

Nagy János – Rátonyi Tamás – Széles Adrienn

A klímaváltozás okozta növényi stressz mérséklése¹

Magyarország összterületének 85,5%-án folyik mezőgazdasági termelés, az éves átlagos csapadék mennyisége 550–600 mm. A globális felmelegedés miatt gyakori a szélsőséges időjárás.

Az országos hőmérséklet-emelkedés a múlt század eleje óta 1,0°C-os, ez meghaladja a globális változás 0,8°C-ra becsült mértékét. A melegedés nem egyenletes az ország különböző részein, a hőmérséklet emelkedése a keleti, északkeleti országrészben az 1983–2012 közötti időszakban volt a legnagyobb, 1,8°C. A északkeleti régiókban és az Alföldön nyáron 2,2°C-ot is meghaladó mértékű volt a melegedés. A csapadék területi eloszlása nagyon változó. Az 1901–2012 közötti időszakot vizsgálva a Dunántúlon a csökkenés több mint 25% (OMSZ, 2013). A legszárazabb alföldi területeken 500 mm alatti, míg délnyugaton 700 mm fölötti összegek jellemzőek. Ennél magasabb, 800 mm-t meghaladó értékek csak kis foltokban jelennek meg a Mátra, Bükk és a Kőszegi hegységekben (OMSZ, 2013).

A szélsőséges időjárási körülmények új kihívások elé állítják a növénytermesztőket. A szántóföldi tartamkísérletek vizsgálati eredményei megbízható útmutatást adnak azzal kapcsolatban, hogy az egyes termesztéstechnológiai beavatkozások hogyan befolyásolják a növénytermesztés eredményességét, a termésátlagokat és a termésbiztonságot.

A Debreceni Egyetem látóképi kísérleti telepén több mint három évtizede folynak szántóföldi kísérletek. Az Európában egyedülálló és elismert poli-faktoriális tartamkísérletünk eredményei lehetővé teszik a növénytermesztési tényezők (talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám, az öntözés és a genotípus) hatásának, kölcsönhatásának értékelését eltérő évjáratokban.

Eredmények

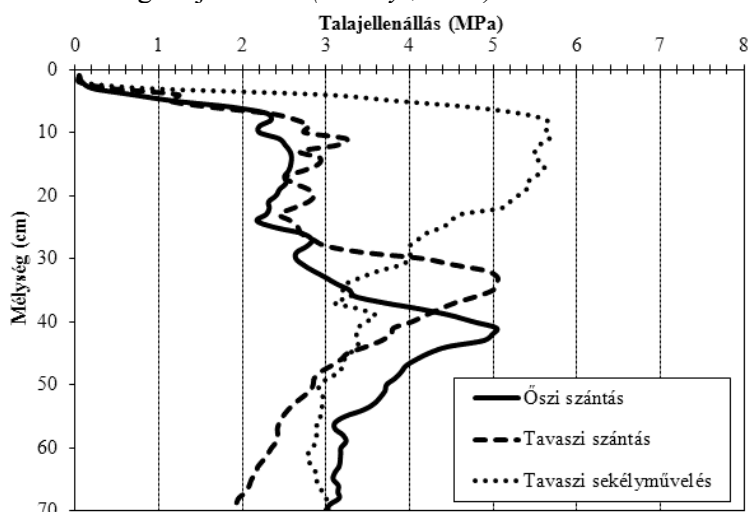
A tartamkísérlet adatsorai bizonyítják, hogy az évjáratok okozta időjárási különbségek nagymértékben befolyásolják a termés alakulását. A vetéstől a virágzásig lehullott csapadék általában az adott időszakot jellemző időjárás sokkal meghatározóbb volt, mint a téli félév hatása. A lehullott csapadék és a potenciá-

¹ Elhangzott a DAB 2016. évi díjkiosztó közgyűlésén

lis evapotranszpiráció ismeretében pontosan előre lehet jelezni a kukorica terméshozamát.

Talajnedvesség. A tartamkísérlet 30 éves kutatási eredményei igazolják, hogy a csapadékmennyiség, illetve a talajban tárolt nedvességekészlet a trágyaszükségletet és a trágyahatást is módosítja. A trágyahatás az optimális vízellátáshoz közeledve nő, majd a káros víztöbblet beálltával csökken. Öntözés hatására valamennyi trágyázási kezelésben megbízhatóan, mintegy 2,5–3,0 tömeg%-kal emelkedik a talaj 40–180 cm-es szelvényének nedvességekészlete. A talaj mélyebb rétegeiben az egyes kezelések eredményei között nem tapasztalható szignifikáns eltérés (Rátonyi et al., 2003; Rátonyi 2006).

Talajjellenállás. Az alpművelés végrehajtásának mélységétől függően a művelt rétegben látható a művelő eszközök talajlazító hatása. Szántásos alpművelés esetében 0–30 cm mélységben, a sekély művelés eredményeképpen a 0–10 cm talajmélységben kimutatható a művelő eszközök talajlazító hatása (1. ábra). A rendszeresen művelt talajréteg alatt tárcsatalp, illetve eketalp-réteg jelenlétét igazolják a magasabb talajjellenállás értékek. A sekély tavaszi talajművelés talajtömörítő hatása a legkifejezettebb (Rátonyi, 2006).

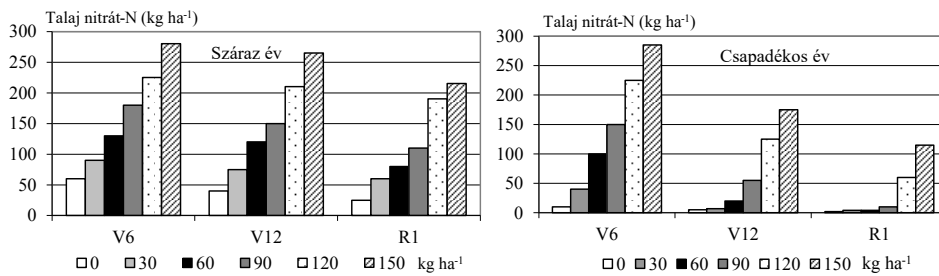


1. ábra: Eltérő talajelőkészítés hatása a talaj tömörödöttségére, Debrecen

Forrás: Rátonyi, 2006

A talaj nitrát-N tartalma. A tartamkísérlet több éves eredményesorozata alátámasztja, hogy a csapadék hiánya és a mérsékelt növényi tápelemfelvétel következtében – száraz évjáratokban – a nitrát-N mennyisége a trágyázás mértékétől függően mindössze 20–35%-kal csökken a kukorica V6 állapotától az R1 fenofázisáig terjedő időszakig, és nem is mozdul el a mélyebb rétegek irányába (2. ábra). Jó csapadék-ellátottságú években a talajszelvényben tárolt nitrát-N

mennyisége a 30–90 kg ha⁻¹ N kezelésekben mindössze 10–20 kg ha⁻¹ volt, csak a 120–150 kg N ha⁻¹ dózisok esetén jelentkeztek 50, illetve 100 kg ha⁻¹ feletti nitrát-N értékek (Ványiné et al., 2012).



2. ábra: A növény által felvehető talaj nitrát-N tartalom természetes csapadékelátottság mellett, Debrecen; Forrás: Ványiné et al., 2012

Természetes tápanyaghasznosító-képesség. Intenzív műtrágyázás körülményei között kevésbé volt fontos a talaj természetes tápanyagellátó képességének elemzése (Kádár, 1992). A környezetkímélő, fenntartható gazdálkodás azonban ráirányította a figyelmet a műtrágyázás nélküli termelés, vagy csak kis dózisú műtrágyák alkalmazásának jelentőségére (Nagy, 2011). A 25 éves tartamkísérlet műtrágyázás nélküli parcellái megbízható adatokat szolgáltatnak a talaj természetes tápanyagszolgáltató képességéről, a talajt jellemző paraméterekről, a kukorica hibridek természetes tápanyaghasznosító képességéről és az évjáratok hatásáról. A megbízható tartamkísérletek eredményei jelentenek igazi lehetőséget a soktényezős kölcsönhatások elemzésére is (Megyes et al. 2007; Nagy 2007).

Genotípus. Több mint 30 éve folyamatosan vizsgáljuk a köztermesztésben lévő kukorica hibrideket. A szántóföldi kisparcellás kísérleti körülmények között a legnagyobb termést ugyan a középérésű (FAO 400-499) hibridek esetén mértük, azonban a termésingadozás is ebben a csoportban a legnagyobb, és itt változik leginkább az évenkénti árbevétel és a jövedelmezőség. A legkisebb termésingadozást az igen korai érésű (FAO 200–299) hibridek mutatták, azonban e csoport termése több mint 1 tonnával marad alatta a korai, illetve középérésű hibridek hozamának. A termés nagyságot és a termésingadozást együttesen figyelembe véve reális lehet a korai (FAO 300–399) érésű hibridek termesztése, ill. a termőhelynek legjobban megfelelő éréscsoport-arányok meghatározása. A szemtermés szárítása jelentős költséggel jár, ezért a kukorica hibridek egyik legfontosabb tulajdonsága a vízleadó képességük. Minél hosszabb a tenyészidő, annál nagyobb a betakarításkor mért szemnedvesség és a termelés kockázata, ami az érés bizonytalanságában jelentkezik. A közepes és késői érésű hibri-

dek vízleadása sok esetben már kedvezőtlen klimatikus körülmények között megy végbe, nagyon lassú folyamat, ezért a szárítási költség adott esetben igen nagy lehet. Ilyen esetben a nettó jövedelmet a termésmennyiség 35–40%-ban, a szárítási költség 45–55%-ban befolyásolja (Nagy és Huzsvai, 2005, Nagy 2007, Nagy és Megyes 2009).

A kísérleti eredmények azt mutatják, hogy hazai körülmények között a FAO 300-as éréscsoport hibridjei garantálják a termelők számára a nagyobb hozamokat és közepes terméssingadozás, mérsékelt szárítási költségek mellett az egyenletesen kedvező jövedelmezőséget.

Műtrágyázás. A trágyázására különös figyelmet kell fordítani, mivel alacsony tápanyagellátás mellett csökken a termés mennyisége. A túlzott trágyaadagok – elsősorban a nitrogén – rontják minőséget, és a termelési költség növelésén keresztül csökkentik az elérhető jövedelmet. A műtrágyázás terméstöbblete nem öntözött állományban hektáronként 1,9–2,1 t ha⁻¹ (34–37%), aszályos években azonban csak 1,4–1,5 tonna, öntözött változatban azonban kiemelkedő: 4,4 t ha⁻¹ (67%). Ez is bizonyítja, hogy öntözéssel gazdálkodásban a tápanyagellátottság döntő tényező (Nagy, 2007).

Talajművelés. A kutatómunka keretében vizsgáltuk a minimális talajművelés alkalmazásának lehetőségeit, aminek révén célunk csökkenteni a taposási kárt és a termelési költségeket. A kukorica számára az őszi szántás biztosította a legmegfelelőbb feltételeket. A termés hektáronként egy tonnával (12%-kal) megbízhatóan nagyobb volt, mint a tavaszi sekélyművelésnél. Az alapművelés hatása a termésre évjáratonként eltérő volt és nagymértékben függött a vízellátottságtól. Az őszi szántás terméstöbblete – műtrágyázás nélkül – a tavaszi sekélyműveléshez képest 1,4–2,3 t/ha, a műtrágyázott kezelésekben ettől nagyobb mértékben, átlagosan 2,8–3,3 t/ha-ral növelte a termést (Nagy 2007, Nagy és Ványiné 2012).

Az öntözés hatása – a talajművelési változatokban – a természetes vízellátottságtól függően nagymértékben differenciált. Legnagyobb az öntözés hatása az őszi szántásban, az évek átlagában 2,87 t/ha. A tavaszi sekélyművelés – csernozjom talajon – öntözéssel természetesen nem ajánlható. Az öntözés hatása megbízható a tavaszi szántásban is, de a természetesen nagy kockázattal jár, ezért a gyakorlatban csak nagy körültekintéssel ajánlható (Rátonyi et al. 2003; Nagy 2007; Nagy és Ványiné 2012).

Intézetünk vizsgálati egyértelműen igazolták a forgatás nélküli, csökkentett menetszámú talajművelés nedvességmegőrző hatását a hagyományos, ekére alapozott műveléssel szemben. A talajban tárolt többlet nedvesség előnye száraz évjáratokban jelenik meg igazán, mivel a természetesen kultúrnövény növekedése és fejlődése számára jóval több felvehető víz áll rendelkezésre a kritikus időszakban. A nedvesebb talajállapot következtében a talaj biológiai aktivitása is kedvezőbb, ami segíti a vízálló, jobb hordképességű (mechanikai terheléssel szemben ellenállóbb) talajszerkezet kialakulását, a tápanyagok feltáródását.

Növényszám. A megfelelő növényszám alkalmazása csak egyéb, a termést kialakító tényezők figyelembe vételével lehetséges. Egyfelől a növényszám döntően befolyásolja a kukoricatermesztés hatékonyságát, másfelől az indokoltnál nagyobb növényszám nagy kockázatot, termés kiesést jelent a termeszőnek.

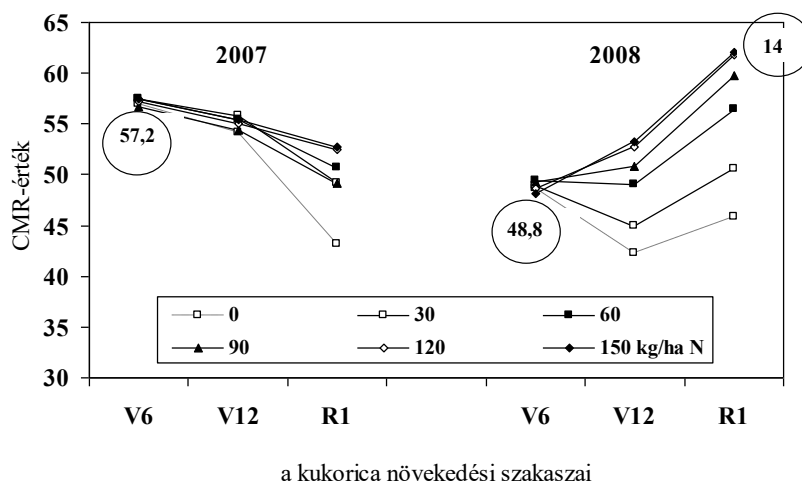
Értékelésünk alapján – figyelembe véve a vizsgált évek eredményeit – a hektáronkénti 70 ezer növény szám bizonyult a legjobbnak. A növény szám maximuma műtrágyázás nélkül vagy kis adagú műtrágya-felhasználás esetén hektáronként 60 ezer volt. A nagyobb növény számok esetén – műtrágyázás nélkül – átlagos csapadékellátottságú években 2–12%-kal, aszályos években 3–14%-kal volt kisebb a termés. 120 kg N/ha műtrágya dózis használat mellett az optimális növény szám hektáronként 70–80 ezer. A hektáronkénti 240 kg N műtrágya dózis és 90 ezres növény szám alkalmazása azonban nagy kockázattal jár, ezért nem javasolható. Öntözés nélkül a 60–70 ezernél magasabb növény számok 7–14% termés kiesést okoztak. Öntözött állományban a jó termés eléréséhez hektáronként maximum 70–80 ezer közötti növény szám szükséges. Ettől nagyobb növény szám nem indokolt, mert kísérleteinkben a termés 7–8%-kal kevesebb volt (Nagy 2007; Nagy és Ványiné 2012).

Öntözés. Az öntözés napjainkban nemcsak jövedelemjavító beavatkozás, hanem azt meghaladó mértékben piaci versenyképességet szolgáló tényező. Az öntözést, annak mértékét és időzítését nem az átlagos termelési szokásokhoz igazodva, hanem pontos meteorológiai adatok és a talaj tényleges vízszolgáltató képességének ismeretében, a kukorica fenológiai fázisokhoz igazodó vízigénye alapján kell elvégezni. Különböző időszakok elemzése alapján megállapítottuk, hogy az öntözéses kezelésekben a műtrágyázás terméstebblete kiemelkedő, az évek átlagában 4,4 t/ha. Kísérletünkben – az évek átlagában – az öntözés terméstebblete megbízhatóan 2,6 t/ha volt. Kimutattuk, hogy aszályos években a többlet átlagosan 4,5–5 t/ha, átlagos csapadék ellátottságú években azonban csak 0,5–1,5 t/ha.

Stresszfiziológia. Az asszimiláló levélfelület nagyságát az évjárat jelentősen módosítja. A csapadékos év a levélfelület évi átlagát 62%-kal emelte, az asszimilációs tevékenység időtartama is meghosszabbodott, a lombozat természetes öregedése csak a tenyészidőszak végén következett be. Száraz évben a magasabb hőmérséklet és a kevés csapadék miatt az átlagos sztómaellenállás értéke 23,1%-kal nőtt (Ványiné és Nagy, 2012; Ványiné et al., 2012).

A levél Chl-tartalma száraz évjáratban – a kezelések átlagában – a V6 szakaszban volt a legnagyobb, ami a fejlődés során jelentősen lecsökkent (3. ábra). A legnagyobb Chl-tartalom csökkenést a nem műtrágyázott parcellán, míg a legkisebbet a 120 kg ha⁻¹ N kezelésnél mértük. Csapadékos évjáratban – ellentétben a száraz évjáratral – a vegetációs periódusban az idő előrehaladtával a Chl-tartalom a kezelések átlagában növekedett az R1 növekedési szakaszra. A

legnagyobb Chl-tartalom növekedést a R1 szakaszig a 150 kg/ha N-kezelés mutatott (Ványiné és Nagy, 2012; Ványiné et al., 2012)



3. ábra. Az évjárat és a műtrágyázás hatása a kukoricalevél klorofill-tartalmára, Debrecen; Forrás: Ványiné et al., 2012

Az öntözés hatására a műtrágyázás nélküli kezelésben csökkent a legnagyobb mértékben a CMR-érték mind száraz, mind csapadékos évben, mindhárom növekedési szakaszban. A tápanyag növelésével javult az öntözés hatása, a CMR-érték kisebb mértékben csökkent.

A klorofill és a talaj nitráttartalma, a műtrágya, valamint a termés közötti összefüggés száraz évben az R1 növekedési szakaszban volt kimutatható, egy jó csapadékelátottságú évben már jóval korábban, a V12 fejlődési szakaszban, így a klorofillmérő által mért értékek indikátorként szolgálhatnak a kukoricánövények N-állapotának és az optimális termés eléréséhez szükséges kiegészítő N-műtrágyaigény tekintetében.

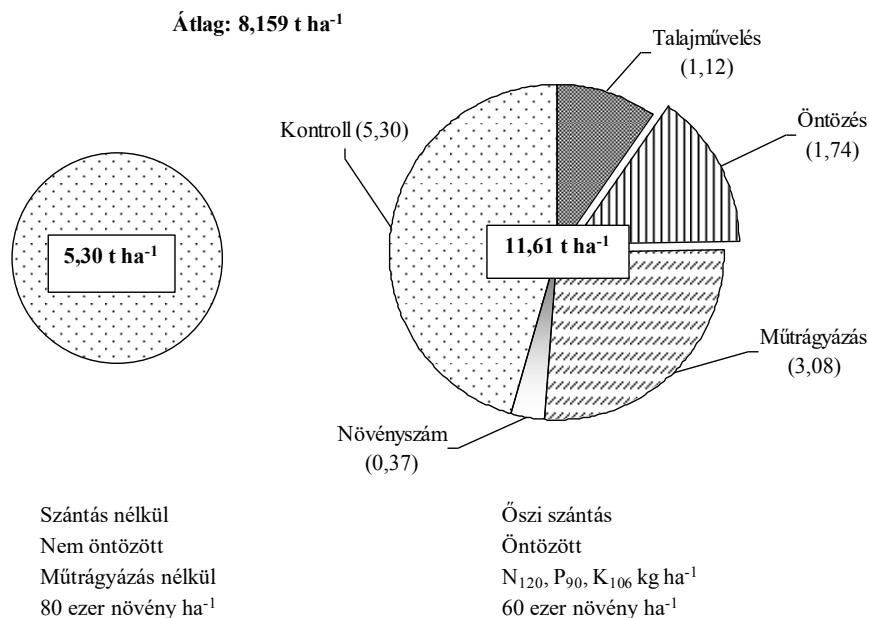
Gyomszabályozás. A gyomirtás a termesztéstechnológia egyik igen fontos eleme. Amennyiben az állomány nagymértékben elgyomosodott, a talajművelés, a trágyázás, a növényszám, az öntözés hatása és hatékonysága nem tud megfelelően érvényesülni.

A kukorica gyomszabályozása során problémát jelent, hogy az utóbbi évtizedekben rendkívüli mértékben felszaporodtak a veszélyes, nehezen irtható gyomnövények (selyemmályva, csattanó maszlag, parlagfű, köles fajok, szerbtövis fajok, egyes gyomirtószer-rezisztens biotípusok: disznóparéj, libatop, parlagfű). A gyomborítottság mértékét az elővetemény (búza elővetemény után 7,6–8,4%; kukorica elővetemény után 27,4–35,1%, ill. 52,3–57,4% gyomborítottság

a gyomos kontrollkezelésben) jelentősen befolyásolta. Kedvező elővetemény (búza) után lényegesen kisebb volt a gyomborítottság, mint kedvezőtlen elővetemény (kukorica) után. Azonos elővetemény (kukorica) esetében a gyomosodás mértékét az évjárat jellege, a vízellátottság mértéke jelentős mértékben meghatározta. A szárazabb évben a gyomos kontrollkezelésben a gyomborítottság 27,4–35,1%, míg a kedvező vízellátottságú évben jelentősen nagyobb volt a gyomborítottság (52,3–57,4%) (Pepó, 2005).

Kutatási eredményeink szerint a növénytermesztés során egyetlen tényező növelésével vagy csökkentésével nem lehet a legkedvezőbb eredményt elérni. A kísérlet eredményei alapján a termésnövekedésben a növénytermesztési tényezők aránya a következő: műtrágyázás 48%, öntözés 28%, talajművelés 18%, növény-szám 6% (4. ábra).

Kutatási eredményeink igazolják, hogy a termesztési tényezők (öntözés, talajművelés, növény-szám, műtrágyázás) hatása nem függetlenek egymástól. Bizonyítottuk, hogy az öntözés \times műtrágya és a növény-szám \times műtrágya kölcsönhatás pozitív, ezért a termesztési színvonal megválasztásakor vagy megváltoztatásakor mindhárom tényezőt egyszerre kell változtatni. A kísérlet fő átlagához tartozó értékek a varianciakomponensek felbontásakor közepes (mid-tech) termelési szintet képviselnek. Alacsonyabb (low-input) termelési szintet megcélözva figyelembe kell venni, hogy az egyik termesztési tényező csökkentése a másik két tényező hatását is lerontja. A két tényező viszonylag nagyobb ráfordításai önmagukban nem lesznek hatékonyak. Kutatási eredményeink szerint bármilyen termesztési szintet kívánunk elérni, az adott szinten egyszerre kell biztosítanunk a víz-, a tápanyagellátás és a növény-szám leg kedvezőbb kölcsönhatását (Nagy, 2007).



4. ábra: A növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére, kg ha^{-1}

Forrás: Nagy, 2007

Következtetések

A jövőben az adott ökológiai viszonyokhoz legjobban alkalmazkodó, kedvező vízleadó-képességű hibridek termesztésével, megfelelő vetésváltással, harmonikus tápanyag-visszapótlással, a kukorica igényének megfelelő, víztakarékos talajműveléssel, az optimális tőszám biztosításával, és a jelenleginél hatékonyabb növényvédelemmel növelhetjük a kukorica terméshatárát, csökkenthetjük a termésingadozást, továbbá az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők közötti pozitív interaktív hatások jobb kihasználását. Az eredményes gazdálkodásra nem alkalmas termőhelyeken más alternatíva szükséges a terület hasznosítására (pl. energetikai faültetvények létesítése). A szárítási költségek csökkentése, valamint az energiatakarékos, talajkímélő művelési rendszerek hazai elterjesztése is kiemelt jelentőségű.

Irodalom

- Megyes A., Rátonyi, T., Sulyok, D. (2007): Evaluation of nitrogen dynamics and crop yield in a long-term tillage experiment. *Cereal Research Communications*, 35. 2: 769–772.
- Nagy J., Megyes A. (2009): A kukoricatermesztés kritikus agrotechnikai elemei. *Agrofórum Extra*, 32: 36–40.
- Nagy J. (2007): Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Nagy J. (2011): The effect of soil pH and precipitation variability during the growing season on maize hybrid grain yield in a 17 year long-term experiment. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 59. 1: 1–8.
- Nagy J., Huzsvai L. (2005): Hibridválasztás a kukoricatermesztés középpontjában. *Agrofórum Extra*. 9: 30–32.
- Nagy J., Ványiné Széles A. (2012): Kutatási eredmények alkalmazása a precíziós kukoricatermesztésben. *Agrártudományi Közlemények*, 49: 227–232.
- OMSZ (2013): Az éves országos átlaghőmérséklet és csapadékösszegek alakulása 1901-től 2012-ig. Szakmai füzetek, Budapest
- Pepó P. (2005): A hibridspecifikus gyomirtás új eredményei a kukoricatermesztésben. [In: Nagy J. (szerk.) Kukoricahibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen, 165–182.
- Rátonyi T. (2006): Termőhelyi tényezők szerepe a szántóföldi növénytermesztésben. [In: Birkás M. (szerk.) Földművelés és földhasználat.]. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Rátonyi T., Megyes A., Nagy J. (2003): Talajvédő termesztéstechnológiai rendszerek értékelése. [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen, 141–148.
- Ványiné Széles A, Megyes A., Nagy J. (2012): Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*, 107: 133–144.
- Ványiné Széles A, Nagy J. (2012): Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science*, 6. 3. 381–290.