásnorma emelésének hatása (48.a. és 48.b. ábrák)



49. ábra: a permetlé-hasznosulás és a veszteségek arányai a LAI függvényében

Minden mérési feladat megkezdése előtt a vizsgálati tér minden sorából és szintjéről növénymintákat vettünk az előző műveletből visszamaradt jelzőanyag mennyiségének megállapítására. Kiértékelésük során kiderült, hogy a korábbi permetezési műveletekből a levélzeten maradt jelzőanyag mennyisége a méréseket érdemben nem változtatja, értéke 1 ng/cm^2 alatti, ami két nagyságrenddel kisebb a közvetlen permetezés utáni értékeknek. Ehhez hozzájárult az időjárás szerencsés alakulása is, mivel a vizsgálatok közötti időszakokban minden alkalommal legalább egyszer volt számottevő mennyiségű csapadék, amely lemosta a lombzatról a jelzőanyagot, továbbá, hogy a vizsgálatok között minden esetben legalább 2 hét idő eltelt.

A két mérési módszer, az azonos mérési pontokon elhelyezett vízérzékeny papírok fedettsége, illetve az onnan vett növénymintákról visszamért jelzőanyag mennyisége között nem találtunk összefüggést. Ennek lehetséges magyarázata, hogy ugyanakkora mennyiségű vegyszer csekély számú, nagyobb átmérőjű cseppekre bontva sokkal kisebb fedettséget eredményezhet, mint nagyszámú apró csepp esetében.

4.3. A menetsebesség elsodródásra gyakorolt hatásának vizsgálata

A permetezési dózis valós értékének megállapításához szükségünk van a gépcsoport pontos haladási sebességére, valamint a permetlé-térfogatáram értékére.

Erőgép típusa	Sebességfokozat	Motor fordulatszám [1/min]	Mért haladási sebesség [km/h]
Zetor 5911	T/5	1600	4,04
	O/2	2000	5,94
	O/3	2000	8,05
	O/4	1900	11,9

15. táblázat: a vizsgálatokhoz használt erőgép üzemeltetési paraméterei

Az egyes permetezési műveleteknél a gépcsoport beállításai, és az ellenőrzésnél mért és számított üzemeltetési tényezői a következők voltak:

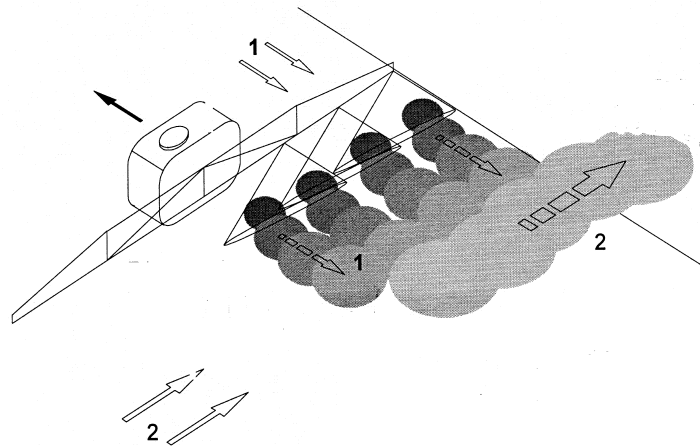
Szórófejek típusa	Szórófejek száma [db]	Haladási sebesség [km/h]	Üzemi nyomás [bar]	Permetlé-térfogatáram Σq [dm ³ /min]	Számított dózis [dm ³ /ha]
XR11004VK	24	4,04	3	38	470
		5,94			320
		8,05			236
		11,9			160
XR11002VK	24	4,04	3	23	285
		5,94			194
		8,05			143
		11,9			97

16. táblázat: a vizsgálatokhoz használt permetezőgépek üzemeltetési paraméterei

	Vizsgálat időpontja	Haladási sebesség [km/h]	Fúvóka-készlet	Szélesség minimuma [m/s]	Szélesség maximuma [m/s]	Átlagos szélesség [m/s]
1	2003.04.14.	4	XR11004VK	1,3	2,7	2,6
2	2003.04.15.	6	XR11004VK	2,2	4,0	2,9
3	2003.04.15.	8	XR11004VK	0,9	2,2	1,9
4	2003.04.16.	12	XR11004VK	2,7	4,0	3,2
5	2003.04.16.	4	XR11004VK	0,9	4,0	2,9
6	2003.04.16.	6	XR11004VK	1,8	3,6	2,9
7	2003.04.16.	8	XR11004VK	2,2	4,0	3,1
8	2003.04.16.	12	XR11004VK	2,2	3,1	3,6
9	2003.04.16.	4	XR11004VK	1,8	4	2,7
10	2003.04.16.	6	XR11004VK	1,8	3,1	2,5
11	2003.04.16.	8	XR11004VK	0,9	3,1	2,0
12	2003.04.16.	12	XR11004VK	1,8	3,6	2,4
13	2003.04.17.	4	XR11002VK	1,8	4,0	2,8
14	2003.04.17.	6	XR11002VK	1,8	4,0	3,1
15	2003.04.17.	8	XR11002VK	2,2	5,8	3,3
16	2003.04.17.	12	XR11002VK	1,8	3,6	2,8
17	2003.04.17.	4	XR11002VK	0,9	4	2,3
18	2003.04.17.	6	XR11002VK	0,9	3,6	1,9
19	2003.04.18.	8	XR11002VK	0,9	4	2,6
20	2003.04.18.	12	XR11002VK	1,3	2,7	2,2
21	2003.04.18.	4	XR11002VK	1,3	4	2,5
22	2003.04.18.	6	XR11002VK	1,3	3,6	2,4
23	2003.04.18.	8	XR11002VK	1,8	4,5	3,6
24	2003.04.18.	12	XR11002VK	1,8	4	2,7

17. táblázat: a vizsgálatok alatt feljegyzett időjárási adatok

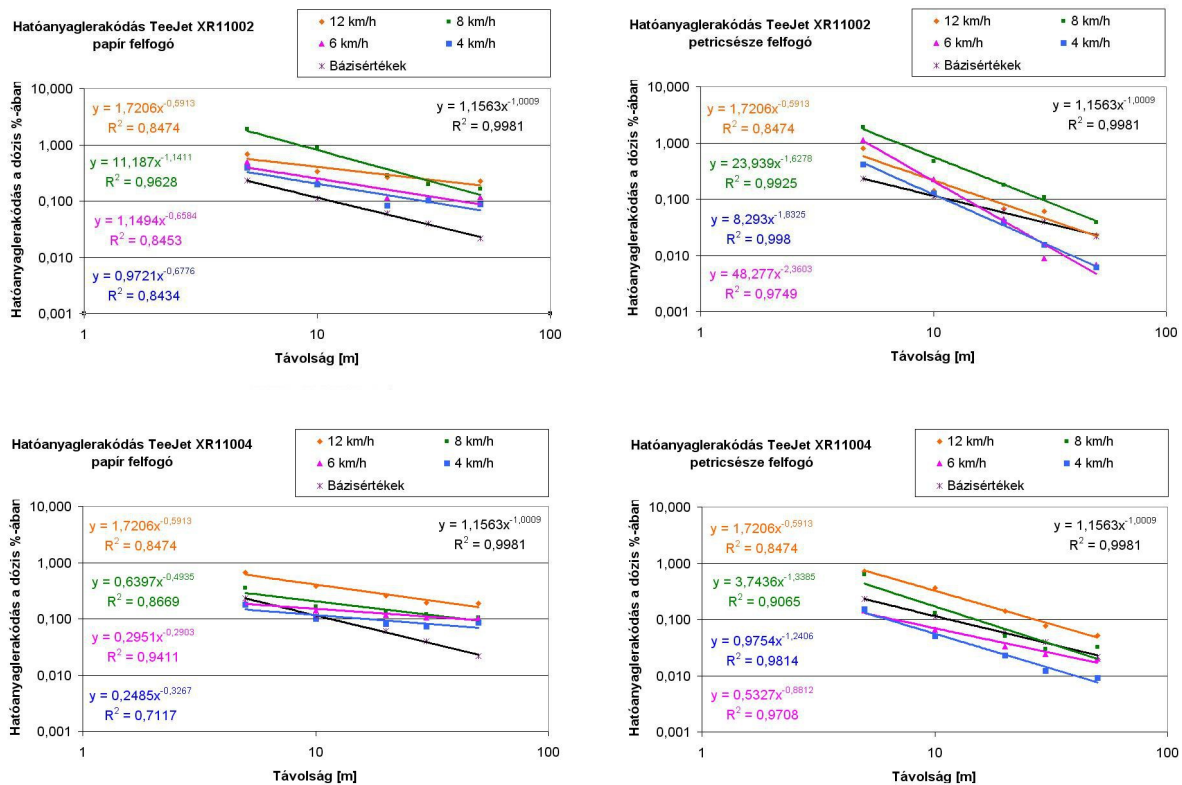
Az elsodródás okait vizsgálva (47. ábra) megállapítható, hogy a menetsebesség hatására keletkező menetszél (1) teremti meg első fázisban az elsodródás lehetőségét. Ennek mértékét az üzemeltetőtől függő kijuttatástechnikai paraméterek (szórófej magasság, szórófejtípus, méret, permetezési nyomás, haladási sebesség) határozzák meg. Második fázisban az oldalszél (2) hatására következik be a kezelt területről történő tényleges elsodródás, melyet a klimatikus jellemzők befolyásolnak.



50. ábra: Az elsodródás keletkezésének modellezése (LÁSZLÓ et al., 2001)

A vizsgálati eredmények statisztikai elemzése alapján megállapítható, hogy mindkét fűvóka-készlet alkalmazásánál, mind a négy vizsgált haladási sebesség esetén szignifikáns eltérés van az elsodródási távolság függvényében a talajra lerakódott jelzőanyag mennyiségben ($P < 0,05$). Az elsodródási területen a lerakódott hatóanyag mennyisége a távolságtól függően mind a négy menetsebesség esetén negatív kitevőjű hatványfüggvény szerint változik. Kétszeres logaritmikus léptékben tehát megközelítően párhuzamos egyenesekkel ábrázolhatjuk az összefüggéseket (51. ábra).

A 11002-es fűvókák mérési folyamatai során az oldalszél átlagos sebessége ugyan minden esetben a megadott intervallumban maradt, de pillanatnyi sebességértéke lökészerűen két esetben is túllépte 4 m/s felső határt (17. táblázat). Mindkét jelenséget a 8 km/h-s haladási sebesség vizsgálatai alatt tapasztaltuk, a 15. számú mérésnél 15 mp időtartamra 5,8 m/s csúcserővel, a 23. számú mérésnél 25 másodpercre 4,5 m/s csúcserővel következett be, ennek a hatása nagyon erősen megmutatkozott az elsodródott mennyiségek visszamérésénél. A kétszeres logaritmikus léptékben ábrázolt összefüggéseknél az egyenes jelleg megmaradt, a meredekség hasonlóan alakult a 4, illetve a 12 km/h-s haladási sebéségnél számítottakhoz, a koordináta-rendszerünkben legfelülre tolódott, erősebb elsodródási jelenséget mutatva a legmagasabb menetsebességhez képest is. A 6 km/h-s munkasebéségnél az egyenes meredeksége nagyobb lett, mint a többi esetben, annak ellenére, hogy mind az átlagos, mind pedig a maximális szélesebesség-értékek nem haladták meg a peremfeltételeket. Ez a kezelt területhez közel, az 5, illetve 10 m-es mérővonalon lerakódott jelzőanyag mennyiségének emelkedését jelzi.



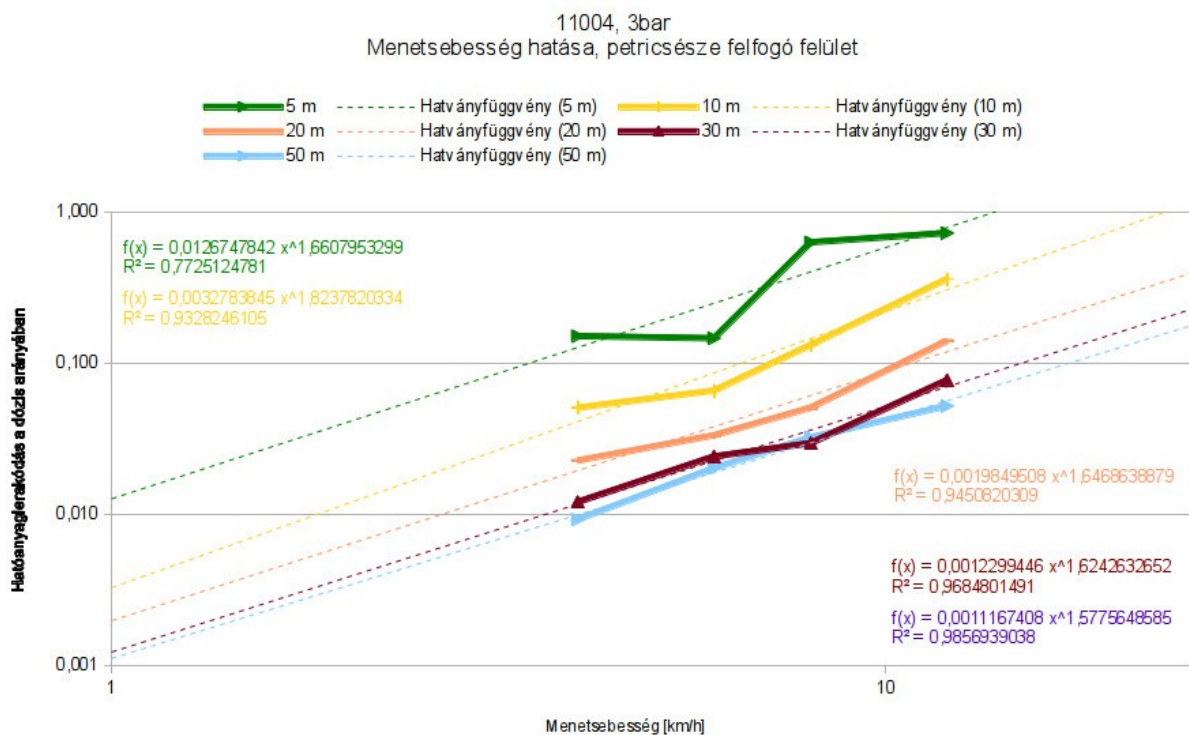
51. ábra: Hatóanyag lerakódás a kijuttatott dózis %-ban (XR 11002, XR11004 – 3 bar)

A szélesség-mérés adatsorából kiderül, hogy a 22. számú vizsgálatnál (17. táblázat) oldalszél az első fordulóban 10 mp-re 3,6 m/s-ra emelkedett, majd a második fordulóban 5 mp-re 4 m/s-ra, illetve a 18. számú vizsgálat első fordulójában 40 mp-ig 3,1 m/s volt. Mind a négy említett mérés (15., 18., 22., 23.) további idejében 3 m/s alatti volt az oldalszél.

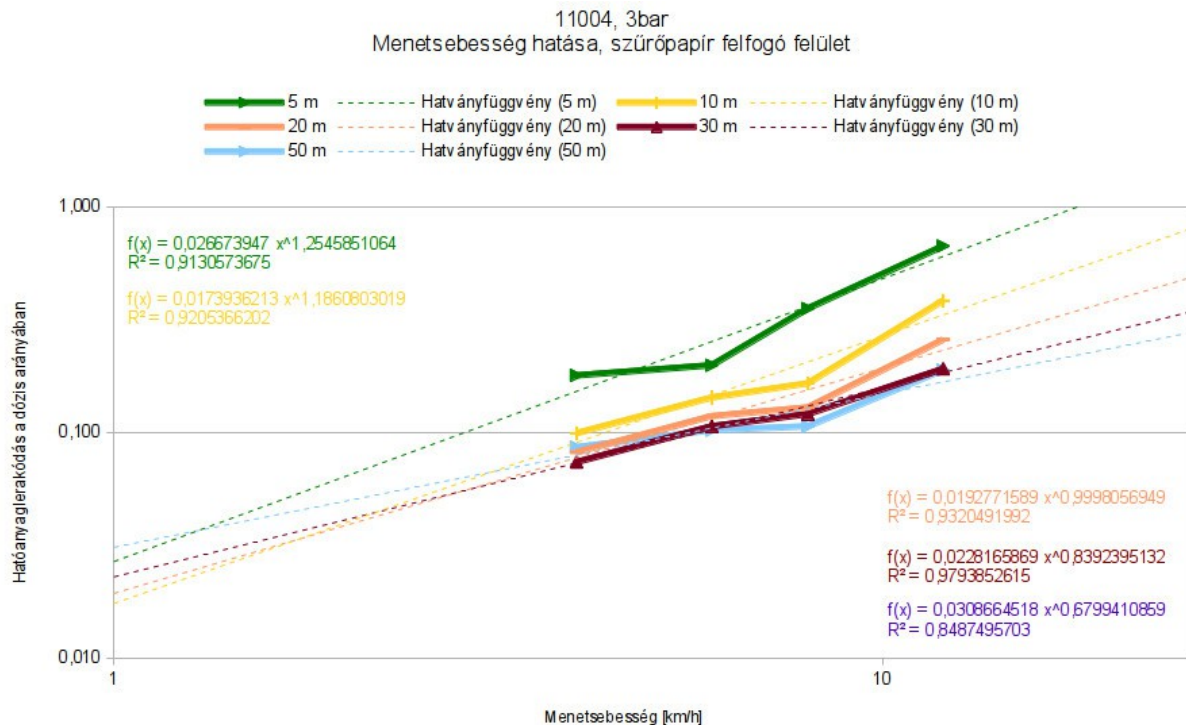
A 11004-es fúvóka alkalmazásával a menetsebességtől függően rendre nagyobb elsodródás-értékek voltak mérhetőek, az előbbieket szerint ábrázolva egymással közel párhuzamos, egyre magasabban elhelyezkedő egyeneseket kaptunk. A megnövelt menetsebesség tehát bizonyíthatóan nagyobb elsodródást okoz. A menetirányra merőleges oldalszél sebessége csupán egyetlen mérésnél, a 3. sorszámúnál (17. táblázat) maradt 0,1 m/s-mal a peremfeltételként meghatározott 2-4 m/s alatt.

Ha a permetezési művelettől való távolság és az elsodródott vegyszer mennyisége közötti összefüggés negatív kitevőjű hatványfüggvény, és kétszeres logaritmikusan lejtékben megközelítően párhuzamos egyeneseket eredményez a menetsebességtől függően, akkor erre a görbesereg (egyenesekre) merőlegesen húzott vektor (gradiens) mutatja a menetsebesség

és az elsodródás összefüggését. Ennek a függvénynek (gradiensnek) tehát a matematika szabályai szerint pozitív kitevőjű hatványfüggvénynek kell lennie, és a menetsebesség, valamint az elsodródott vegyszer meghatározott távolságon mért lerakódási arányai közötti összefüggést mutatja. Ennek keresésére a fentiekben említett, 11002-es fűvókáknál jelentkező, nem várt oldalszél hatása miatt csak a 11004-es fűvókákkal mért vizsgálati eredményeket használtuk fel. A kezelt területtől azonos távolságoknál (5, 10, 20, 30, 50 m) felvett különböző menetsebességekhez tartozó lerakódási értékeket felvéve (továbbra is mindkét tengelyt logaritmikus léptékben) emelkedő, a távolságtól függően egyre alacsonyabban elhelyezkedő egyeneseket kaptunk (52. és 53. ábra). Így már közvetlenül is kijelenthető, hogy a nagyobb menetsebesség nagyobb arányú elsodródást okoz, ez a mérési területen belül minden mérővonalon, és mindkét felfogó-felület esetében megfigyelhető volt, valamint a menetsebesség és a kezelt területtől való távolságtól függetlenül az elsodródás közötti kapcsolat pozitív kitevőjű hatványfüggvény.

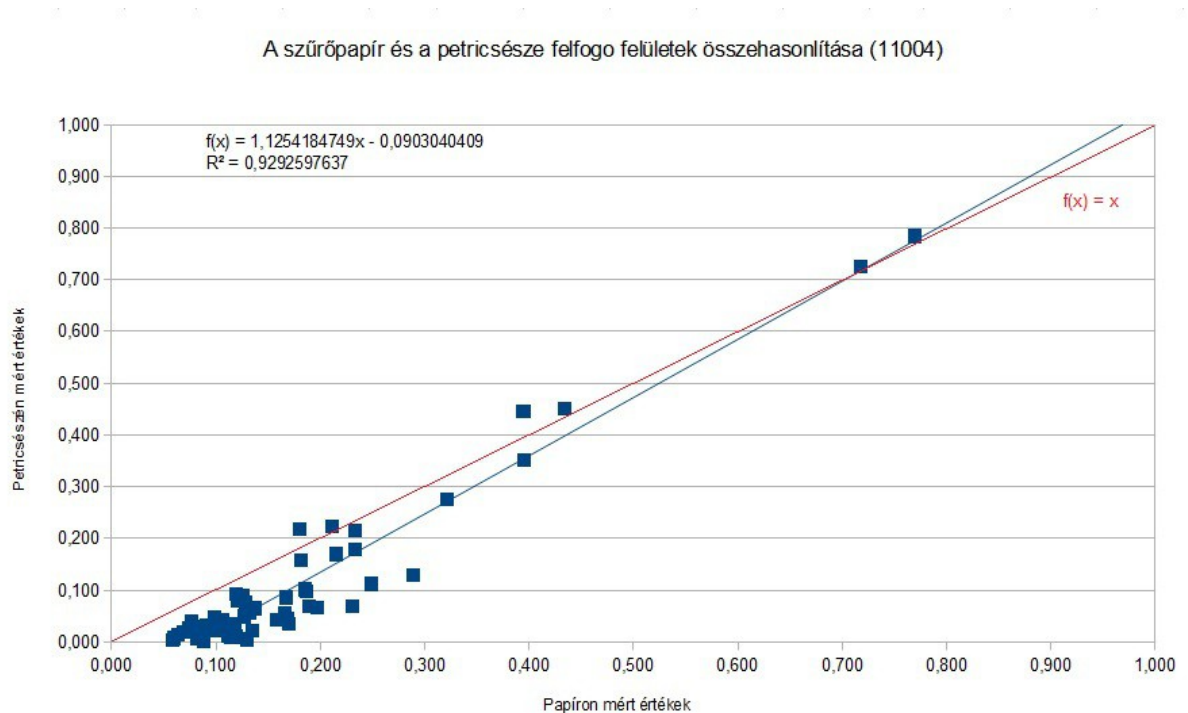


52. ábra: Hatóanyag lerakódás a kijuttatott dózis arányában menetsebességtől függően, petricsésze felfogó felület alkalmazásával (XR11004 – 3 bar)



53. ábra: Hatóanyag lerakódás a kijuttatott dózis arányában menetsebességtől függően, szűrőpapír felfogó felület alkalmazásával (XR11004 – 3 bar)

A két felfogó felület (szűrőpapír, petricsésze) összehasonlítása során a permetezett területtől 5 méter távolságban közel azonos lerakódott mennyiségeket mértünk, de előlött már a szűrőpapíron nagyobb értékek jelentkeztek. További tapasztalatunk volt, hogy a szűrőpapírnál a BBA által meghatározott bázisvonalától eltérő iránytangensű egyeneseket kapunk (kétszeres logaritmikus léptékben), azaz a visszamért jelzőanyag mennyisége a távolsággal kisebb mértékben csökkent, mint a petricsészék segítségével végzett vizsgálatoknál. A két mesterséges felfogó-felület összehasonlításához az azonos mérési pontokon található mérésadatokból számpárokat alkottunk, amelyet egy koordináta-rendszerben ábrázoltunk. Hibamentes mérés, és a mesterséges minták azonos viselkedése esetén egy origóból kiinduló 45°-os egyenesre illeszkednének ezek az adatok. Esetünkben (x tengelyen a szűrőpapírról, y tengelyen a petricsészéről származó lerakódási értékeket ábrázolva) azt tapasztaltuk, hogy az eredményekre illesztett egyenes nem az origóból indul, hanem csekély mértékben jobbra tolódik (késik), valamint, hogy az egyenes meredeksége nagyobb 45°-nál (54. ábra). Az előbbi jelenség oka a szűrőpapír 0 érték beállításának bizonytalansága, és a papír anyagminőségének szórása.

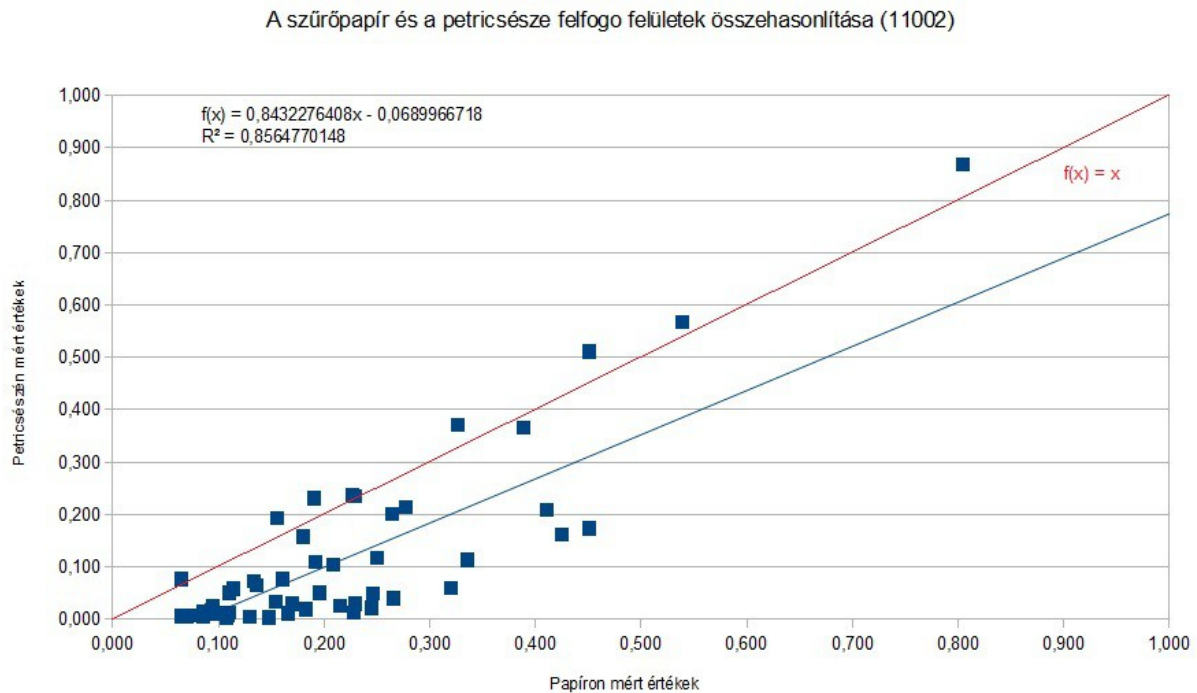


54. ábra: A két felhasznált mesterséges felfogó-felület mérési eredményeinek összehasonlítása a 11004-es szórófejekkel végzett permetezési műveleteknél

Vizsgálataink szerint a szűrőpapír tartalmazhat a fluorimetriás mérés során a tesztanyaghoz hasonlóan viselkedő vegyületeket, és ez elsősorban a kis értékeket növeli, torzítja. A nagyobb meredekségre legvalószínűbb magyarázat a két felfogó-felület eltérő fizikai jellemzőiben keresendő, hiszen a két mesterséges minta felülete különbözik (érdesség, nedvszívó-képesség, felületi feszültségre gyakorolt hatás), ami a különböző méretű cseppek lerakódását befolyásolhatja. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a 11004-es szórófej alkalmazásánál, a nagyon kis mennyiségek kivételével a petricsészen több jelzőanyag fogható fel. Az adatpárokra illesztett egyenes egyenlete $y = 1,1254x - 0,0903$, a korrelációs együttható értéke $R^2 = 0,9293$.

A kialakuló cseppméret, és a két mérési módszer által szolgáltatott lerakódási értékek között is valószínűsíthetően összefüggés van. A 11002-es fűvókasorral végzett mérések összehasonlítása (55. ábra) más képet mutatott, mint a nagyobb, 11004-es fűvókáknál tapasztaltak. A kapott adatpárok nagyobb szórást mutattak, nagyobb mennyiségek esetén pedig a 11004-es szórófejeknél tapasztaltakkal ellentétben a petricsészen kevesebb volt a lerakódott vegyszer mennyisége. Az illesztett egyenes ennek megfelelően 45° -nál kisebb meredekségű. A szűrőpapír „0” értékének eltolódása ennél a vizsgálati sornál is

megfigyelhető. A mérési pontosság laboratóriumi tesztelése során, idealizált feltételek között is, kisebb hibaeltérést, szórást mutattak a petricsészés vizsgálatok. Tapasztalatinkat az üzemi mérések során nyert adatok statisztikai elemzése is alátámasztja, az azonos elsodródási távolságon elhelyezett szűrőpapíron, illetve petricsészében felfogott jelzőanyag-mennyiségek szignifikáns eltérést mutatnak.

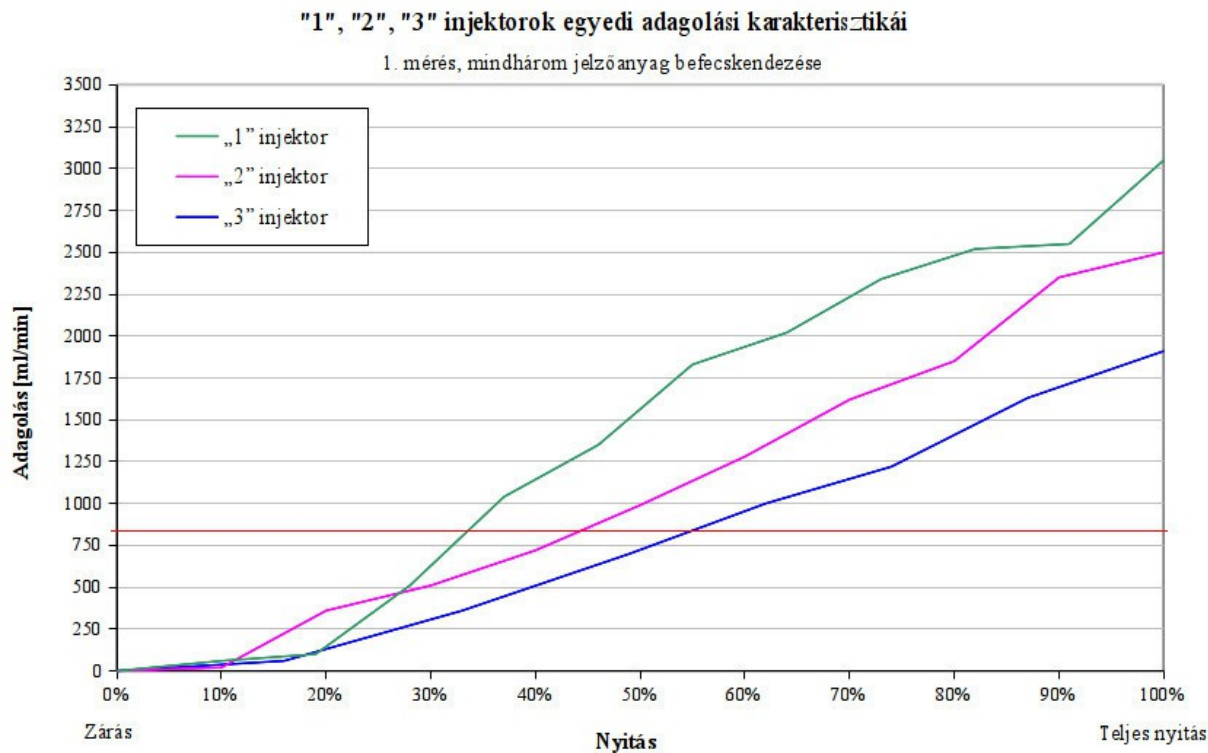


55. ábra: A két felhasznált mesterséges felfogó-felület mérési eredményeinek összehasonlítása a 11002-es szórófejekkel végzett permetezési műveleteknél

A szabadföldi elsodródásmérések nagyon munkaigényesek és nehezen reprodukálhatók (ezt a fentiekben említett méréseknél is tapasztalhattuk), ezért a BBA-nál kifejlesztettek egy szélesátmérő mérési eljárást szántóföldi permetezőgépek elsodródási potenciáljának meghatározására. A szántóföldi elsodródási vizsgálatok mérési eredményei igazolták, hogy a szélesátmérő-mérésekből származó DIX-értékek és a szántóföldi vizsgálatoknál kapott vegyszer-lerakódási értékek az alkalmazási feltételek széles tartományában egymással jól korrelálnak ($R^2=0,83$).

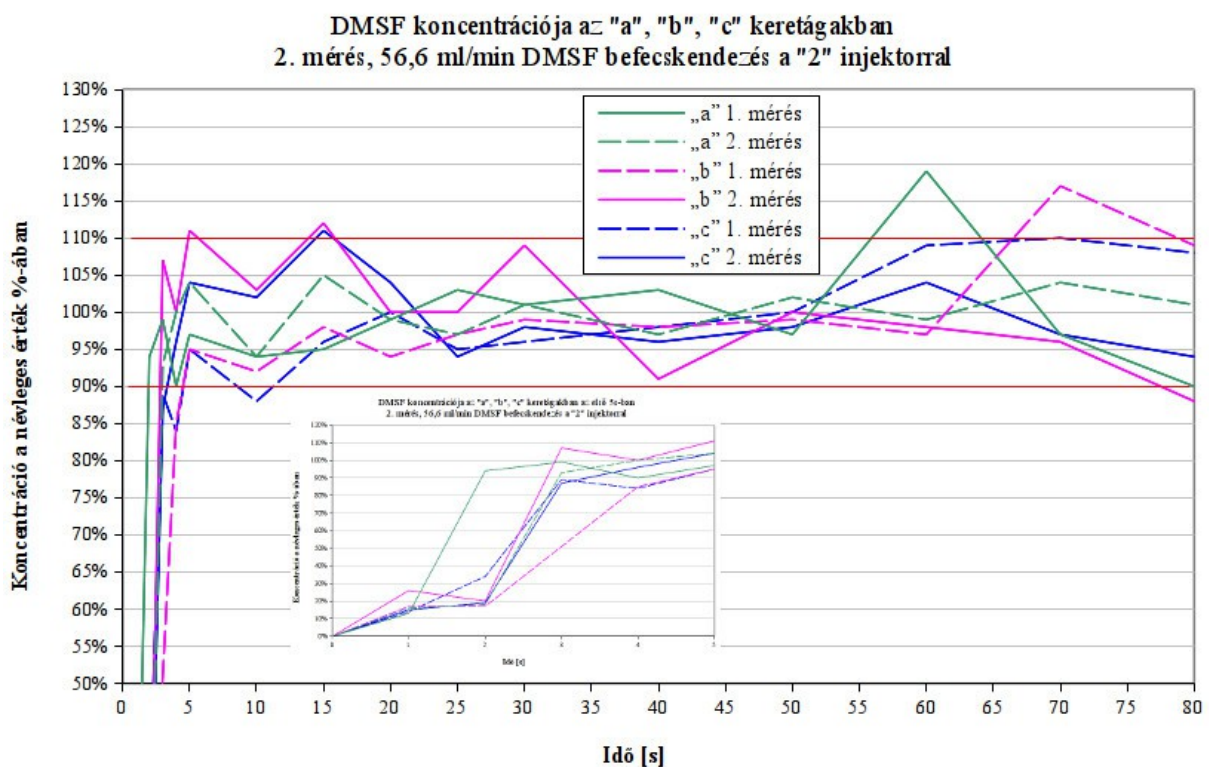
4.4. Azonos idejű precíziós kijuttató rendszer vizsgálata

Az *adagolási tartomány* megállapításához felvettük mindhárom injektor adagolási jelleggörbáját (56. ábra). Jól látható, hogy a három adagoló jelleggörbéje nem azonos, esetenként jelentős mennyiségbeli különbségek vannak, ami a szabályozási feladat során nem előnyös. Az „1” jelű injektor teljes nyitás mellett $3050 \text{ cm}^3/\text{min}$, a „3” jelű pedig csupán $1950 \text{ cm}^3/\text{min}$ adagolási teljesítményre képes azonos nyomásviszonyok mellett. Ugyanezek az értékek az említett két injektornál 50%-os keresztmetszeti nyitás esetén $1580 \text{ cm}^3/\text{min}$, illetve $700 \text{ cm}^3/\text{min}$, ami igen nagy különbség. Az eltérések a megmunkálási pontatlanságokból adódnak. A vizsgálatok szerint az adagolási tartományok a $43\text{-}3102 \text{ cm}^3/\text{min}$ intervallumban vannak. Ez alapvetően megfelel a szükséges $(0,7\text{-}10 \text{ dm}^3/\text{ha})$ vegyszerdózisnak, amelynek biztosításához a menetsebesség függvényében $14\text{-}800 \text{ cm}^3/\text{min}$ befecskendezési térfogatáramra van szükség, ami azt jelenti, hogy nincs kihasználva konstrukció teljes adagolási tartománya. A kívánt térfogatáram az adagolási tartomány elejére esik, ahol még az adagolás pontatlan, a szabályozási tartomány elhelyezkedése nem kedvező.



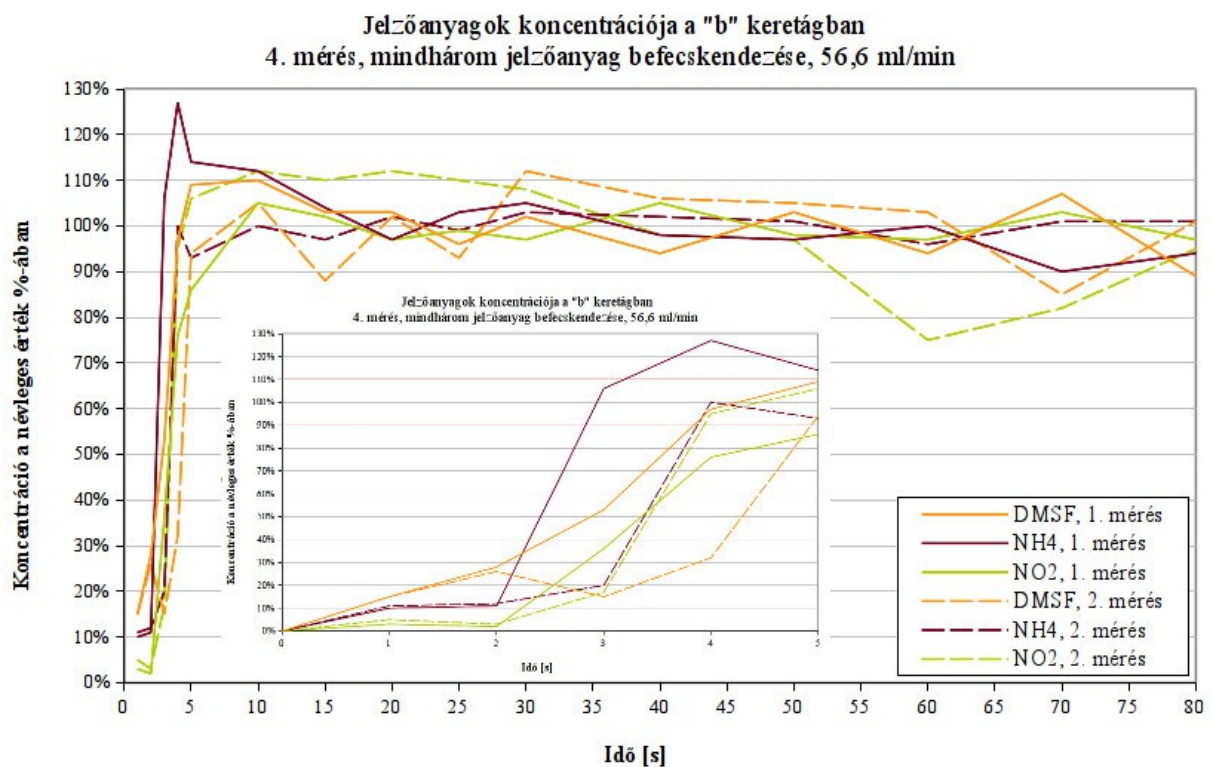
56. ábra: Injektor adagolási jelleggörbéje 8 bar injektálási nyomásnál

A szabályozás időtartamának és jóságának kitűzött követelményeinek (azaz a beinjektálás kezdete utáni ötödik másodpercig a vegyszer-koncentrációnak $\pm 10\%$ -os eltéréssel be kell állnia a névleges értékre, majd ebben a tartományban kell maradnia) a kifejlesztett injektorok a legtöbb esetben megfeleltek. Ha egy vízzel átmosott „tisztá” hidraulikus kör esetén a hatóanyag beadagolásának pillanatától kezdve mérjük a koncentráció emelkedését, úgy az ideális, 100%-os homogenitási (jósági) pont eléréséig mért időtartamból következik a maximális szabályzási idő (illetve a haladási sebesség figyelembe vételével a szabályzási útszakasz), amely a rendszer szabályzási érzékenységére jellemző. Azoknál a méréseknél, ahol csak egyféle jelzőanyagot (DMSF) injektáltunk be a vízáramba, és mindhárom keretágnál ellenőriztük a vegyszer-koncentrációt (57. ábra), azt tapasztaltuk, hogy az 5. másodpercnél mind a hat mérésnél a megengedett hibahatáron belül volt vegyszer-koncentráció beállt értéke, de később, két esetben is, az „a” keretágon a beinjektálás kezdete utáni 60. másodpercben 19%-kal, és a „b” keretágon a 70. másodpercben 17%-kal volt magasabb a beadagolt jelzőanyag koncentrációja a kívánt értéknél.



57. ábra: Egy ható-/jelző/anyag koncentráció értékének emelkedése a három egymás mögötti keretágnál

Az 58. ábrán látható mérési eredményeknél (amelyek a három beinjektált ható-/jelzőanyag koncentráció emelkedését mutatja be a „0” időponttól, a „b” útszelep utáni keretágnál, 2 ismétléses mérésnél) látható, hogy az előírt, maximum $\pm 10\%$ homogenitás-eltérés a névleges koncentrációtól a hat mérés estében csak háromszor teljesült. A DMSF koncentrációja a beinjektálástól számított 70. másodpercben -15% -os, az NH_4 koncentrációja az 5. másodpercben $+14\%$ -os, illetve az NO_2 koncentrációja a 60. másodpercben -25% -os eltérést mutatott a névleges értéktől. Mindhárom mérés másik ismétlésében azonban az értékek nem léptek ki a szabályozási mezőből. Megállapítható tehát, hogy az adagoló rendszer általában $\pm 15\%$ koncentráció-ingadozáson belül dolgozik, tehát az adagolás-egyenletesség jósága csak részben elfogadható. A nagy koncentráció ingadozás oka, hogy csak az adagolási tartomány elejét használjuk ki, esetenként nagyon kicsi a szükséges beinjektálási térfogatáram (pl. $56,6 \text{ cm}^3/\text{min}$), azaz nagyon kicsi keresztmetszet van nyitva, ezért nem egyenletes a vegyszer beadagolása. Ez a szabályzási pontatlanság mindegyik adagolónál azonos módon jelentkezik, így a nem megfelelő működés szintén az adagoló kialakításával magyarázható.



58. ábra: Három ható-/jelző/ anyag koncentráció értékének emelkedése a szabályzási idő függvényében

Természetesen az eltérések átlaga jobb összképet mutat, a táblázatok utolsó sorában közölt értékek között csak 3 esetben léptük túl a 10%-ot. Szintén elfogadható, jó értéket kaptunk annál a mérésorozatnál, ahol 1 hatóanyag beinjektálásának hatását vizsgáltuk 1 útszelep után, itt ugyanis egy esetben sem volt $\pm 10\%$ -nál nagyobb eltérés.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A szakterületen eddig megjelent hazai és külföldi tudományos szakirodalom alapján megállapítható, hogy a permetezés közben fellépő veszteségek vizsgálata, azok csökkentésének lehetőségei adják a környezetkímélő, vegyszertakarékos, fenntartható gazdálkodásba beilleszthető növényvédelem kutatási alapjait.

5.1. Hatóanyag lerakódás mérése különböző kijuttatási technikák alkalmazásával

A búza állományban penetrációs és lerakódási viszonyok feltárására végzett összehasonlító vizsgálatok eredményeiből a légszákos kijuttatás-technika előnyeit kell kiemelni. 150 dm³/ha-os dózisérték alkalmazásánál összehasonlítva hagyományos réses fűvókákkal a kalászra 9,4%-kal kevesebbet juttat ki, míg a zászlóslevélen 15,3%-kal, a szárközépen 16,1%-kal, a szártón pedig 92,7%-kal több vegyszerlerakódást mértünk. A magasabb, 250 dm³/ha-os dózis mellett is jobb a penetráció mértéke, a kalászra 5%-kal kevesebb, a zászlóslevélre 29,5%-kal, a szárközépre 27,1%-kal, a szártőre pedig 163,3%-kal több a lerakódott vegyszer mennyisége. Az injektoros fűvókákkal felszerelt gép esetében a permetlé-hasznosulás mértéke közel azonos a légszákos gépével, a penetrációs jellemzők azonban máshogy alakulnak. Az alacsonyabb dózisértéknél a kalász 45,2%-kal, a zászlóslevél 17,2%-kal, a szártó 155,5%-kal több, a szárközép viszont 7,1%-kal kevesebb hatóanyagot kap, mint a hagyományos réses fűvóka esetében. A magasabb dózisinál ezek az értékek kalászszinten 17,5%-kal kevesebb, zászlóslevélen 24%-kal, szárközépen 20,1%-kal, szártón 51%-kal több vegyszert jelentenek. A talajra kerülő vegyszerhányad tekintetében a három összehasonlított konstrukció esetében csupán kis eltérések állapíthatóak meg, a légszákos gép levegőárama számottevően nem növeli ezt a veszteséget. Az összehasonlításban az alacsonyabb dózisinál a hagyományos réses szórófejeknél 13,24%, az injektorosnál 9,03%, a légszákos gépnél 10,07%, a magasabb kijuttatási dózisinál ezek a veszteségi arányok réses fűvókáknál 5,17%, injektorosnál 4,14%, illetve a légszákos gépnél 6,43%. A mérési

módszerek közül a vízérzékeny papír használata fokozott körültekintést igényel, mert a búza állomány belsejében uralkodó magas (75-80%) relatív páratartalom miatt rövid idő alatt elszíneződik.

A légszákos technológia alkalmazása tehát kifejezetten kedvező szártó-betegségek elleni védekezésnél. Az injektoros fűvókakészlet használatánál nem elhanyagolható az a tény, hogy beruházási költségeit tekintve jóval kedvezőbb megoldás egy légszákos technológiánál. Az eljárási költségeket összehasonlítva kisebb gazdaságokban, 200-250 ha alatti szántóterületen az injektoros fűvókák Ft/ha fajlagos költsége kedvezőbb, felette a légszákos gép magasabb beruházási költsége is megtérülhet.

Az ültetvény-permetezési vizsgálatok, és a kidolgozott vertikális eloszlás-vizsgálati eljárás megmutatták, hogy nem mindig lehet minden permetezőgépnél a kívánt eloszlási formát beállítani, azaz nem lehet bármely ültetvény jellemzőihez hozzáigazítani. Az újonnan kidolgozásra került, javasolható elméleti vertikális szórású szóráskép szerkesztés módszer a növényállomány geometriai jellemzői, és a kijuttatott vegyszer mennyiségétől függő változókat tartalmaz. Az üzemi mérések bebizonyították a módszer alkalmazhatóságát. Alacsony kijuttatási dózis (pl. 150 dm³/ha), és nagy sortáv (pl. 6,5 m) esetében a legkritikusabb a permetezőgép vertikális szórásképének hozzáigazítása a permetezni kívánt ültetvény jellemzőihez által meghatározott javasolható szórásképhez. Hagyományos művelésű (4 m-es sortáv, 2 m-es tőtáv, gömbszerű koronaforma) alma ültetvényben végzett vizsgálataink során bebizonyosodott, hogy a legjobb penetrációs viszonyok a hagyományos axiál-ventilátorral felszerelt szállítólevegős gép segítségével érhető el, de a vizsgált elektrosztatikus feltöltésű légorlasztós gép is hasonlóan jól teljesít.

A kertészeti permetezőgépekkel szemben támasztott követelmény-rendszerben nincs a szántóföldi permetezőgépek adagolási- és keresztirányú szóráskép-vizsgálatához hasonló eljárás. Sem típusvizsgálatnál, sem pedig időszakos felülvizsgálatnál nincs kötelező jellegű vertikális eloszlás-vizsgálat. Javasolható tehát egy olyan ajánlás felállítása, ami az ültetvény-permetezőgépek különböző állományjellemzők melletti használhatóságára ad felvilágosítást a vertikális eloszlás-vizsgálat segítségével. Legnehezebb dolog a javasolt szóráskép megállapítása, ami a gépek műszaki paraméterei mellett állományfüggő is, ezért célszerű olyan követelményeket támasztani, amelyek keret-jellegű szabályozásként értelmezhetőek. A termesztési módok szerint a nagyobb sortávú (5–6 m) gyümölcsösök hagyományosan gömbközelű lomkoronaformával rendelkeznek, itt a félkörhöz közeli vertikális eloszlás tekinthető

kedvezőnek. Az intenzív, kordonos művelésű állományok leggyakrabban egybefüggő, horizontális és vertikális irányban megközelítőleg azonos lombkorona-vastagságúak, ahol a permetlé-eloszlásnak is egyenletesnek kell lennie a célfelület alsó- és felső határai között. Mivel a két állomány-kialakításhoz teljesen más vertikális eloszláskép illeszkedik, a kérdés az, hogy a minősítendő permetezőgép milyen feltételek mellett, és mekkora eltéréssel képes ezeket a követelményeket teljesíteni. Célszerű volna tehát laboratóriumi körülmények között vertikális pad segítségével mérni, mekkora az a munkaszélesség-tartomány, amelynél kialakítható félkörhöz hasonló-, és egyeneshez közeli szóráskép.

A vertikális eloszlásmérő pad továbbfejlesztésére létrehozott szintérzékelő eszközt megfelelő méretben elkészítve bármely más hasonló elven működő diagnosztikai eszköznél alkalmazhatjuk, utólag felszerelhetjük. A kapacitív érzékelők előnyei, hogy nem csak víz esetében, hanem bármilyen folyadéknál használhatóak kalibrálási folyamat után, ezért nem csak mezőgazdasági diagnosztikai eszközökhöz használható. Az önálló mikro-számítógépes vezérlő rendszer nem csupán mérési adatgyűjtésre és adattovábbításra, hanem szabályozási és automatizálási folyamatok ellátására is alkalmassá teszi. A szintleolvasó szenzorok tekintetében két kisebb méretű és a tesztelt darabtól eltérő kialakítású, de ugyancsak kapacitív elven működő érzékelőt fejlesztünk, amelyek várhatóan még olcsóbbak és pontosabbak lesznek. Mivel a jelenlegi rendszerünk egyszerre 16 csatornát képes kezelni, a 32 mérőcsővel rendelkező vertikális padnál kissé nehézkes az adatgyűjtés, további áramkörök beépítésére van szükség. A piacon kaphatóak már 32, vagy annál több adatcsatornát kezelni képes mikroszámítógépek is, melynek használata a nagyszámú mérőhengernél előnyösebb.

5.2. Növényállomány fejlettségi állapotának hatása a lerakódási viszonyokra

A növényállomány fejlettségi állapota és a permetezés hatékonysága közötti összefüggések feltárásánál megállapítható, hogy célfelületre került permetlé mennyiségét, és a recovery értékét döntően a növényállomány fejlettségi állapotát jellemző LAI határozta meg. A permetezés hatékonysága a levélfelület-index értékével összefügg, közöttük lineáris kapcsolat áll fenn. A vízerzékeny papírokkal végzett vizsgálatok megállapították, hogy a LAI emelkedésével a levelek szín- és fonák fedettségi arányai erősen eltolódnak, a színoldalra

több, a fonákoldalra kevesebb vegyszer kerül. A mérési módszerek esetében megállapítható, hogy a fluoreszcens jelzőanyag, és a vízérzékeny papírok használata nagyon jól kiegészítik egymást, hiszen az előbbivel meghatározható a fedettség értéke szín- és fonákoldalon egyszerre, vagy akár a cseppstruktúra is, míg az utóbbival a lerakódott vegyszer mennyiségének nagyon pontos értéke. A két mérési módszer viszont egymással nem helyettesíthető. A vízérzékeny papírok alkalmazása nagyméretű, sűrű levélzet esetén a szállítólevegő okozta intenzív levélmozgás miatt korlátozottan, vagy egyáltalán nem alkalmazható. A szakirodalomban sokszor összehasonlítási alapként tekintett 55-60%-os recovery érték hagyományos axiál-ventilátorral felszerelt permetezőgépnél csak teljesen kifejlett lomboszat esetén igaz.

A növényállomány fejlettségi állapota és a permetezés hatékonysága közötti összefüggések feltáró vizsgálatai szerint a szőlő korai fejlődés stádiumaiban nem rendelkezik olyan tömegű levélzettel, ami indokolná a permetezőgéppel ventilátorának üzemeltetését. Ebben az időszakban jó fedettség érhető el csupán a hidraulikus porlasztás segítségével. A kikapcsolt ventilátor miatt a kezelt területen a talajra kerülő vegyszer mennyisége várhatóan nagyobb lesz, amit további mérésekkel kell ellenőrizni, továbbá a levélzet fonákoldali fedettsége alacsonyabb lesz, ami kontakt növényvédő-szerekkel okozhat problémát. Javasolható az apró cseppek elsodródásának megakadályozása céljából alacsonyabb permetezési nyomás, és nagyobb méretű fúvóka alkalmazása változatlan kijuttatási dózis mellett. A szállítólevegő nélküli üzemeltetés időtartamának meghatározása nagyban függ a termesztett szőlőfajtától, az évjáratától, a termőterülettől és az időjárás alakulásától, de magától a géptől, és üzemeltetési paramétereitől is, ezért időintervallumának meghatározásakor célszerű az aktuális levélfelület-indexet alapul venni. A vízérzékeny papírral végzett vizsgálatok alapján javasolható, hogy a $LAI < 0,5$ értékéig célszerű szállítólevegő nélkül permetezni. A lomboszat tömege miatt megemelt szórásnorma esetén a hasznosulás értéke is kedvezőbb lehet, de jelentősen nőhet a talajra került vegyszer mennyisége. Annak az időpontnak a meghatározása, hogy mikor kell a megnövekedett levélfelület miatt dózist emelni, szintén nagyon sok tényezőtől függ, de a levélfelület-index itt is adhat támpontot, a vizsgálatok szerint 1,7-1,8 körüli értéknél célszerű változtatni.

5.3. A menetsebesség elsodródásra gyakorolt hatásának vizsgálata

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 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. 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 logaritmusos léptékben megközelítően párhuzamos egyenesekkel ábrázolható. A bázis elsodródási értékekhez viszonyítva a vizsgált eszközök, szórófejek minősíthetők, osztályba sorolhatók, így alkalmazhatóságuk feltétele hatóságilag szabályozható.

A mérési módszerekről megállapítható, hogy a feldolgozás folyamán a nagyobb távolságoknál lévő papírszalagok kiértékelése nehézkes, mivel a papír saját "szennyezettsége" összemérhető a jelzőanyag mennyiségével, így az egyes papírcsíkok "0" értéke csak az egy tekercsben (100 m) lévő papírra érvényes. Javasolható, hogy minden új, megkezdett tekercs esetén új ellenőrző csík is szükséges. A papírcsíkok rögzítése a tűzőgéppel megfelelő, még nagyobb szellőkések esetén is stabilan tart. Amennyiben a mérés metodikája lehetővé tenné, az útvonalat kétszer kellene bejárni, mivel így a kijuttatott anyag mennyisége nő (a koncentrációt nem lehet növelni).

5.4. Azonos idejű precíziós kijuttató rendszer vizsgálata

A vizsgált injektoros vegyszeradagoló berendezés tömény vegyszer alkalmazásánál üzemi körülmények között az adagolási tartományának alsó szakaszában dolgozik. Ez a tény, a gyártási pontatlanságok, valamint a tömény vegyszer fizikai tulajdonságai miatt nagy az adagolási egyenetlenség esélye. Amennyiben nem történik konstrukciós átalakítás, megoldást jelenthet a tömény vegyszert kétszeresére hígítva törzsoldatot készíteni, így jobban

kihasználni a szabályzó adagolási tartományát. Az adagolók túszelepeinek finomabb megmunkálásával is tovább csökkenne az adagolási egyenetlenség, továbbá ez a javítás az egyedi adagolási karakterisztikát is kedvezően befolyásolná, a jelleggörbék jobban megközelítenék az ideálisnak mondható lineáris alakot. A jelenlegi konstrukció megtartása mellett ajánlatos lenne minden egyes injektor egyedi adagolási jelleggörbéjének felvétele. Ezzel csökkenne a fő-folyadékáramban kialakuló, és a kívánt koncentráció közötti eltérés, és az egy rendszerbe beépítendő darabok könnyen összeválogathatóak lennének. Az adagolási pontosság, és az összehangolt működés érdekében célszerű lenne beépíteni a vezérlőprogramba az egyedi karakterisztikáknak megfelelő korrekciókat. Amennyiben a pontatlanságok kijavítása után az adagoló berendezés a vasúti permetezési technológiában beválik, számos előnyös tulajdonsága révén használható lenne a mezőgazdasági technikában is. Az azonos idejű precíziós kijuttatás-technika egyébként drága gyomfelismerő rendszerével együtt alkalmas a szántóföldi gyomirtásra, de maga az adagolóberendezés a gyomtérkép alapján történő helyspecifikus permetezési módszerekbe is beilleszthető.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban és az Európai Unióban a vegyszeres növényvédelem társadalmi megítélése vegyes képet mutat, egészségügyi, és környezetvédelmi szempontból viszont biztosan negatív a megítélése. Érvek és ellenérvek gyakran kerülnek a közvélemény látókörébe, de napjaink modern növénytermesztése még nem képzelhető el úgy, hogy mellőzzük a növényvédő szerek használatát. Így tehát meg kell teremtenünk a minél kisebb vegyszerterhelés melletti fenntartható gazdálkodás feltételeit, és nem utolsósorban alkalmazkodnunk kell a jelenlegi gazdasági helyzethez is, amely ugyanígy megköveteli a kijuttatási hatékonyság növelését. A jelenlegi kutatások fő irányvonala a célzott, minél kisebb veszteség mellett megvalósított védekezés felé fordult. A veszteségek csökkentésének alapfeltétele, hogy a permetezési műveletet befolyásoló tényezők hatásait minél mélyebben megismerjük. A disszertációm témaválasztása során döntően befolyásoltak az egészséges élelmiszer-előállítással kapcsolatos, a mezőgazdaság fenntarthatóságával és a környezetterhelés csökkentésével járó kérdések.

Kutatásaim a permetezési műveletet befolyásoló nagyszámú tényező együttes vizsgálatára természetesen nem terjedhetett ki. E befolyásoló tényezők közül vizsgáltam több különböző konstrukciók hatását a permetezési művelet munkaminőségi paramétereire. Szántóföldi kultúráknál összehasonlítottam a hagyományos réses fűvókákkal, az elsodródást csökkentő injektoros fűvókákkal felszerelt permetezőgépet, valamint a légszásos alkalmazástechnika által elérhető lerakódási és hasznosulási arányokat, penetrációs jellemzőket.

Bebizonyosodott, hogy az injektoros szórófejek használata kisebb gazdaságoknál viszonylag olcsón sokkal jobb munkaminőség elérésére képes, mint a hagyományos réses fűvókák alkalmazása, a légszásos technika pedig célzottan az állomány mélyebb részeinek permetezésére nyújt kiváló lehetőséget, de csak a nagyobb gazdaságoknál jelenthet kifizetődő beruházást. Gyümölcs-ültetvényben hasonló összehasonlító méréseket végeztem, hagyományosnak mondható axiál-ventilátoros szállítólevegős-, irányított légsugarú-, és elektrosztatikus feltöltésű légporszóasztásos permetezőgépet munkáját vizsgáltam. A feladatot nehezítette, hogy jelenleg még nincs a permetezőgépek típusvizsgálati-, és időszakos felülvizsgálati rendszerében az ültetvény-permetezőgépek vertikális szórás képével szemben

támasztott követelmény. Oka, hogy a szántóföldi alkalmazástechnikával szemben a különböző ültetvényjellemzők döntően befolyásolják a gépbeállítás folyamatát. Kidolgozásra került egy, az állomány előzetes geometriai felmérésén alapuló, az állományhoz javasolható szóráskép-szerkesztési módszer, amelynek alkalmazhatóságát üzemi mérésekkel is alátámasztottunk. Ennek alapján készült egy keret-jellegű feltétel-rendszer, ami alapján az ültetvény-permetezőgépek alkalmasságát minősíteni lehet a különböző állományjellemzőktől függően. Az új vizsgálati módszernek eszköze a vertikális eloszlás-vizsgáló pad, amelyet a mérési folyamatok megkönnyítésére, a felvett szórásképek adatainak rögzítésére és digitalizálására továbbfejlesztettünk egy kapacitív elven működő folyadékszint-leolvasó rendszerrel, amely önálló mikroszámítógép-vezérléssel, adatgyűjtési és továbbítási funkciókkal is rendelkezik.

Kutatásokat végeztem szántóföldi környezetben a menetsebesség és a permetlé-elsodródás közötti összefüggések feltárására, különböző méretű réses szórófejek használatával. Bebizonyosodott, hogy az elsodródási távolság és lerakódott vegyszermennyiség között összefüggés van, és hogy a menetsebesség emelése erősíti az elsodródási jelenséget.

A permetezés hatékonyságát befolyásoló tényezők közül az állományjellemzők, mint függő tényezők vizsgálatát kevesen végezték eddig. Egész permetezési szezont felölelő vizsgálatsorozatban összefüggéseket kerestem a lerakódási-, és elsodródási viszonyok, valamint az adott kultúra fejlettségi állapota (levélfelület-index) között. A mérésekhez használt gépet a kidolgozott új módszer szerint állítottam be.

A kiválasztott munkaminőséget befolyásoló tényezők vizsgálata során megállapított eredmények hozzájárulhatnak a növényvédelem gépesítésének fejlesztéséhez, a gépvizsgálati módszerek tökéletesítéséhez és a gyakorlati életben felmerülő kérdések egy részének tisztázásához. A disszertációban feltárt összefüggések több kutatási részterületen is megfogalmaz új lehetőségeket, többek között alkalmazástechnikai oldalról, vagy a vizsgálati módszertanban.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondok mindazoknak, akiknek vezetése, építő kritikája, támogatása és segítsége hozzájárult e disszertáció megszületéséhez.

Elsősorban köszönettel tartozom Dr. László Alfréd címzetes egyetemi tanárnak, aki erre a szakterületre irányított, bevezetett a tudományos megközelítés és problémamegoldás módszereibe, valamint sok türelemmel több, mint egy évtizeden keresztül egyengette rögzös utamat az agrárműszaki tudományok területén.

Köszönöm Dr. Pályi Béla egyetemi docens úrnak, a Pannon Egyetem Georgikon Kar Agrárműszaki Tanszék vezetőjének, hogy belém vetett bizalmával, értékes észrevételeivel, szakmai-, és nem utolsósorban baráti támogatásával és végtelen türelmével oly sok erőt adott ahhoz, hogy ez a dolgozat elkészülhessen.

Köszönöm az Agrárműszaki Tanszék jelenlegi, és már nyugdíjas dolgozóinak, hogy vizsgálataim elvégzésében sokszor munkaidőn túl is segítettek. Köszönettel tartozom Horváth Pálnak azért a rengeteg gyakorlati tanácsért, amellyel egyengette a pályámat, valamint Király Istvánnak és Németh Jenőnek a kísérletek során végzett lelkiismeretes munkájáért.

Köszönöm a kitartást feleségemnek és családomnak, akik a dolgozat elkészítésében a kezdetektől mellettem álltak, sokszor átvállalták teendőim egy részét, biztosították a nyugodt körülményeket, és szeretetükkel támogattak munkámban.

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM JEGYZÉKE

- BALÁZS, F. – DIMITRIEVITS, GY. (1975): A növényvédelem gépei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- BALÁZS, F. – DIMITRIEVITS, GY. – RUTTKAY, P. (1984): A növényvédő gépek üzemeltetése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 31-37. p.
- BALÁZS, F. – DIMITRIEVITS, GY. – LOVRO, I. – TÜNDIK, F. (1985): A növényvédelem gépesítésének fejlődési irányai. Akadémiai Kiadó, Budapest
- BÄCKER, G. – RÜHLING, W. (1991): Pflanzenschutz in Raumkulturen. *Landtechnik*, 46(3), 119-122. p.
- BERZSENYI, Z. (2000): Növényanalízis a növénytermesztésben. Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 94-99. p.
- BODE, L.E. (1984): Downwind Drift Deposits by Ground Applications. In *Proc. Pesticide Drift Management Symposium*, 50, South Dakota State University, Brookings S.D.
- BOUSE, L.F. – KIRK, I.W. – BODE, L.E. (1990): Effect of Spray Mixture on Droplet Size. *Transactions of the ASAE*, 33(3), 783-788. p.
- BUI, Q.D. – WOMAC, A.R. – HOWARD, K.D. – MULRONEY, J.E. – AMIN, M.K. (1998): Evaluation of Sampler for Spray Drift. *Transactions of the ASAE*, 41(1), 34-41. p.
- BUTLER, M. C. – SWAN, T. – MILLER, P. C. H. – WADDELOW, S. – BRADLEY, A. – TUCK, C. R. (2002): Design Factors affecting Spray Characteristics and Drift Performance of Air Induction Nozzles. *Biosystems Engineering*, 82(3), 289-296. p.
- CARPENTER, T.G. – REICHARD, D.L. – KHAN, A.S. (1983): Spray Deposition from a row-crop airblast sprayer. *Transactions of the ASAE*, 26(2), 338-342. p.
- Chen, Y. - Chao, K. - Kim, M. (2002): „Machine vision technology for agricultural applications”, *Computers and Electronics in Agriculture* 36(2–3), 173–191. p.
- CHO, S.I. – KI N.H. (1999): Autonomous Speed Sprayer Guidance Using Machine Vision and Fuzzy Logic. *Transactions of the ASAE*, 42(4), 1137-1143. p.
- CSIZMAZIA, Z. (2006): A növényvédelem gépei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 10. p., 44-60. p.
- DERKSEN, R.C. – GRAY, R.L. (1995): Deposition and Air Speed Patterns of Air-carrier Apple Orchard Sprayer. *Transactions of the ASAE*, 38(1), 5-11. p.

- DERKSEN, R.C. – OZKAN, H.E. – FOX, R.D. – BRAZEE, R.D. (1999): Droplet Spectra and Wind Tunnel Evaluation of Venturi and Pre-orifice Nozzles. *Transactions of the ASAE*, 42(6), 1573-1580. p.
- DIMITRIEVITS, GY. (1993): A környezetszennyezés csökkentésének műszaki lehetőségei a vegyszeres növényvédelemben. In I. kötet (előadások), „Környezetkímélő mezőgazdasági technika” c. nemzetközi tudományos konferencia, Mosonmagyaróvár, 139-146. p.
- DIMITRIEVITS, GY. (1998): A permetlékészítés gépei eszközei. *Mezőgazdasági Technika*, 39(5), 15-18. p.
- DIMITRIEVITS, GY. (2000): Permetező-szórófejek és -fúvókák. *Mezőgazdasági Technika*, 41(6), 17-24. p.
- DIMITRIEVITS, GY. (2005): Anyagtakarékos, környezetkímélő permetezési eljárások. *Mezőgazdasági Technika*, 46(8), Vállalkozók Tanácsadója 169.
- DIMITRIEVITS, GY. – HUSZÁR, J. – PINTÉR, L. (1991): A gépesítés és a környezet hatása a permetezési veszteségekre. *Mezőgazdasági Technika*, 32(7), 4-5. p.
- DIMITRIEVITS, GY. – LÁSZLÓ, A. – LÁSZLÓ, A.-NÉ (1998): Környezetkímélő növényvédelmi műszaki eljárások. In III. kötet, XL. Georgikon Napok Keszthely, 241-245. p.
- DIMITRIEVITS, GY. – GYÜRK, I. – LÁSZLÓ, A. (2000): Növényvédő gépek. In: SZENDRŐ, P. (Szerk.): *Mezőgazdasági gépszerkezettan*, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 177-220. p.
- DIMITRIEVITS, GY. – GULYÁS, Z. (2011): A növényvédelem gépesítése. Szaktudás Kiadó, Budapest
- DLZ (1994a): Auf die Düse kommt es an. *DLZ*, 2/1994, 63-67. p.
- DLZ (1994b): Hacke und Bandspritze kombinieren. *DLZ*, 3/1994, 68-72. p.
- DOBLE, S.J. – MATTHEWS, G.A. – RUTHERFORD, I. – SOUTHCOMBE, E.S.E. (1985): A System for Classifying Hydraulic Nozzles and Other Atomizers into Categories of Spray Quality. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 3, 1125-1153. p.
- DORUCHOWSKI, G. – HOLOWNICKI, R. – GODYN, A. (1996a): Deposit and Loss of Spray in Orchard as Affected by Spray Discharge System and Air-jet Settings. *IOBC-WPRS Bulletin*, 19(4), 383-384. p.

- DORUCHOWSKI, G. – HOLOWNICKI, R. – GODYN, A. (1996b): Air-jet Setting Effect on Spray Deposition within Apple Tree Canopy and Loss of Spray in Orchard. International Conference on Agricultural Engineering, Madrid, Paper No. 96A139
- FAROOQ, M. – SALYANI, M. (2002): Spray Penetration into the Citrus Tree Canopy from Two Air-Carrier Sprayers. *Transactions of the ASAE*, 45(5), 1287-1293. p.
- FOX, R.D. – BRAZEE, R.D. – REICHARD, D.L. – HALL, F.R. (1990): Downwind Residue from Air Spraying of a Dwarf Apple Orchard. *Transactions of the ASAE*, 33(4), 1104-1108. p.
- FRANZ, E. – BOUSE, L.F. – CARLTON, J.B. – KIRK, I.W. – LATHEEF, M.A. (1998): Aerial Spray Deposit Relations with Plant Canopy and Weather Parameters. *Transactions of the ASAE*, 41(4), 959-966. p.
- FROST, A.R. (1981): Rotary Atomization in the Ligament Formation Mode". *Journal of Agricultural Engineering Research*, 26, 63-78. p.
- GANZELMEIER, H. (1986): Abdrift beim Einsatz von Sprüh- und Staubgeräten im Obst- und Ackerbau. *Landtechnik*, 41(6), 174-179. p.
- GANZELMEIER, H. – RAUTMANN, D. – BÄCKER, G. – EICHHORN, K.W. – IPACH, R. – KERSTING, E. – KOCH, H. – RIPKE, F.O. – SCHMIDT, K. (1992): Messung der direkten Abdrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland. In: *Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten – Teil VII*, Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik der BBA, Braunschweig, 1992/9, 1-5. p.
- GANZELMEIER, H. – RAUTMANN, D. (2000): Drift, drift reducing sprayers and sprayer testing. *Aspects of Applied Biology*, 57(1), 1-10. p.
- GANZELMEIER, H. – TÁTRAI, GY. (2001): „Zöldkártya” Permetezőgépek kötelező, rendszeres felülvizsgálata az NSZK-ban. *Mezőgazdasági Technika*, 52(5), 6-7. p.
- GERHARDS, R. – SÖKEFELD, M. – NABOUT, A. – THERBURG, R.D. – KÜHBAUCH, W. (2002): Online weed control using digital image analysis. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, Sonderheft XVIII, 421-427. p.
- GIELING, T.H. – JANSSEN, H.J.J. – VAN STRATEN, G. – SUURMOND, M. (2000): A greenhouse water supply controller: A design based on system identification on closed growing systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26, 361-374. p.

- GILLIS, K.P. – GILES, D.K. – SLAUGHTER, D.C. – DOWNEY, D. (2003): Injection Mixing System for Boomless Target-Activated Herbicide Spraying. *Transactions of the ASAE*, 46(4), 997-1008. p.
- GÖHLICH, H. – KÜMMEL, K. (1993): Verteilungsprüfung an Spritz und Sprühgeräten für Raumkulturen. *Landtechnik*, 48(7), 366-369. p.
- GULYÁS, Z. (2009): A permetezés fejlesztési lehetőségei. *Magyar Mezőgazdaság*, 64(4), 20-23. p.
- GULYÁS, Z. (2013): Műszaki lehetőségek a permetezőgépekkel végzett vegyszerkijuttatás környezetterhelő hatásainak csökkentésére. PhD értekezés, Gödöllő, Szent István Egyetem
- GULYÁS, Z. – KOVÁCS, L. (2004): Elsodródás ellen: korszerű fűvókák. *Mezőgazdasági Technika*, 45(2), 2-3. p
- GULYÁS, Z. – KOVÁCS, L. (2010): Permetezőgépek időszakos felülvizsgálata Magyarországon. *Mezőgazdasági Technika*, 51(1), 59-61. p.
- GULYÁS, Z. – SZOBOSZLAY, S. – FENYVESI, L. (2010): Aktív injektoros, ütközőlapos fűvóka cseppkézés-vizsgálatának, illetve szélcsatornában végzett elsodródásvizsgálatának eredményei. *Mezőgazdasági Technika*, 51(12), 2-5. p
- GULYÁS, Z. – SZOBOSZLAY, S. – FENYVESI, L. (2012): Liquid atomization and spray drift measurement in a wind tunnel for twin fluid system with a deflector nozzle. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36(4), 469-475. p.
- HEINRICH, H. (1979): Armaturen und Feldspritzgestänge bleiben Entwicklungsschwerpunkte. *Agrartechnik International*, 58(2), 12-14. p.
- HERBST, A. (2003): Pesticide formulation and drift potential. In: Proceedings International Congress on Crop Science and Technology, 255–260. p.
- HERBST, A. – GANZELMEIER, H. (2000): Classification of sprayers according to drift risk - a German approach. *Aspects of Applied Biology* 57, 35–40. p.
- HOFFMANN, W.C. – SALYANI, M. (1996): Spray Deposition on Citrus Canopies under Different Meteorological Conditions. *Transactions of the ASAE*, 39(1), 17-22. p.
- HOLOWNICKI, R. – DORUCHOWSKI, G. – GODYN, A. – SWIECHOWSKI, W. (2000): Variation of Spray Deposit and Loss with Air-Jet Directions applied in Orchards. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77(2), 129-136. p.

- HRUBY, D. (1995): Utilisation of one-chip microcontrollers in food industry. In 2. kötet (Előadások): MTA Agrárműszaki Bizottsága Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Szent István Egyetem, Gödöllő, 265-273. p.
- HTTP1:http://www.turbodrop.com/chart_asae.html
- HTTP2:http://www.bba.bund.de/cln_044/nn_804440/SharedDocs/10_FA/Publikationen/Pflanzenschutzgeraete/verlustmind/verzeichnisverlustminderndegeraete_pdf.html_nnn=true
- HTTP3:<http://www.mueller-elektronik.de>
- HTTP4:http://www.penda.hu/file/termek/pdf/martignani_komplett_promocios_anyag%5Ba00728da%5D.pdf
- HTTP5:<http://www.teejet.com/english/home/products/spray-products/broadcast-spray-nozzles/teejet--off-center-flat-spray-tips-%E2%80%94smaller-capacities.aspx>
- HTTP6:<http://www.teejet.com/english/home/products/spray-products/broadcast-spray-nozzles/teejet--double-outlet-flat-spray-tips.aspx>
- HTTP7:<http://www.teejet.com/english/home/products/spray-products/broadcast-spray-nozzles/twinjet--twin-flat-spray-tips.aspx>
- HTTP8:http://www.airtec.com.au/graphics/airtec_nozzle.gif
- HUSZÁR, J. (1996): Új permetezőgép a növényvédelemben. *Mezőgazdasági Technika*, 36(2), 12-14. p.
- HUSZÁR, J. – GYÖKÖS, S. (1991): Gépjelöltési irányok a Debreceni Mezőgépnél. *Mezőgazdasági Technika*, 31(6), 10-11. p.
- HUZSVAI, L. – RAJKAI, K. – SZÁSZ, G. (2005): Az agroökológia modellezéstechnikája. Egyetemi jegyzet. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum
- IMELI, I. – LÁSZLÓ, A. – SVINCÁS, L. (1983): A növényvédelem gépesítése. Egyetemi jegyzet, Agrártudományi Egyetem Keszthely, Keszthelyi Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 109. p.
- ISENSEE, E. (1989): Ansprüche der Produktionstechnik an die elektronische Steuerung/Regelung. *Grundlagen der Landtechnik*, 39(1), 4-10. p.
- JIANG, C. – DERKSEN, R.C. (1995): „Morphological Image Processing for Spray Deposit Analysis. *Transactions of the ASAE*, 38(5), 1581-1591. p.
- JOLÁNKAI, M. – NÉMETH, T. (2007): Agronómiai és környezetvédelmi elvárások. In: NÉMETH, T. – NEMÉNYI, M. – HARNOS, ZS. (Szerk): A precíziós mezőgazdaság módszertana, JATE Press – MTA TAKI, Szeged, 63-75. p.

- KALMÁR, I. (1996): Vegyszertakarékos növényvédelmi eljárások. Az elektrosztatikus permetezés lehetőségei szőlőben és gyümölcsösökben. *Gyakorlati Agroforum*, 7(12) 15-16. p.
- KALMÁR, I. (2009): A különböző műszaki-technikai megoldásokban rejlő növényvédő szer megtakarítási lehetőségek kísérleti igazolása. In: ISBN 978-963-7064-21-0, „Műszaki tudomány az Észak-Alföldi régióban 2009” c. tudományos konferencia, Mezőtúr, 135-142. p.
- KALMÁR, I. (2010): Technikai újdonságok, növényvédőszer-megtakarítási lehetőségek. *Mezőgazdasági Technika*, 51(1), 55-58. p.
- KALMÁR, I. – MARSII, I. – PETRÓ, E. (1997): Alacsony folyadék dózisú, elektrosztatikus cseppfeltöltéses permetlerakódás vizsgálata szőlőben. In: *Összefoglalók, VIII. Növényvédelmi Fórum, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely*, 30. p.
- KALMÁR, I. – VÁSÁRHELYI, I. – HUSZÁR, J. (1999): Elektrosztatikus cseppfeltöltéses permetlerakódási vizsgálatok almaültetvényben. In: *Összefoglalók, X. Növényvédelmi Fórum, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely*, 33. p.
- KOHSIEK, H. (1984): Anforderungen an Feldspritzen. *Landtechnik*, 39(4), 160-161. p.
- LÁSZLÓ, A. (1979): A hidraulikus cseppképzés néhány áramlástani problémájának vizsgálata, különös tekintettel a cirkulációs szórófejekre. *ATEK, Keszthelyi Mezőgazdaságtudományi Kar közleményei*, 21(4), 3-28. p.
- LÁSZLÓ, A. (1985): Szórástechnikai összefüggések permetlevek és folyékony műtrágyák kijuttatása területén. Kandidátusi értekezés Agrártudományi Egyetem Keszthely, Keszthelyi Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely
- LÁSZLÓ, A. (1993): Növényvédelem gépei. In: SZENDRŐ P. (Szerk.): *Mezőgazdasági géptan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 228-245. p.
- LÁSZLÓ, A. témafelelős (1994): Permetlevek és folyékony műtrágyák cseppképzési, eloszlási viszonyainak az anyag-gép-környezet összefüggésrendszer alapján történő vizsgálata. OTKA 1866 sz. kutatási téma zárójelentése, Agrártudományi Egyetem Keszthely, Keszthelyi Mezőgazdaságtudományi Kar, Agrárműszaki Tanszék, Keszthely
- LÁSZLÓ, A. (1996): Növényvédelem gépesítése. Szakmérnöki előadások tananyaga, kézirat. Agrártudományi Egyetem Keszthely, Keszthelyi Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely

- LÁSZLÓ, A. (1997): Folyadékok porlasztása. In: SITKEY GY. (Szerk.): *Gyakorlati áramlástan*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 393-418. p.
- LÁSZLÓ, A. (1999a): Környezetkímélő növényvédelmi eljárások, precíziós kijuttatás, minőség-ellenőrzés. *Mezőgazdasági Technika*, 40(12), 2-5. p.
- LÁSZLÓ, A. (1999b): Növényvédelem gépei. In: LÁNG Z. (Szerk.): *A zöldség-, dísznövény- és szaporítóanyag-termesztés berendezései és gépei*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 140-160. p
- LÁSZLÓ, A. témafelelős (2002): Vasúti vegyszeres gyomirtástechnológia fejlesztése. KMFP-00093/2000 sz. pályázat zárójelentése, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Agrárműszaki Tanszék, Keszthely
- LÁSZLÓ, A. (2003a): A minőségi búza növényvédelmének gépesítési igénye. In 1. kötet, 63-68. p., "Minőségi búzatermelés a Pannon térségben" hármashatár konferencia, Mosonmagyaróvár
- LÁSZLÓ A. (2003b): Növényvédelem gépei fejezet. In: SZENDRŐ P. (Szerk.): *Géptan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 277-338. p.
- LÁSZLÓ, A. témafelelős (2005): Precíziós feladatspecifikus növényvédőszer kijuttatás eljárás-technikai összefüggéseinek vizsgálata. OTKA 34375 sz. kutatási téma zárójelentése. Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Agrárműszaki Tanszék, Keszthely
- LÁSZLÓ, A. témafelelős (2006): Környezetkímélő, vegyszertakarékos permetezési műszaki eljárások fejlesztése és bevezetésének megalapozása - Elsodródás csökkentő szántóföldi permetezési műszaki megoldások. FVM 43569 sz. kutatási téma zárójelentése. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Agrárműszaki Tanszék, Keszthely
- LÁSZLÓ, A. – PÁLYI, B. – RIETZ, S. – GANZELMEIER, H. (1997): Szántóföldi permetezőgépek elektronikus szabályzó-berendezéseinek minősítő vizsgálata. *Járművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek*, 44(7), 245-250. p.
- LÁSZLÓ, A. – PÁLYI, B. (1997): Permetezőgépek ellenőrzése, vezérlése és szabályozása. *Növényvédelmi Tanácsok*, Mosonmagyaróvár, 6(10), 25-26. p.
- LÁSZLÓ, A. – GANZELMEIER, H. – PÁLYI, B. – RIETZ, S. (1998a): Cseppképzési és elsodródási összefüggések vizsgálata német-magyar kutatási együttműködés keretében. In: III. kötet, XL. Georgikon Napok, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 246-250. p.

- LÁSZLÓ, A.– PÁLYI, B.– TAKÁCS, ZS. (1998b): Permetezőgépek EU kompatibilis minőségellenőrző vizsgálata. In: III. kötet, XL. Georgikon Napok, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 251-255. p.
- LÁSZLÓ, A. – PÁLYI, B. – MÁTRAI, Z. (1998c): Precíziós (szabályzott, helyspecifikus) növényvédelmi kijuttatástechnika. In: III. kötet, XL. Georgikon Napok, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 267.-271. p.
- LÁSZLÓ, A. – PÁLYI, B. – LÁSZLÓ, A.-NÉ – SÓVÁRI, J. (2000a): Környezetterhelés csökkentése növényvédőszeres időjárás- és eljárásfüggő elsodródásának meghatározásával. In: I. kötet, XLII. Georgikon Napok, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 147-152. p.
- LÁSZLÓ, A. – PÁLYI, B. – TAKÁCS, ZS. (2000b): Tájékoztató a permetezőgépek EU kompatibilis felülvizsgálati rendszeréről. Tanfolyami kiadvány, Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 16. p.
- LÁSZLÓ, A. – PÁLYI, B. – DIMITRIEVICS, GY. (2001a): Permetezőgépek EU kompatibilis felülvizsgálati rendszere Magyarországon: feladatok, eredmények. In: I. kötet, XLIII. Georgikon Napok, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 1106-1110. p.
- LÁSZLÓ, A. – PÁLYI, B. – LÁSZLÓ A.-NÉ (2001b): Precíziós eljárástechnika a növényvédelemben: időjárás- és eljárásfüggő elsodródás meghatározása. In I. kötet, XLIII. Georgikon Napok, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 1111-1116. p.
- LÁSZLÓ, A. – PÁLYI, B. – LÖNHÁRD, M. – LÁSZLÓ, A.-NÉ (2004): Environment friendly application, tests of drifting influenced by weather conditions and procedure. *Hungarian Agricultural Engineering*, 17, 24-25. p.
- LÖNHÁRD, M. – LÁSZLÓ, A. (2004): Permetezőgépek szórástechnikai, munkaminőségi jellemzőinek vizsgálati eljárásai, eszközei. In 3. kötet, MTA Agrárműszaki Bizottsága XXVIII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Szent István Egyetem, Gödöllő, 140-144. p.
- LÖNHÁRD, M. – LÁSZLÓ, A. (2005): Környezetkímélő permetezési eljárások búza növényvédelménél. In 2. kötet, MTA Agrárműszaki Bizottsága XXIX. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Szent István Egyetem, Gödöllő, 228-232. p.

- LÖNHÁRD, M. – PÁLYI, B. – TAKÁCS, ZS. – VÍGH, E. (2013): Examination of Spray Losses and Recovery Rate in Vine Plantations. *Georgikon For Agriculture*, 23(1) 85-97. p.
- LUKÁCS, O. (1999): Matematikai Statisztika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- MARCHANT, J.A. (1980): Electrostatic spraying – Some Basic Principles. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 987-997. p
- MARCHANT, J.A. – GREEN, R. (1982): An electrostatic charging system for hydraulic spray nozzles. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 27, 309-319. p.
- Martignani Claudio e C.S.a.s.: „Használati és karbantartási utasítások Martignani KWH System elektrosztatikus pneumatikus permetezőkhöz”
- MICSKEY I.-NÉ (1993): A TWIN bármikor bevethető. *Mezőgazdasági Technika*, 33(2), 7-9. p
- MOLTÓ, E. – MARTIN, B. – GUTIÉRREZ, A. (2001): Pesticide Loss Reduction by Automatic Adaptation of Spraying on Globular Trees. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77(1), 35-41. p.
- MOSER, E. (1983): A vegyi védelem javítása a permetsugár elektrosztatikus feltöltésével. *Járművek, Mezőgazdasági Gépek*, 30(5), 161-165. p.
- MOSER, E. – ECKERT, S. (1984): Einige Grundlagen der elektrostatischen Aufladung von Spritzflüssigkeiten im chemischen Pflanzenschutz. *Grundlagen der Landtechnik*, 34(1), 1-5. p.
- NAGY, P. (1998): Mikrokontrollerek alkalmazása a mérésadatgyűjtésben és a folyamatirányításban. In: 3. kötet, MTA Agrárműszaki Bizottsága XXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Szent István Egyetem, Gödöllő, 224-228. p.
- NAGY, P. – FRANCSICS, P. – MOLNÁR, G. – CSEKE, B. (1998): Mikrokontrollerek alkalmazása a mezőgazdasági mérés- és szabályozástechnikában. In: III. kötet, XL. Georgikon Napok, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 272-275. p.
- NAGY, P. – MAKÓ, A. – KOVÁCS, J. (2000): Mikrokontrollerek alkalmazása a kertészeti és környezetvédelmi mérés technikában, In: I. kötet, XLII. Georgikon Napok, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 176-180. p.
- NUYTTENS, D. – BAETENS, K. – DE SCHAMPHELEIRE, M. – SONCK, B. (2007): Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. *Biosystems Engineering*, 97(3), 333-345. p.

- PAPP, L. (1985): Az elektrosztatikus permetezés legújabb eredményei. *Növényvédelem*, 21(2), 77-81. p.
- PÁLYI, B. (1990): Automatikus permetezés-szabályzó rendszerek vizsgálata. Doktori értekezés, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely
- PÁLYI, B. (1999): Permetezés-szabályzó rendszerek alkalmazástechnikai vizsgálata. PhD értekezés, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely
- PÁLYI, B. (2010): Korszerű eszközök a növényvédelmi kijuttatás-technikában. *Mezőgazdasági Technika*, 51(1), 62-65. p.
- PÁLYI, B. (2011): Korszerű műszaki megoldások a permetezéstechnikában. *Értékálló Aranyakorona*, 11(3), 31-33. p.
- PÁLYI, B. – LÁSZLÓ, A. – RIETZ, S. – GANZELMEIER, H. (2006): Comparison of electronic control units for field sprayers. *Georgikon for Agriculture* 16(1) 55-75 p.
- PERGHER, G. (2001): Recovery Rate of Tracer Dyes Used Spray Deposit Assessment. *Transactions of the ASAE*, 44(4), 787-794. p.
- PEZZI, F. – RONDELLI, V. (2000): The Performance of an Air-assisted Sprayer operating in Vines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76, 331-340. p.
- REISINGER, P. (2001): Weed surveys on farmlands in Hungary (1947-2000). *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 2(1), 3-15. p.
- REISINGER, P. (2008): A precíziós gazdálkodás növényvédelmi vonatkozásai. *Gyakorlati Agroforum*, 19(6), 13-16. p.
- REISINGER P. – NAGY S. (2002): Helyspecifikus gyomirtási technológia tervezése kukoricában GPS-el megjelölt gyomfelvételezési mintaterék alapján. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 3(1), 45-54. p.
- REISINGER, P. – BORSICZKY, I. (2009): Precíziós gyomszabályozás „Gyomvadász” intelligens szórófejjel. *Gyakorlati Agroforum*, 20(1), 68-69. p.
- RIDER, A.E. – DICKEY, E.C. (1982): Field evaluation of calibration accuracy for pesticide application equipment. *Transactions of the ASAE*, 25(2), 258-260. p.
- RIETZ, S. – PÁLYI, B. – GANZELMEIER, H. – LÁSZLÓ, A. (1997): Performance of Electronic Controls For Field Sprayers. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 68, 399-407. p.

- RUDOLPH, R. (1995): Abdrift verschiedener Düsen. *Landtechnik*, 50(2), 66-67. p.
- SÁNDOR, T. – LÖNHÁRD, M. – TAKÁCS, ZS. - PÁLYI, B. (2008): Elektronika és informatika alkalmazása növényvédő gépeken. *Acta Agraria Kaposvariensis*, 12(2), 149-163. p.
- SALYANI, M. (2000): Optimization of Deposition Efficiency for Airblast Sprayers. *Transactions of the ASAE*, 43(2), 247–253. p.
- SALYANI, M. – HOFFMANN, W.C. (1996): Air and Spray Distribution from an Air-Carrier Sprayer. *Applied Engineering in Agriculture*, 12(5), 539-545. p.
- SALYANI, M. – WHITNEY, J.D. (1990): Ground Speed Effect on Deposition Inside Citrus Trees. *Transactions of the ASAE*, 33(2), 361-366. p.
- SÁROSPATAKI, GY. – SIPOS, L. (1999): IPM konform permetezéstechnika a gyümölcsvédelemben. *Gyakorlati Agroforum* 10(13), 54-56. p.
- SIDAHMED, M.M. (1996): A Theory for Predicting the Size and Velocity of Droplets from Pressure Nozzles. *Transactions of the ASAE*, 39(2), 385-391. p.
- SÖKEFELD, M. – GERHARDS, R. – THERBURG, R. D. – NABOUT, A. – JACOBI, R. – LOCK, W. – KÜHBAUCH, W. (2002): Multispektrale-Bildanalyse zur Erfassung von Unkraut und Blattkrankheiten. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVIII*, 437-442. pp.
- SPRAYING SYSTEM CO. (2000): TeeJet Spray Products Buyer's Guide. Wheaton, Illinois, 30. p.
- SVÁB, J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- SVENSSON, S.A. – BRAZEE, R.D. – FOX, R.D. – WILLIAMS, K.A. (2003): Air Jet Velocity in and beyond Apple Trees from a Two-Fan Cross-Flow Sprayer. *Transactions of the ASAE*, 46(3), 611-621. p.
- SWINTON, S.M. (2005): Economics of site specific weed management. *Weed Science*, 53(2), 259-263. p.
- SZTACHÓ-PEKÁRY, I. (2008): Új fejlesztésű permetező-szórófejek. *Mezőgazdasági Technika*, 49(3), 5-7. p
- SZTACHÓ-PEKÁRY, I. (2009): Új rendszerű cseppméretelemző berendezés. *Mezőgazdasági Technika*, 50(6), 2-4. p.

- TAKÁCS, ZS. (2000): Környezetkímélő növényvédelmi alkalmazások mikroeloszlási jellemzőinek képelemzéses vizsgálata. In: I. kötet, XLII. Georgikon Napok, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 171-175. p.
- TAKÁCSNÉ GYÖRGY, K. (2010): Precíziós növénytermelés növényvédőszer-használatának gazdasági hatásai. *Scientific Journal of Agricultural Economics*, 54(4), 368-375. p.
- TÁTRAI, GY. (2010): Gyémántkeménységű, kopásálló kerámiabetétes fúvókák és gyártásuk. *Mezőgazdasági Technika*, 51(8), 7-9. p.
- TIAN, L. – REID, J.F. – HUMMEL, J.W. (1999): Developement of a Precision Sprayer for Site-specific Weed Management. *Transactions of the ASAE*, 42(4) 893-900. p.
- TURBA, J. (1976): Porlasztók. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- WALKLATE, P.J. – MILLER, P.C.H. – GILBERT, A.J. (2000): Drift Classification of Boom Sprayers Based on Single Nozzle Measurements in a Wind Tunnel. *Aspects of Applied Biology*, 57, 49-56. p.
- WESTPHAL, O. – GÖHLICH, H. (1998): Sehendes Sprühgerät. *Landtechnik*, 53(5), 298-299. p.
- WIEDENHOF, H. (1991): Optimisation of Spraying Methods for Fruit Trees with Reduced Use of Chemicals. *British Crop Protection*, 46, 219-223. p.
- WHITNEY, J.D. – SALYANI, M. – CHURCHILL, D.B. – KNAPP, J.L. – WHITESIDE, J.O. – LITTELL, R.C. (1989): A Field Investigation to Examine the Effects of Sprayer Type, Ground Speed, and Volume Rate on Spray Deposition in Florida Citrus. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 42, 275-283. p.
- XUE, J. - Zhang, L. - Grift, T. E. (2012): "Variable Field-of-view Machine Vision Based Row Guidance of an Agricultural Robot ", *Computers and Electronics in Agriculture* 84, 85–91. p.
- YATES, W.E. – COWDEN, R.E. – AKESSON, N.B. (1985): Drop Size Spectra from Nozzles in High-Speed Airstream. *Transactions of the ASAE*, 28(2), 405-410. p.
- ZHU, H. – REICHARD, D.L. – FOX, R.D. – BRAZEE, R.D., OZKAN, H.E. (1994): Simulation of Drift of Discrete Sizes of Water Droplets from Field Sprayers. *Transactions of the ASAE*, 37(5), 1401-1407. p.
- ZHU, H. – ROWLAND, D.L. – DORNER, J.W. – DERKSEN, R.C., SORENSEN, R.B. (2002): Influence of Plant Structure, Orifice Size, and Nozzle Inclination on Spray Penetration into Peanut Canopy". *Transactions of the ASAE*, 45(5), 1295-1301. p.

TÉZISEK

1. A búza állománypermetezés vizsgálatának eredményei alapján megállapítom, hogy a légszákos permetezőgép, illetve az injektoros fűvókák alkalmazásának hatására, adott üzemeltetési jellemzők mellett (a hagyományos réses fűvókákkal összehasonlítva) 19-19,5%-kal nőtt a hatóanyag-lerakódás aránya a célfelületen, továbbá nőtt a penetráció mértéke (szártónél 51-163%-kal). Ez jelentősen javítja a védekezés hatékonyságát, csökkenti a környezetterhelő hatást.
2. A szőlőültetvényben végzett vizsgálatok eredményi alapján megállapítható, hogy az állomány fejlődési állapota, a levélfelület-index, és a permetezés hatékonysága között összefüggés van, jellege lineárisan növekedő. A levélfelület-index és a veszteségek aránya közötti összefüggés két különböző dózis alkalmazása mellett szintén lineáris, csökkenő tendenciájú.
3. Kifejlesztésre került egy kapacitív elven működő on-line folyadékszint-leolvasó rendszer, amely a növényvédőgépek diagnosztikai berendezéseinél alkalmazható, vizuális leolvasási hibától mentes, működési elve az eddig használtakhoz képest gyorsabb és pontosabb mérést tesz lehetővé. A kapacitív szenzor jelátalakítás utáni folyadékszint-frekvencia jelleggörbéje logaritmikus. Az érzékelők és a PC közötti adatforgalom lebonyolítására mikroszámítógépre írt basic-program, az adatok feldolgozására és azonnali megjelenítésére MS Excel környezetben futó Visual Basic algoritmus készült.
4. A szántóföldi elsodródás-vizsgálatok esetében megállapítható, hogy 4, 6, 8, illetve 12 km/h-s munkasebesség mellett a menetszél okozta elsodródásnál az elsodródási távolság és a lerakódott vegyszer mennyisége között TeeJet XR 11002 és TeeJet XR 11004 fűvókák alkalmazásával negatív kitevőjű hatványfüggvény-kapcsolat van.
5. A valós idejű vasúti permetezéshez egyedi gyártással kifejlesztett, vegyszeradagoló berendezés laboratóriumi vizsgálata során minősítettem és meghatároztam az injektorok adagolási karakterisztikáit, a szabályzás időtartamát, jóságát és homogenitás-eltérés jellemzőit. Az eredmények alapján következtetéseket, fejlesztési javaslatokat fogalmaztam meg a gyártó részére.

THESES

1. The use of air-assisted sprayer and air-injection nozzles cause 19-19,5 percents more deposition on target surface, and the penetration-rate were increased (51-163% more deposition at stem-base) by measuring results in wheat crop. This advances significant the efficacy of plant protection, and decrease the loading of environment.
2. There is an increasing linear relationship between the development stage of plantation (leaf-area index) and the efficacy of spraying by the measuring results of spraying in wine plantation. The dependence relation is linear and decreasing between the leaf-area index and the rates of losses using two different application rates.
3. An on-line capacitive sensor were developed, which is adaptable to diagnostic systems of plant protection sprayers. It hasn't got visual reading error, it's operation is faster and more exact, than the earlier constructions. The characteristics of capacitive sensor is logarithmic after a signal transduction. A Basic programming routine were developed to establish data stream between the sensors and PC, and a Visual Basic algorithm with MS Excel environment to data processing and fast displaying.
4. There is a negative exponent-power relation at the forward wind caused spray drifting between distance and spray deposition near working speeds of 4, 6, 8, 12 km/h, using nozzle sets of TeeJet XR 11002 XR and 11004 XR by results of field-spraying drift measures.
5. I have determinated and qualified the feeding characteristics, the control time, the control performance and the deviation of control of the individual fabricating direct pesticide feeding system using to real-time railway-bed spraying by laboratory measures. I proposed conclusions and innovative recommendations to the manufacturer from results of the examination.