

Néhány agrotechnikai tényező hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) termésére

Pepó Péter* - Dóka Lajos* - Szabó András* - Karancsi Lajos Gábor** - Vad Attila**

*Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet

**Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ

Bevezetés, irodalmi áttekintés

A hazai növénytermesztés szerkezetében az 1970-1980-as években a hüvelyes növények (elsősorban a borsó és a szója) fontos szerepet játszottak (vetésterületi arányuk meghaladta az 5%-ot), amely hozzájárult a racionális vetésváltás megvalósításához. A korábbi évtizedekben a borsót 120-160 ezer ha területen termesztették hazánkban, mely vetésterület napjainkra 40 ezer ha-ra csökkent le, amely magába foglalja a száraz borsó (20 ezer ha) és a zöldborsó (20 ezer ha) vetésterületét is. Az országos termésátlagok is alig változtak az elmúlt időszakban (~2,5 t ha⁻¹ körüli termések). Miközben a borsó és a többi hüvelyes növény vetésterülete drasztikusan lecsökkent hazánkban, ugyanakkor évente jelentős mennyiségű növényi fehérjét importálunk a jóval kisebb állatlétszám takarmányozásához. A borsó vetésterületének csökkenését az ökológiai és agrotechnikai tényezőkkel szembeni nagyfokú érzékenysége okozta. A borsó a gyenge adaptációs képességű szántóföldi növények közé tartozik, amelyet egyrészt az elmúlt évtizedekben tapasztalt nagyon mérsékelt termésnövekedése, valamint az igen jelentős termésingadozása bizonyít.

A borsó az időjárási tényezőkkel, az évjárat vízellátottságával, hőmérsékleti és fotoperiodikus feltételeivel szemben kifejezetten érzékeny növény. Számos kutatási eredmény bizonyítja azt, hogy a tenyészidőszakban bekövetkező hő- és vízstressz jelentős mértékben csökkenti a borsó termésmennyiségét (Thomson és Lee 1980, Richards 1995, Foulkes et al. 2009, Fleury et al. 2010, Sadras és Lawson 2013).

A vegetációs periódus időjárásának kedvezőtlen hatásait megfelelő agrotechnikával részben mérsékelni lehet. Különösen fontos a vetésidő helyes megválasztása. A borsót a kitavaszkodástól függően, a lehetőség szerinti korai időpontban szükséges elvetni (Sárvári, 1991), amely így biztosítja a vegetatív és generatív fejlődéshez a megfelelő hőmérsékletet és megvilágítási feltételeket (Vocanson et al. 2006). Papp (1996) vizsgálatai szerint viszont az évjárat jellege határozta meg azt, hogy a borsó korai vagy késői vetésidőben adta a legnagyobb termést. A vetésidő befolyásolta a borsó terméskomponenseit, valamint a reprodukív fenofázis hosszát, amelynek hatására a termésmennyiség szignifikánsan csökkent, vagy növekedett (Fletcher et al. 1966, Murray et al. 1984, Alsadon és Khalil 1994, Knott és Belcher 1998).

A borsó gyökerein található Rhizóbium baktériumok a növény nitrogén igényének jelentős részét képesek biztosítani, ennek következtében a borsó nitrogén trágyareakciója mérsékelt. Ugyanakkor a hazai és külföldi kutatási eredmények azt bizonyították, hogy a borsónak a tenyészidőszak első felében szüksége van nitrogén trágyával biztosított könnyen felvehető ásványi N-formákra, valamint relatíve jelentős a tenyészidőszak alatt felvett foszfor és kálium mennyisége is. *Iványiné* (1973) vizsgálataiban a 2 t ha⁻¹ mag és 3 t ha⁻¹ szalma termésnél a felvett N = 115 kg ha⁻¹, a P₂O₅ = 31 kg ha⁻¹, a K₂O = 40 kg ha⁻¹ volt. A hazai szaktanácsadásban a borsó fajlagos tápanyagigényének (1 tonna termésre) N = 50 kg, P₂O₅ = 17 kg, K₂O = 35 kg, CaO = 32 kg, MgO = 7 kg értékeket jelöltek meg (*Antal* 1987, *Buzás* et al. 1979, *Kádár* 2005). *Bocz* (1996) vizsgálatai szerint a borsó az istállótrágyát nem igényli, de a nagy termések eléréséhez megfelelő mennyiségű műtrágyát alkalmazni szükséges. A szántóföldi kísérletei szerint a borsó a N = 50-60 kg ha⁻¹-nál nagyobb adagú nitrogént már nem hasznosította. Öntözés esetén a nitrogén adagot N = 70-90 kg ha⁻¹-ra lehetett növelni. *Cselőtei* (1978) kísérletei alapján a nitrogénből 85-95 kg ha⁻¹ adagot találta optimálisnak. A borsó relatíve fejletlen és a talajban mérsékeltlen lehatoló gyökérzete miatt igényli a folyamatos vízellátást, amely részben a talajban tárolt diszponibilis vízkészletből származik. A borsó öntözése – különösen a száraz borsóé – ennek ellenére kevésbé elterjedt. A borsó öntözését a vastag humuszos rétegű csernozjom talajban végezhetjük idényen kívül (*Bocz* 1996), illetve hagyományos öntözési rendben, a borsó virágzásakor (*Ruzsányi* 1996). A borsó termésmennyiségét és termésstabilitását tehát számos ökológiai és agrotechnikai tényező befolyásolja. Az elmúlt években nagyon kevés hazai kutatás foglalkozott a borsóval. Tartamkísérleteinkben azt vizsgáltuk, hogy az évjárat, valamint az agrotechnikai faktorok (vetésidő, trágyázás, öntözés) külön-külön és kölcsönhatásukban hogyan befolyásolják a borsó termésmennyiségének változását.

Anyag és módszer

A polifaktoriális tartamkísérlet 1983. évben került beállításra a Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet Látóképi Kísérleti Telepén. A tartamkísérlet talaja mészlepedékes csernozjom, amely kedvező víz- és tápanyaggazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik. A talaj vályog fizikai szerkezetű ($A_K = 42-44$), kémhatása közel semleges ($pH_{KCl} 65-67$). A kísérlet beállításakor vett talajminták vizsgálata alapján a talaj humusztartalma átlagos ($Hu = 2,6-2,8\%$), az AL-oldható P₂O₅ tartalma (130 mg kg⁻¹) közepes, az AL-oldható K₂O tartalma (240 mg kg⁻¹) pedig jó. A tartamkísérlet tápanyagellátottsági értékei a kísérlet beállításától eltelt mintegy 30 év alatt jelentősen megváltoztak. A kísérleti terület csernozjom talaja kiváló

vízgazdálkodási tulajdonságokkal jellemezhető. A növények, így a borsó vízellátása szempontjából mértékadó 0-200 cm talajrétegben a talajban tárolt vízmennyiség (VK_{min}) 680 mm, amelynek mintegy 50%-a a diszponibilis víz mennyisége (DV).

A Látóképi Kísérleti Telep Debrecentől mintegy 15 km-re a 33. számú közlekedési útvonal mellett a Hajdúsági Lőszháton található. Földrajzi koordinátái Ész 47°33' Kh 21°27'.

A polifaktoriális tartamkísérletben különböző agrotechnikai tényezők interaktív hatásait vizsgáljuk. A borsó tartamkísérletben ezek a tényezők a következők:

- Tápanyagellátás

A kísérletben alkalmazott hatóanyag mennyiségek:

Kezelés	Hatóanyag (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	35	30	25
3	70	60	50
4	105	90	75
5	140	120	100

A foszfor és kálium 100%-át, valamint a nitrogén 50%-át összefoglaljuk ki. A nitrogén további 50%-ának kijuttatása tavasszal, a vetés előtt történik.

- Vízellátás

- Nem öntözött kezelés
- Öntözött kezelés

Az öntözést a tenyészidőbeli vízellátottsági hiány alapján állapítjuk meg. A vizsgálati években (2011., 2012., 2014. évek) a következő vízellátottsági kezelések szerepeltek:

Kezelés	2011	2012	2014
Nem öntözött	Ø	Ø	Ø
Öntözött	06.04. – 50 mm	Ø	Ø

A vizsgálati évek közül csak 2011-ben került sor öntözésre június elején (50 mm víznormával).

- Vetésidő

Az adott év időjárási feltételeihez igazítva végeztük el a vetést 3 időpontban, melyek az alábbiak voltak:

Vetésidő	2011	2012	2014
Korai	03.25.	03.16.	03.13.
Átlagos	04.04.	03.28.	03.24.
Késői	04.20.	04.10.	04.03.

A vetésidők kialakításánál figyelembe vettük a borsó ökofiziológiai igényét és a megfelelő intervallum különbségeket (kb. 10-10 nap eltérés a vetésidők között).

A borsó termesztéstechnológiájának többi eleme (talajművelés, növényvédelem, betakarítás) egységes volt a vizsgált években. A kísérletben az elővetemény mindig szemes kukorica volt. A tartamkísérletben a Santana borsófajtát alkalmaztuk.

A tartamkísérlet véletlen blokk elrendezésű volt. A bikultúrában a bruttó parcellaterület 46 m² volt.

A tartamkísérleti eredmények közül a 2011., 2012. és 2014. évi eredményeket értékeltük közleményünkben. A 2013. évi eredmények értékelésétől el kellett tekintenünk, mivel 2013. márciusának extrém időjárása (136 mm havi csapadék, télies időjárás március második felében) nem tette lehetővé a különböző vetésidők optimális végrehajtását (a korai vetést is csak április közepén tudtuk elvégezni).

A vizsgálati évek meteorológiai elemeinek (csapadék, hőmérséklet) az értékeit, valamint a 30 éves átlagokat az 1. és 2. táblázatok tartalmazzák. A táblázatokban szerepeltetjük a tenyészidőszak előtti hónapok (október-február) csapadékösszegét, valamint a tavaszi és nyári hónapokban lehullott csapadék mennyiségét. A csapadék szempontjából effektív, hasznosuló csapadéknak a március-júniusi hónapokban lehullott víz mennyiségét (a júliust is feltüntettük, de ezzel nem számoltunk), a hőmérséklet szempontjából azonban a március-július hónapok havi átlaghőmérsékletét vettük figyelembe.

1. táblázat. A vizsgálati évek csapadékmennyisége (mm)
(Debrecen)

Év (1)	Tenyészidőszak előtti hónapok (okt.-febr.) csapadékösszege (3)	Márc. (4)	Ápr. (5)	Máj. (6)	Jún. (7)	Júl. (8)	Tenyészidőszak (márc.-jún.) csapadékösszege (9)
2011	215,9	35,1	15,6	52,3	22,0	175,0	125,0
2012	135,0	1,4	20,7	71,9	91,7	65,3	185,7
2014	155,6	11,3	39,6	69,4	7,9	128,0	128,2
30 éves átlag (2)	186,7	33,5	42,4	58,8	79,5	65,7	214,2

Table 1.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6) , (7) , (8) , (9)

2. táblázat. A vizsgálati évek átlaghőmérséklete (°C)
(Debrecen)

Év (1)	Márc. (3)	Ápr. (4)	Máj. (5)	Jún. (6)	Júl. (7)	Tenyészydőszak (márc.-jún.) átlaghőmérséklete (8)
2011	5,0	12,2	16,4	20,5	20,4	14,90
2012	6,3	11,7	16,4	20,9	23,3	15,72
2014	8,9	12,3	15,4	19,0	21,2	15,36
30 éves átlag (2)	5,0	10,7	15,8	18,7	20,3	14,10

Table 2.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6) , (7) , (8)

Eredmények és értékelésük

A magnak termesztett szárazborsó relatíve rövid tenészydőszaka alatt az ökológiai (elsősorban időjárási) és agrotechnikai (vetésidő, trágyázás, öntözés stb.) tényezők direkt és felnagyított formában jelentkeznek a termésmennyiségben még a kedvező fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságokkal jellemezhető csernozjom talajon is. A három vizsgálati év (2011., 2012., 2014. évek) időjárási feltételei (1. és 2. táblázat) eltértek egymástól, melynek hatása a borsó terméseredményeiben is jelentkezett. A vizsgálati években kapott borsó terméseredményeket a 3., 4. és 5. táblázatok tartalmazzák. Az egyes vizsgálati években a borsó terméseredménye jelentős intervallumban mozgott kezeléstől függően. A 2011. tenészévbén a borsó termése 1807-5250 kg ha⁻¹, 2012. évben 3642-5176 kg ha⁻¹, a 2014. vegetációs periódusban pedig 1519-4370 kg ha⁻¹ között változott. A termésmaximumok a 2011. (5250 kg ha⁻¹) és 2012. évben (5176 kg ha⁻¹) alig különböztek egymástól, míg a 2014. évben a termésmaximum (4370 kg ha⁻¹) mintegy 800-900 kg ha⁻¹-ral volt kevesebb. Ennek oka részben a vegetációs periódus, részben az azt megelőző hónapok eltérő csapadék és hőmérsékleti feltételeivel volt összefüggésben. A 2011. vegetációs periódust megelőzően jelentős mennyiségű csapadék (215,9 mm) a csernozjom talaj vízkészletét feltöltötte, amely kompenzálni tudta a borsó virágzása-magfejlődése szempontjából kritikus június hónap száraz időjárását (22,0 mm csapadék júniusban). Ebben az évben június elején (06.04.) 50 mm öntözővíz kijuttatása is történt. A 2012. évben a tenészydőszak előtt lehullott csapadék mennyisége (135,0 mm) a legkisebb volt a három vizsgált évben (valamint mintegy 50 mm-rel elmaradt a 30 éves átlagtól is), de kedvező volt mind a május, mind a június hónap csapadéka (71,9 mm, ill. 91,7 mm). A 2011. évben a nem öntözött kezelésben a maximális terméseredmények 4,2-4,3 t ha⁻¹, az öntözött kezelésben pedig 5,1-5,3 t ha⁻¹ között változtak. Hasonlóan kedvező eredményeket kaptunk a 2012. tenészévbén is, azaz a

termésmaximumok 5,1-5,2 t ha⁻¹ közötti terméseket mutattak. A 2014. évben ezzel szemben a tenyészidőt megelőző hónapok csapadéka (155,6 mm) és a kritikus június hónapban lehullott csapadék mennyisége (7,9 mm) is eltért nem csak az optimálistól, hanem a 30 éves átlagtól (186,7 mm, ill. 79,5 mm) is, amely csökkentette a borsó termésmennyiségét. A 2014. évben a termésmaximumok 4,2-4,4 t ha⁻¹ között változtak kezeléstől függően.

3. táblázat. *A vetésidő, tápanyag- és vízellátás hatása a borsó termésére (kg ha⁻¹)*
(Debrecen, 2011)

Mtr. kezelés (1)	Vízellátás (2)	Vetésidő (3)		
		korai (4)	átlagos (5)	késői (6)
Ø	Nem öntözött (7)	3127	2796	1807
	Öntözött (8)	3285	3180	2160
N ₃₅ +PK	Nem öntözött (7)	3404	3219	2462
	Öntözött (8)	3872	3613	2958
N ₇₀ +PK	Nem öntözött (7)	4149	3420	2992
	Öntözött (8)	4840	4575	3842
N ₁₀₅ +PK	Nem öntözött (7)	4203	3556	3125
	Öntözött (8)	5064	4770	3910
N ₁₄₀ +PK	Nem öntözött (7)	4382	3720	3272
	Öntözött (8)	5250	5030	4118
SzD _{5%} (9)		576		

Table 3.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6) , (7) , (8) , (9)

4. táblázat. *A vetésidő, tápanyag- és vízellátás hatása a borsó termésére (kg ha⁻¹)*
(Debrecen, 2012)

Mtr. kezelés (1)	Vízellátás (2)	Vetésidő (3)		
		korai (4)	átlagos (5)	késői (6)
Ø	Nem öntözött (7)	3810	3690	3642
	Öntözött (8)	3885	3476	3517
N ₃₅ +PK	Nem öntözött (7)	4182	4486	4126
	Öntözött (8)	4007	4076	4006
N ₇₀ +PK	Nem öntözött (7)	4519	4672	4217
	Öntözött (8)	4619	4318	4386
N ₁₀₅ +PK	Nem öntözött (7)	4836	5176	4612
	Öntözött (8)	4718	5079	4576
N ₁₄₀ +PK	Nem öntözött (7)	4768	4976	4519
	Öntözött (8)	4590	4867	4378
SzD _{5%} (9)		476		

Table 4.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6) , (7) , (8) , (9)

5. táblázat. A vetésidő, tápanyag- és vízellátás hatása a borsó termésére (kg ha⁻¹)
(Debrecen, 2014)

Mtr. kezelés (1)	Vízellátás (2)	Vetésidő (3)		
		korai (4)	átlagos (5)	késői (6)
Ø	Nem öntözött (7)	3612	3182	1707
	Öntözött (8)	3419	2962	1519
N ₃₅ +PK	Nem öntözött (7)	3847	3476	2469
	Öntözött (8)	3972	3550	2363
N ₇₀ +PK	Nem öntözött (7)	4369	3840	2972
	Öntözött (8)	4370	4086	2796
N ₁₀₅ +PK	Nem öntözött (7)	3907	3507	2708
	Öntözött (8)	4191	3919	2317
N ₁₄₀ +PK	Nem öntözött (7)	3812	3596	2812
	Öntözött (8)	4018	3876	2409
SzD _{5%} (9)		390		

Table 5.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6) , (7) , (8) , (9)

A borsó termésmennyiségét a hőmérséklet és a megvilágítás is befolyásolja. A vizsgálati adataink (1., 2. táblázat) azt bizonyították, hogy a klímaváltozás, ezzel összefüggő felmelegedés mindhárom vizsgált évjárat tenyészideje alatt megfigyelhető volt. A 30 éves átlag alapján a borsó tenyészidejének (március-július) átlaghőmérséklet 14,10 °C, ugyanakkor a vizsgálati években ezt az értéket az átlaghőmérséklet lényegesen meghaladta. A vegetációs periódus hőmérsékleti átlaga 2011. évben 14,90 °C, 2012-ben 15,72 °C és 2014-ben 15,36 °C volt. A borsó termésmennyiségét jelentősen befolyásolja ezen túlmenően a fotoperiódikus feltételekkel szembeni szenzibilitása. A borsó közismerten rövid-hosszú nappalos megvilágítási igényű szántóföldi növény, azaz a vegetatív növekedésének a rövidnappalos, míg a generatív fejlődésének a hosszúnappalos megvilágítás kedvez. Ezt a fotoperiódikus igény kielégítését jelentősen tudjuk a vetésidővel befolyásolni. Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy a korai vetésidőben kaptuk a legnagyobb termést eltérő tápanyagellátottsági szinteken (6. táblázat). A korai és átlagos vetésidő között relatíve mérsékeltek voltak a különbségek, annál jelentősebben csökkent a borsó terméseredménye késői vetésben. Ez alól a 2012. év kivételt jelent. Ebben az évben az átlagos vetésidőben kaptuk a legnagyobb termést (5176 kg ha⁻¹), míg a korai (4836 kg ha⁻¹) és a késői vetésidőben (4612 kg ha⁻¹) csak mérsékelt termés csökkenés következett be. Ennek okát a 2012. év májusának és júniusának optimális vízellátásában jelölhetjük meg (71,9 mm, ill. 91,7 mm csapadék hullott).

6. táblázat. *Vetésidő hatása a borsó termésére eltérő tápanyagellátottsági szinteken*
(Debrecen, nem öntözött kezelések)

Év (1)	Mtr. kezelés (2)	Vetésidő (3)					
		korai (4)		átlagos (5)		késői (6)	
		kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
2011	Ø	3127	100	2796	89	1807	58
	N _{opt} +PK	4382	100	3720	85	3272	75
2012	Ø	3810	100	3690	97	3642	96
	N _{opt} +PK	4836	100	5176	107	4612	95
2014	Ø	3612	100	3182	88	1707	47
	N _{opt} +PK	4369	100	3840	88	2972	68

Table 6.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6)

A borsó rövid tenyészideje és vízellátással szembeni érzékenysége miatt különösen fontos a növény vízhasznosításának a javítása. Vizsgálataink lehetőséget nyújtottak arra, hogy meghatározzuk a tenyészidő (március-június) 1 mm csapadékára jutó termésmennyiségét eltérő agrotechnikai kezelésekben (7. táblázat). Eredményeink azt bizonyították, hogy a megfelelő NPK ellátás jelentősen javította a borsó vízhasznosítását. A kontroll kezelésben a vízhasznosítási mutató (Water Using Efficiency = WUE) 14,5-25,0 kg mm⁻¹, 2012-ben 19,6-20,5 kg mm⁻¹, 2014-ben pedig 13,3-28,2 kg mm⁻¹ volt. A N_{opt} +PK műtrágya kezelésekben a WUE értékek jóval kedvezőbbek voltak (2011. év 26,2-35,1 kg mm⁻¹, 2012. év 24,8-27,9 kg mm⁻¹, 2014. év 23,2-34,1 kg mm⁻¹). A vízhasznosítást ugyanakkor a vetésidő is befolyásolta. A vetésidő későbbre tolódásával romlott a borsó vízhasznosítása az eltérő tápanyagellátottsági feltételek mellett.

7. táblázat. *A borsó vízhasznosítása (WUE*) eltérő vetésidőkben és tápanyagellátottsági szinteken*
(Debrecen, nem öntözött)

Vetésidő (1)	Mtr. kezelés (2)	2011	2012	2014
Korai (3)	Ø	25,0	20,5	28,2
	N _{opt} +PK	35,1	26,0	34,1
Átlagos (4)	Ø	22,4	19,9	24,8
	N _{opt} +PK	29,8	27,9	30,0
Késői (5)	Ø	14,5	19,6	13,3
	N _{opt} +PK	26,2	24,8	23,2

* WUE = 1 mm tenyészidőszakban (március-június) lehullott csapadékra jutó termés kg

Table 7.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5)

A vizsgálati évek közül 2011. évben öntöztük a borsót (2011. 06.04-én 50 mm). Az öntözés termésmennyisége 158-1214 kg ha⁻¹ között változott vetésidőtől, műtrágya kezeléstől függően (8.

táblázat). Az öntözés terméstöbbletét alapvetően a tápanyagellátás mértéke határozta meg, azaz szoros kölcsönhatást lehetett megállapítani a víz- és tápanyagellátás között a borsó termesztésben. Hiányos tápanyagellátás esetén (kontroll kezelés) az öntözés terméstöbblete 160-380 kg ha⁻¹, míg optimális tápanyagellátás esetén 900-1300 kg ha⁻¹ között változott vetésidőtől függően.

8. táblázat. Az öntözés terméstöbblete (kg ha⁻¹) különböző vetésidőkben és műtrágya kezelésekben borsónál
(Debrecen, 2011)

Mtr. kezelés (1)	Vetésidő (2)		
	korai (3)	átlagos (4)	késői (5)
Ø	158	384	353
N ₃₅ +PK	468	394	496
N ₇₀ +PK	691	1155	850
N ₁₀₅ +PK	861	1214	785
N ₁₄₀ +PK	868	1310	846

Table 8.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5)

A borsó tápanyagellátása, nitrogéntrágyázása szempontjából alapvetően fontos a Rhizóbium baktériumok által megkötött nitrogént figyelembe venni. Ennek következtében a borsó nem tartozik a jó trágyareakciójú növények közé és a nitrogén trágyaigénye is relatíve szerény mértékű. Kutatási eredményeink ezeket a szakmai tényeket részben megerősítették, részben azonban új adatokkal egészítették ki. A vizsgálati években a borsó kontrollhoz viszonyított terméstöbblete a maximális termést adó N_{opt} +PK kezelésben 658-1486 kg ha⁻¹ között változott évjáratától és vetésidőtől függően (9. táblázat). Az egyes években a borsó trágyázási terméstöbblete relatíve nem mutatott nagyobb különbségeket, ill. a változások nem voltak konzekvensek. 2011. évben 924-1465 kg ha⁻¹, 2012. évben 970-1486 kg ha⁻¹ és 2014. évben pedig 658-1265 kg ha⁻¹ között változott a műtrágyázás terméstöbblete. Az évjárat azonban jelentősen befolyásolta az N_{opt} +PK adagot. Ez azt jelentette, hogy 2011-ben N = 140 kg ha⁻¹ +PK, 2012-ben N = 105 kg ha⁻¹ +PK, 2014-ben pedig N = 70 kg ha⁻¹ +PK műtrágya kezelésben kaptuk a maximális termést a nem öntözött feltételek között. Megvizsgáltuk a kijuttatott műtrágyák érvényesülésének a hatékonyságát is. Ezt az N_{opt} +PK kezelésben az 1 kg NPK műtrágya hatóanyagra jutó terméssel fejeztük ki (10. táblázat). A műtrágya hasznosulási értékek 9,09-24,27 kg/1 kg NPK között változtak a vizsgálati években. A műtrágya hasznosulást a legnagyobb mértékben az évjárat befolyásolta. A 2011. tenyészévben 9,09-12,17 kg, a 2012. évben 17,08-19,17 kg, a 2014. évben pedig 16,51-24,27 kg közötti értékeket kaptunk 1 kg NPK műtrágya alkalmazása esetén. Hatással volt a műtrágya

hasznosulására a vetésidő is. A legrosszabb tápanyag hasznosulást a késői vetésidőben kaptuk mindhárom vizsgálati évben.

9. táblázat. *A műtrágyázás terméstöbblete (kg ha⁻¹) borsónál különböző évjáratokban és vetésidőkben (Debrecen, nem öntözött)*

Vetésidő (1)	Mtr. kezelés (2)	2011	2012	2014
Korai (3)	Ø	3127	3810	3612
	N _{opt} +PK	4382 (N ₁₄₀)	4836 (N ₁₀₅)	4369 (N ₇₀)
	Differencia (6)	1255	1026	757
Átlagos (4)	Ø	2796	3690	3182
	N _{opt} +PK	3720 (N ₁₄₀)	5176 (N ₁₀₅)	3840 (N ₇₀)
	Differencia (6)	924	1486	658
Késői (5)	Ø	1807	3642	1707
	N _{opt} +PK	3272 (N ₁₄₀)	4612 (N ₁₀₅)	2972 (N ₁₄₀)
	Differencia (6)	1465	970	1265

Table 9.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6)

10. táblázat. *A borsó fajlagos terméstöbblete* a maximális termést adó műtrágya kezelésben (Debrecen, nem öntözött)*

Mtr. kezelés (1)	Vetésidő (2)		
	korai (3)	átlagos (4)	késői (5)
2011	12,17	10,33	9,09
2012	17,91	19,17	17,08
2014	24,27	21,33	16,51

* Fajlagos terméstöbblet = 1 kg NPK műtrágyára jutó borsó termés kg

Table 10.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5)

A 2011. évi vizsgálatok lehetőséget nyújtottak arra, hogy mindhárom agrotechnikai elem interaktív hatását tanulmányozzuk (11. táblázat). Kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy a későbbi vetésidő kedvezőtlen növényfiziológiai hatásait részben a megfelelő tápanyagellátással és vízellátással mérsékelni lehetett. Nem öntözött feltételek mellett a korai vetésidőhöz viszonyított terméscsökkenés a kontroll kezelésben 11%, ill. 42% volt az átlagos és késői vetésidőkben, míg a kedvező tápanyagellátással 16%, ill. 26% terméscsökkenést kaptunk. Hasonló megállapításokat tehetünk öntözött feltételek mellett is, csak a vetésidő negatív hatása mérsékeltebb (kontroll kezelésben 4%, ill. 35%, N_{opt} +PK kezelésben 4%, ill. 22% terméscsökkenés a korai vetésidőhöz képest az átlagos és késői vetésidőkben), valamint a lényegesen magasabb (+1,0 t ha⁻¹-ral) termésszinten következett be a borsó termésének a csökkenése.

11. táblázat. *Vetésidő x öntözés x tápanyag kölcsönhatása a borsó termésére*
(Debrecen, 2011)

Vízellátás (1)	Mtr. kezelés (4)	Vetésidő (5)					
		korai (6)		átlagos (7)		késői (8)	
		kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
Nem öntözött (2)	Ø	3127	100	2796	89	1807	58
	N _{opt} +PK	4382	100	3720	84	3272	74
Öntözött (3)	Ø	3285	100	3180	96	2160	65
	N _{opt} +PK	5250	100	5030	96	4118	78

Table 11.

(1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6) , (7) , (8)

Következtetések

Polifaktoriális tartamkísérleteink eredményei azt bizonyították, hogy a borsó kifejezetten érzékeny szántóföldi növényünk mind az ökológiai (évjárat), mind az agrotechnikai elemekre (vetésidő, trágyázás, vízellátás). Kedvező talajadottságok (mészlepedékes csernozjom), optimalizált agrotechnikai feltételek esetén azonban kedvező terméseredmények (4,0-5,0 t ha⁻¹) realizálhatók. Ugyanakkor vannak olyan extrém évjáratok, amelyekben a borsó termesztése igen jelentős kockázattal jár (ilyen volt a 2013. év, amelyben a március télies időjárású és extrém csapadékú volt). A 2011., 2012. év 2014. évi kutatási eredményeink azt bizonyították, hogy – időjárási szempontból – az az évjárat tekinthető kedvezőnek, amelyben a májusi és júniusi csapadék a 60-80 mm/hónap értékeket eléri. Fontos a tenyészidő előtti hónapokban (október-február) lehullott csapadék mennyisége is, amely a talaj vízkészletét gyarapítja. Kedvezőtlen időjárási szempontból, hogy az elmúlt években a borsó tenyészidejének átlaghőmérséklete meghaladta a 30 éves átlagértéket (14,10 °C átlaggal szemben 2011-ben 14,90 °C, 2012-ben 15,72 °C, 2014-ben 15,36 °C).

Kutatási eredményeink azt bizonyították, hogy a borsó termésmennyisége szempontjából legfontosabb agrotechnikai elem a vetésidő helyes megválasztása volt. A borsó vízellátása, hőmérsékleti és fotoperiódikus igénye miatt a korai vetésidőben kaptuk a legnagyobb termést. Az átlagos vetésidőben kisebb mértékű, a késői vetésidőben pedig jelentős volt a terméseszköken. A borsó vízhasznosítását (WUE) befolyásolta a vetésidő és a tápanyagellátás. A borsó WUE értékei 2011. évben 14,5-25,0 kg mm⁻¹, 2012. évben 19,6-20,5 kg mm⁻¹, 2014. évben pedig 13,3-28,2 kg mm⁻¹ között változtak. A későbbi vetésidő és a hiányos tápanyagellátás rontotta a WUE értékeket.

A vizsgálati évek közül 2011. évben öntöztük a borsót. Az öntözés terméstöbblete 160-1200 kg ha⁻¹ között változott, annak mértékét alapvetően a tápanyagellátás, kisebb mértékben a

vetésidő befolyásolta. Vizsgálati eredményeink alapján szoros kölcsönhatást állapítottunk meg a borsó tápanyag- és vízellátása között.

A borsó *Rhizóbium* baktériumainak N-szolgáltatása miatt a trágyázás termésmenvelő hatása relatíve mérsékeltebb volt más szántóföldi növényfajokkal összehasonlítva. A trágyázás hatására kapott terméstöbbletet az évjárat kevésbé befolyásolta. Kísérleteinkben a borsó trágyázási terméstöbblete 2011-ben 900-1500 kg ha⁻¹, 2012-ben 1000-1500 kg ha⁻¹, 2014-ben pedig 700-1300 kg ha⁻¹ között változott. Annál jelentősebben módosította az évjárat az optimális N + PK adagot. 2011-ben az N = 140 kg ha⁻¹ +PK, 2012-ben az N = 105 kg ha⁻¹ +PK és 2014-ben pedig az N = 70 kg ha⁻¹ +PK kezelés bizonyult optimálisnak. Az évjárat a műtrágya hasznosulási értékeket (1 kg NPK hatóanyagra jutó termés kg) is befolyásolta. Vetésidőtől függően a műtrágya hasznosulási értékek 9-12 kg/1 kg NPK, 17-19 kg/1 kg NPK és 17-24 kg/1 kg NPK intervallumban változtak a 2011., 2012. és 2014. években az N_{opt} +PK műtrágya kezelésben.

A vizsgálatok lehetőséget nyújtottak az agrotechnikai elemek (vetésidő x trágyázás x öntözés) közötti kölcsönhatások meghatározására (2011. év). Megállapítottuk, hogy a borsó termését legnagyobb mértékben befolyásoló vetésidő negatív hatását (megkésett vetésidő) az optimális tápanyag- és vízellátással jelentősen mérsékelni lehetett.

Összefoglalás

Polifaktoriális tartamkísérletben csernozjom talajon vizsgáltuk az évjárat és bizonyos agrotechnikai elemek (vetésidő, trágyázás, öntözés) hatását és kölcsönhatását a borsó termésére. A vizsgálatokat 2011., 2012. és 2014. években végeztük. Kutatásaink azt bizonyították, hogy azok a kedvező évjáratok a borsó termesztése szempontjából, amelyekben a tenyészidő előtti hónapok (október-február) csapadéka 200 mm, a május-június csapadéka pedig 60-80 mm/hó között változik. Vizsgálati eredményeink szerint a legfontosabb agrotechnikai elem a vetésidő. A korai (március közepi) vetésidőben a borsó maximális termése 4400-5200 kg ha⁻¹, késői vetésidőben (április közepi) pedig 3000-4000 kg ha⁻¹ között változott évjáratától függően. A borsó vízhasznosítása (WUE) a 2011. évben 14,5-25,0 kg mm⁻¹, a 2012. évben 19,6-20,5 kg mm⁻¹, a 2014. évben pedig 13,3-28,2 kg mm⁻¹ volt. A kései vetésidő és a hiányos tápanyagellátás rontotta a borsó WUE értékeit. A borsó öntözési terméstöbblete 160-1200 kg ha⁻¹ között változott vetésidőtől és trágyakezeléstől függően (2011. év). Szoros kölcsönhatást mutattunk ki a víz- és tápanyagellátás között a borsó termesztésben.

A trágyázás termésmenvelő hatása relatíve mérsékelt volt a borsó esetében (700-1500 kg ha⁻¹ termésmenvellet) és a termésmenvellet az évjárat nem befolyásolta. Az évjárat jelentősen módosította viszont a borsó optimális N+PK adagját (2011-ben N₁₄₀ +PK, 2012-ben N₁₀₅ +PK, 2014-ben N₇₀ +PK), valamint a trágyázás hatékonyságát (1 kg NPK-ra jutó termés 9-12 kg, 17-19 kg és 17-24 kg között változott a 2011., 2012. és 2014. években az N_{opt} +PK kezelésekben).

Kutatásaink azt bizonyították, hogy a legfontosabb agrotechnikai elem, a vetéside termésre gyakorolt negatív hatását (késői vetéside) megfelelő tápanyag- és vízellátással részben kompenzálni lehetett. Optimalizált agrotechnikával csernozjom talajon 4,0-5,0 t ha⁻¹ borsó termésmenvel biztonsággal realizálhatók az évjáratok jelentős részében.

Kulcsszavak: borsó, termés, évjárat, vetéside, trágyázás, öntözés

Irodalomjegyzék

- Alsadon, A. A.-Khalil, S. O.: 1994. Yield and yield components analysis of pea cultivars in response to planting date. Alex. J. Agric. Res. 39: 471–489.
- Antal J.: 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bocz E.: 1996. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 448-474.
- Buzás I.-Fekete A.-Buzás I.-né-Csengeri P.-né-Kovács Á.-né.: (szerk.): 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 68.
- Cselőtei L.: 1978. Új irányok és feladatok a növények vízellátásában. Agrártudományi Közlemények. 37. 45-67.
- Fletcher, H. F.-Orrarod, D. P.-Maurer, A. R.-Stanfield, B.: 1966. Response of peas to environment. I. Planting date and location. Can. J. Plant Sci. 46: 77–85.
- Fleury, D.-Jefferies, S.-Kuchel, H.-Langridge, P.: 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat J. Exp. Bot., 61: 3211–3222.
- Foulkes, M. J.- Reynolds, M.P.-Sylvester-Bradley, R.: 2009. Genetic improvement of grain crops: yield potential V.O. Sadras, D.F. Calderini (Eds.), Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy, Academic Press, San Diego. 355–385.
- Iványi S.-né: 1973. Étkezési szárazborsó. Vetőmagtermeltető és Értékesítő Vállalat. Budapest.
- Kádár I.: 2005. Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan. 54. 3-4: 359-374.

- Knott, C. M.-Belcher, S. J.: 1998. Optimum sowing dates and plant populations for winter peas (*Pisum sativum*). *J. Agric. Sci.*, 131: 449–454.
- Kurnik E.: 1970. Étkezési és abraktakarmány-hüvelyesek termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest. 29-138.
- Murray, G. A.-Swensen, J. B.-Auld, D. L.: 1984. Influence of seed size and planting date on the performance of Austrian winter field peas. *Agron. J.* 76: 595–598.
- Papp, J.: 1996. A vetésidő szerepe a borsó (*Pisum Sativum* L. convar *glucospermum*) fenológiai fázisainak és a termés mennyiségének alakulására. *Acta Agronomica Ovariensis*. 38. 1-2: 79-90.
- Richards, R. A.: 1995. Improving crop production on salt-affected soils: by breeding or management? *Exp. Agric.* 31: 395–408.
- Ruzsányi L.: 1996. Vízigény, vízellátás, vízhasznosítás. Szántóföldi növénytermesztés (Szerk.: Bocz E.). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 145-160.
- Sadras, V. O.- Lawson, C.: 2013. Nitrogen and water-use efficiency of Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. *Eur. J. Agron.* 46: 34–41.
- Sárvári, M.: 1991. Borsó. In Növénytermesztési füzetek 4. Borsó, Szója, és egyéb maghüvelyes növények. 7-46.
- Thomson, N. J.-Lee, J. A.: 1980. Insect resistance in cotton: a review and prospectus for Australia *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 46: 75–86.
- Vocanson, A.-Roger-Estrade, J.-Boizard, H.-Jeuffray, M-H.: 2006. Effects of soil structure on pea (*Pisum sativum* L.) root development according to sowing data and cultivar. *Plant Soil* 281: 121–135.