

A vizsgálatok eredményei

A vizsgált vetőmagvak és műtrágyák nagy száma az eredmények táblázatos bemutatását teszi szükségessé, a legfontosabb magyarázatokkal kiegészítve. A közölt adatok a felsorolt publikációkban részben megjelentek, részben megjelenés alatt állnak. A tervezett vizsgálatokat maradéktalanul elvégeztünk, sőt azokat jelentősen bővítettük. A kutatásban résztvevők személyében nem történt változás.

A vetés optimális műszaki feltételeit jelentősen befolyásolják a vetőmagvak fizikai jellemzői, mivel befolyásolják mozgásukat a vetőgépek szerkezeteiben és a levegőben egyaránt. Ezért a vetőgépek tervezésénél, gyártásánál fontos, hogy ezeket a fizikai tulajdonságokat figyelembe vegyék. A fizikai jellemzők közül a legfontosabb a magvak mérete, méreteloszlása, alaki jellemzői, tömege, térfogattömege, sűrűsége, súrlódási tulajdonságai, aerodinamikai jellemzői. A magvak méretének pontos leírásához több méretet (hosszúság, szélesség, vastagság) adunk meg és meghatározzuk a mag keresztmetszetét, gömb-alakúságát. A magvak vetőgépben és levegőben történő mozgását számos fizikai jellemző befolyásolja, ezek közül azonban a súrlódási tényező és a légellenállási tényező a legfontosabb.

A vizsgált búza vetőmagvak jellemzői

A búza vetőmagvak nedvességtartalma, 1000 mag tömege, térfogattömege és sűrűsége

Búza	Nedvességtartalom [%]	1000 mag tömeg [g]	Térfogattömeg [kg/ m ³]	Sűrűség [kg/ m ³]
Kitaro	6,0	43,69	760,33	1199,96
Mv Magdaléna	5,5	47,97	815,40	1111,53
Mv Matador	5,0	45,17	849,33	1057,47
Mv Martina	5,5	46,24	818,70	1062,63

A magvak súrlódási jellemzői, gömbalakúsága és %-os térkitöltése.

Búza	Rézsűszög	Súrlódási együttható	Gömbalakúság	%-os térkitöltés
Kitaro	26,26°	0,49	0,5295	0,5530
Mv Magdaléna	24,23°	0,44	0,6220	0,6046
Mv Matador	23,26°	0,42	0,5674	0,6230
Mv Martina	25,00°	0,46	0,6215	0,6034

A súrlódási együttható tartományának növekvő tendenciáját követve a vizsgált felületek sorrendje négy búza esetén, 400 N terhelésnél kerekítéssel: teflon (0,12-0,13), üveg (0,12-0,14), rozsdamentes acél (0,14-0,17), bakelit (0,14-0,19), plexi (0,15-0,19), PVC (0,18-0,2), fa (0,16-0,22), alumínium (0,17-0,22), horganyzott acél (0,19-0,26), fekete acéllemez 0,20-0,23).

A súrlódási együttható értéke kis terhelésnél volt a legnagyobb és értéke egy esetben (Kitaró-rétegelt fa felület) elérte a 0,73 értéket. A súrlódási együttható értéke a terhelés hatására csökkent és a legnagyobb terhelésnél (900 N) legkisebb értéke üveg és teflon felületen 0,11 értékre csökkent. Teflon felületen 900 N terhelésnél minden búzánál 0,11 volt.

A vizsgált búzáknál különbség van a súrlódási együttható értékében, ami azonban a terhelés növelésével az esetek többségében csökken. A súrlódási együttható a terhelés növelésével 300 N-ig jelentősen csökken, 300 N fölött csak kis mértékben változik és jó közelítéssel állandónak tekinthető.

A vizsgált búza vetőmag aerodinamikai jellemzői

1. A Martina búza hosszúsága 5,1-7,51 mm, szélessége 2,56-4,05 mm, vastagsága 2,02-3,60 mm, tömege 0,023-0,073 g, lebegtetési sebessége 6,45-8,55 m/s. A k tényező $4,75 \times 10^{-6}$ - $1,11 \times 10^{-5}$ kg/m. A c_w értéke 0,62-0,88. A magvak tömege jelentősen befolyásolja a lebegtetési sebesség értékét
2. A Kitaró búza hosszúsága 5,83-8,84 mm, szélessége 2,34-3,70 mm, vastagsága 2,09-3,41 mm, tömege 0,022-0,068 g, lebegtetési sebessége 6,10-7,81 m/s. A k tényező $5,61 \times 10^{-6}$ - $1,16 \times 10^{-5}$ kg/m. A c_w értéke 0,65-0,91. A magvak tömege jelentősen befolyásolja a lebegtetési sebesség értékét.
3. A Martina búza esetén a lebegtetési sebesség értékét a magvak mérete közül a legkisebb keresztmetszet befolyásolja leginkább.
4. A Kitaró búza esetén a lebegtetési sebesség értékét a magvak mérete közül a legkisebb keresztmetszet befolyásolja leginkább.
5. A a magvak tömege jelentősen befolyásolja a lebegtetési sebességet, amely azonban fajtánként különböző.
6. A lebegtetési sebességet –a méretek közül- a legkisebb mag keresztmetszet befolyásolja leginkább, ami azonban szintén fajtánként különböző.

Kukorica vetőmagvak (Magister) jellemzői

A kalibrációs csoportok jellemzői

A kalibrációs csoport	<i>Magister NL</i>	<i>Magister KK</i>	<i>Magister NK</i>	<i>Magister KL</i>
Nedvesség tartalom száraz bázison [%]	9,26	9,13	9,20	9,44
Nedvesség tartalom nedves bázison [%]	8,48	8,36	8,43	8,62
Gömb-alakúság	0,75	0,82	0,85	0,75
Lebegtetési sebesség [m/s]	9,21	9,88	10,05	9,22
Légellenállási tényező (c_w)	0,68	0,85	0,68	0,85
Ezer mag tömeg [g]	343,72	317,29	284,13	343,37
Térfogattömeg [kg/m^3]	814,96	800,80	812,76	833,50
Sűrűség [kg/m^3]	1314,1	1245,2	1220,6	1236,9

A kukorica megvak aerodinamikai jellemzői

A légellenállási tényező (c_w) a fenti mért adatokból számítható, tehát pontossága a mérés pontosságának a függvénye. A vizsgált frakciók átlagos lebegtetési sebessége növekvő sorrendben: *Magister NL*: 9,21 m/s, *Magister KL*: 9,22m/s, *Magister KK* :9,88 m/s, *Magister NK*:10,05 m/s. A legnagyobb lebegtetési sebesség a nagy gömb-alakú, második legnagyobb a kicsi gömb-alakú kukorica frakciónál adódott, a legkisebb pedig a lapos frakciónál. Ezeknek a jellemzőknek a gépek üzemeltetése szempontjából döntő jelentősége van.

A légellenállási tényező (c_w) átlagos értéke *Magister NL* és 3 -nál 0,68 *Magister KK* és *Magister KL* -nél 0,85.

A vizsgált frakciók között az aerodinamikai jellemzők tekintetében különbség van, amelyet a gépek üzemeltetésénél célszerű figyelembe venni.

A magvak ezer mag tömegének vizsgálata során megállapítottuk, hogy a gyakorlatban általánosan használt ezer mag tömeg rendkívül eltérő tömegű kukoricaszemek halmaza, azonos fajtán belül is. A vizsgált frakciók közül a *Magister KL* (kicsi lapos) ezer mag tömege volt a legkisebb. Ezt követte *Magister KK* (kicsi kerek), majd a *Magister NL* (nagy lapos). Legnagyobb az ezer mag tömege a *Magister NK* (nagy gömbölyded) magvaknak.

Akukorica vetőmagvak súrlódási jellemzői

A statikus és dinamikus súrlódási szög és súrlódási tényező

Megnevezés	Magister NL	Magister KK	Magister NK	Magister KL
Statikus súrlódási szög (°)	21,3	19,5	22,8	21
Statikus súrlódási tényező	0,39	0,35	0,42	0,38
A rézsűszög (°)	22	25	24	22,5
A dinamikus súrlódási tényező	0,40	0,46	0,45	0,41

Az egyes frakciók súrlódási jellemzőiben különbségek vannak. A legkisebb súrlódási tényező a kicsi kerek frakciónál, a legnagyobb a nagy méretű kerek frakciónál adódott.

A kukorica vetőmagvak belső súrlódása

A vizsgálatok során az alábbi terheléseket alkalmaztuk. Az első terhelési fokozat értéke: 42,125 N (0,1041 N/cm²). A további terhelések: 67,125 N (0,1659 N/cm²); 92,125 N (0,2277 N/cm²); 167,125 N (0,413 N/cm²); 292,125 N (0,7219 N/cm²); 417,125 N (1,0308 N/cm²); 542,125 N (1,3397 N/cm²). Az elmozdulás függvényében, különböző terhelésnél mért vonóerő a legkisebb terhelésnél az elmozdulással csak kis mértékben változik. Nagyobb terheléseknél az elmozdulás függvényében kezdetben nő a vonóerő, majd 40-50 mm elmozdulás után, ami a készülék 10-15°-os elfordulásának felel meg, a teljes elmozdulás mentén (95 mm, 25°-os elfordulási tartományban) változatlan marad. A kezdeti növekedést a magvak rendeződése okozza. Kiszámítottuk továbbá a súrlódási együttható értékeit, amelyek különböző terhelésnél az elmozdulás során közel állandóak, a terhelés növekedésével azonban növekednek, értékük 0,15-0,35 között változik.

Kukorica vetőmagvak súrlódása különböző felületen

A vizsgált felületeket a legkisebb súrlódó erőtől a legnagyobbig sorrendben mutatjuk be. A felületeken belül az egyes mag frakciók szintén a növekvő súrlódási erő sorrendjét követik:

- Teflon felületen mind a négy frakciónál legkisebb volt a súrlódási tényező, értéke 0,07-0,09 között változott. A legkisebb értéket a Magister NK (nagy gömbölyded), a legnagyobbban a Magister NL (lapos kerek) frakciónál kaptuk.
- A következő felület volt a fekete acéllemez, amelynél a frakciók sorrendje: Magister NK (0,113), Magister KL (0,12), Magister KK (0,143), Magister NL (0,16).
- Relatívén kicsi volt a súrlódási tényező a PVC felületen, ahol a frakciók sorrendje: Magister KL (0,14), Magister NK (0,144), Magister KK (0,171), Magister NL (0,223).
- Kedvező volt a súrlódási tényező a rozsdamentes acél felületen, ahol a frakciók sorrendje: Magister KL (0,143), Magister NK (0,149), Magister KK (0,164), Magister NL (0,206).
- Következő volt a sorrendben a horganyzott acél, ahol a frakciók sorrendje: Magister KL (0,154), Magister NK (0,158), Magister KK (0,187), Magister NL (0,228).
- A legnagyobb volt a súrlódási tényező alumínium felületen, ahol a frakciók sorrendje: Magister NK (0,161), Magister KL (0,163), Magister KK (0,212), Magister NL (0,283).

A súrlódó felület jelentősen befolyásolja a súrlódási tényező értékét. A legkisebb súrlódási tényező a nagy méretű gömbölyded és a lapos hosszúkás magoknál adódott, a legnagyobb pedig a kicsi kerek és a lapos kerek magvaknál. Az egyes magfrakcióknál a súrlódási tényező tekintetében azonos fajtán belül is különbségek mérhetők.

Belső súrlódás tekintetében a magfrakciók sorrendje lényegében megegyezik a felületen mért súrlódás sorrendjével. A legkisebb belső súrlódási tényezőt a Magister NK (nagy gömbölyded) frakciónál mértük (0,261). Azonos volt a belső súrlódási tényező a Magister KK

(kicsi kerek) és a MagisterKL (lapos kerek) frakciónál, egyaránt (0,274). A legnagyobb belső súrlódást a Magister NL (kerek lapos) frakciónál mértük (0,285).

Kender vetőmag fizikai jellemzői

A kender vetőmag méret, tömeg és gömbalakúság értékei

	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	Tömeg [g]	gömbalakúság
Várható érték	4,23	3,46	2,84	0,0185	0,820
Szórás	0,564	0,446	0,361	0,005576	0,0369

A kender vetőmag súrlódási jellemzői különböző felületen

A súrlódási együttható a legkisebb értékek növekvő sorrendjében: teflon 0,15-0,19, rozsdamentes acél 0,20-0,23, fekete acél 0,23-0,30, horganyzott acél 0,24-0,27, alumínium 0,25-0,29.

A kender vetőmag belső súrlódási jellemzői különböző felületen

Meghatároztuk a magvak belső súrlódási együtthatóját, ami 0,24 és 0,37 között változott a mérés során. A súrlódási együttható a terhelés növekedésével nőtt, különösen kis terheléseknél volt jelentős a különbség. Ugyanakkor az elmozdulás függvényében lényegében változatlan maradt.

Zöldségmagok fizikai jellemzői

Zöldborsó (Tyrkis) vetőmag jellemzői

A vizsgált minta nedvességtartalma 9,27 % volt.

Értékek	Legkisebb	Legnagyobb	Közepes	Szórás
d ₁ [mm]	5,82	8,27	7,5	0,51
d ₂ [mm]	5,17	7,6	6,62	0,44
d ₃ [mm]	4,85	7,23	6,42	0,40
Gömbalakúság [%]	0,84	0,97	0,92	0,02
A magvak egyedi tömege [g]	0,114	0,346	0,253	0,045
A magvak 1000 mag tömege [g]	240,5	251,2	245,8	4,37
A magvak térfogattömege [kg/m ³]	826,9	828,3	827,4	0,62
A magvak sűrűsége [kg/m ³]	1359,5	1562,8	1454,7	83,5
A magvak lebegtetési sebessége [m/s]	10,78	13,94	12,07	0,44
A magvak légellenállási tényezője	0,5922	0,7914	0,7169	0,0429

A vizsgált borsó vetőmag súrlódási jellemzői:

Az átlagos statikus súrlódási szög 15,17°

Az átlagos statikus súrlódási tényező 0,28

A rézsűszög értéke 29°

A dinamikus súrlódási tényező (rézsűszögből számolt) 0,54

A különböző felületen mért súrlódási tényező értékek eltérő terhelésnél

A súrlódási tényező a vizsgált tartományban terhelésfüggő, de közel állandó értékű. A legkisebb terhelést leszámítva a súrlódási tényező értékek szűk tartományba esnek. A legkisebb súrlódási tényezőt minden esetben üveg felületen, a legnagyobbat kisebb terhelésnél PVC felületen, nagyobb terhelésnél fekete acél felületen mértük.

A vizsgált borsó vetőmag aerodinamikai jellemzői

A borsó lebegtetési sebessége 11-14 m/s. Nem lehet tehát a lebegtetési sebességet egy értékkel jellemezni. A borsó vetőmag esetén a lebegtetési sebesség a legszorosabb összefüggést a magvak tömegével ($R=0,7985$), az egységnyi felületre eső tömeggel ($R=0,7084$), a legkisebb átmérővel ($R=0,7307$), valamint a két kisebb átmérő szorzatával ($R=0,7109$) mutat.

A fejes káposzta (Langendijker dauer) vetőmag fizikai jellemzői

A bemutatott eredmények 6.92 % nedveségtartalmú vetőmagra vonatkoznak.

A fejeskáposzta vetőmag néhány fontos fizikai jellemzője

Térfogattömeg kg/m ³	Lebegtetési sebesség [m/s]	Statikus súrlódási szög [°]	Statikus súrlódási tényező	Rézsűszög [°]	Dinamikus súrlódási tényező
717,16	6,1-7,26	19	0,3443	23°	0,4283

Paradicsom (UNO KS49) vetőmag fizikai jellemzői

A bemutatott eredmények 8, 39 % nedveségtartalmú vetőmagra vonatkoznak.

A vizsgált paradicsom vetőmag néhány fontos fizikai jellemzője

1000 mag tömeg [g]	Térfogat -tömeg [kg/m ³]	Lebegtetési sebesség [m/s]	Statikus súrlódási szög [°]	Statikus súrlódási tényező	Rézsűszög [°]	Dinamikus súrlódási tényező
2,722	399,16	3,4-4,34	29	0,5543	34	0,6703

A kisebb terheléseket leszámítva a súrlódási tényező a terheléstől alig függ.

Paprika (Fehérözön) vetőmag fizikai jellemzői

A bemutatott eredmények 7,93 % nedveségtartalmú vetőmagra vonatkoznak.

A vizsgált paprika vetőmag néhány fontos fizikai jellemzője

1000 mag tömeg [g]	Térfogat -tömeg [kg/m ³]	Lebegtetési sebesség [m/s]	Statikus súrlódási szög [°]	Statikus súrlódási tényező	Rézsűszög [°]	Dinamikus súrlódási tényező
5,6	521,13	3,84-4,57	27	0,5095	24	0,4504

Következtetések

- a fejeskáposzta mag belső súrlódási jellemzői a szokásostól eltérőek, a terhelés növelésével a súrlódási tényező csökken;
- felületen való súrlódásnál ezt nem tapasztaltuk;
- paradicsom vetőmagnál a belső súrlódási együttható a káposzta magnál leírtakhoz hasonlóan alakult;
- felületen itt sem jelentkezett ez a sajátosság;
- a paradicsommag különösen nagy tapadást mutatott fekete acél, alumínium és PVC felületen;
- a paradicsommag nagymértékben tömörödik és tömöríthető;

- a paprika vetőmagnál szintén jelentkezett az a sajátosság, hogy a belső súrlódási tényező kisebb terhelésnél nagyobb, bár itt a terhelés hatására alig változott;
- paprika magnál a teflon kivételével minden felületen növekedett az elmozdulás során mind a vonóerő, mind a súrlódási tényező;
- paprika magnál a terhelés a fekete acél kivételével minden felületen növelte a súrlódási tényező értékét;
- a paradicsom és a paprika vetőmag lebegtetési sebessége relatíve szűk tartományba esik.

A vizsgált műtrágyák fontosabb jellemzői

A vizsgált műtrágyák fizikai jellemzői közül elsősorban a súrlódási és aerodinamikai jellemzők a fontosak. Ezért a bemutatott eredmények ezekre a jellemzőkre koncentrálnak, bár a vizsgálatok kiterjedtek a műtrágyák nedvességtartalmára, szemcseösszetételére. A műtrágyák repítési jellemzőit közleményben mutattuk be, szilárdsági jellemzőit a szórás közbeni aprítódás munkaszélességet befolyásoló hatásánál érintettük.

A vizsgált műtrágyák súrlódási jellemzői

Jellemzők		Kemira Power 7	Pétisó	Granulált kálisó	NPK 15-15-15	Karbamid	NPK 0-10-24,5	Ammónium nitát
Dinamikus rézsűszög		35	32	37	35	32	38	29
Belső súrlódási tényező	Rézsűszög alapján	0,70	0,62	0,75	0,70	0,62	0,78	0,55
	Nyíródobozzal	0,70	0,62	0,91	0,86	0,54	0,84	0,58
	Körforgó nyírókészülékkel	0,51	0,42	0,52	0,56	0,35	0,56	0,37
Súrlódási tényező felületen	Rozsdamentes acél	0,25	0,29	0,26	0,22	0,18	0,35	0,20
	Fekete acél	0,57	0,40	0,44	0,39	0,35	0,51	0,32
	Horganyzott acél	0,40	0,32	0,26	0,23	0,24	0,45	0,30
	Alumínium	0,26	0,28	0,19	0,19	0,23	0,51	0,28
	PVC	0,24	0,29	0,21	0,20	0,23	0,32	0,25
	Bakelit	0,18	0,21	0,17	0,25	0,24	0,36	0,23
	Teflon	0,15	0,19	0,14	0,07	0,09	0,11	0,15
	Plexi	0,15	0,25	0,16	0,16	0,17	0,15	0,20
	Üveg	0,12	0,14	0,08	0,08	0,14	0,23	0,15
	Rétegelt fa	0,29	0,31	0,33	0,34	0,33	0,51	0,29

A vizsgált műtrágyák aerodinamikai jellemzői

Műtrágya fajtája	Átlagos egyedi tömeg [g]	Lebegtetési sebesség [m/s]	Légellenállási tényező
NPK 15-15-15	0,064	9,971	0,727
Ammoniumnitrát 34-0-0	0,026	9,534	0,586
Kálisó 0-0-60	0,057	8,724	1,000
NPK-0-10-24,5	0,205	11,387	0,778
Pétisó 27-0-0	0,067	11,427	0,564
Karbamid 46-0-0	0,010	7,816	0,541

Következtetések

- A lebegtetési sebesség sorrendje befolyásolja a műtrágyaszóró gépek várható munkaszélességét, jóllehet arra egyéb tényező pl. tömeg is hat. Ezeknek a jellemzőknek tehát a gépek üzemeltetése szempontjából döntő jelentősége van.

- A légellenállási tényező a mért értékek közül a legszorosabb összefüggést három műtrágya esetén a legnagyobb mérettel, két esetben a legkisebb mérettel, egy esetben a tömeggel mutatott. Átlagos értéke növekvő sorrendben karbamid 0,54, Pétisó 0,56, ammóniumnitrát 0,58, NPK 15-15-15 0,73, NPK 0-10-24,5 0,78, kálisó 1,00.
- A vizsgált műtrágyák, amelyek jól reprezentálják a hazánkban felhasznált műtrágyákat, fizikai jellemzőiket tekintve különbözők. A műtrágyák aerodinamikai jellemzői, amelyek a műtrágyaszemcsék légáramban való mozgása szempontjából fontos tényezők, lényegesen eltérnek egymástól. Ez a gépek beállítása és üzemeltetése szempontjából kedvezőtlen, hiszen ezek a műtrágyák, az eltérő jellemzők miatt eltérő beállítást igényelnek, amely növeli a beállítási hiba lehetőségét, és ezzel veszélyezteti a munka minőségét. Ezért amellet, hogy a műtrágyaszóró gépek tervezésénél a fenti jellemzőket javasoljuk figyelembe venni, a műtrágyákat gyártó cégeknek gyártástechnológiájuk kialakításánál is figyelembe kell venni az itt bemutatott fizikai jellemzők hatásait. Emellet az üzemeltetőknek is tisztában kellene lenni a műtrágyák sajátosságaival és azok munkaminőségre gyakorolt hatásával.