

DEBRECENI EGYETEM
Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma
Mezőgazdaságtudományi Kar
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:
Dr. Nagy János DSc
egyetemi tanár

Témavezető:
Dr. Huzsvai László PhD
egyetemi docens

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**SPAD-ÉRTÉK ÉS A KUKORICA (*Zea mays* L.) TERMÉSMENNYISÉGE
KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS ELEMZÉSE KÜLÖNBÖZŐ TÁPANYAG-
ÉS VÍZELLÁTOTSÁGI SZINTEN**

Készítette:
Ványiné Széles Adrienn
doktorjelölt

Debrecen
2008.

1. BEVEZETÉS

„Nincs olyan helyzet, aminek okos ember hasznát ne tudja venni.”

(Jókai)

A mezőgazdaság a történelmi idők kezdetétől az emberi civilizáció alapja volt, és az is maradt. A mezőgazdasági termelési folyamat a növénytermesztésre épül, amelynek során a gazdaságilag hasznos növények a napsugárzás energiáját megkötik, amivel az emberek és a haszonállatok táplálkozásához nélkülözhetetlen szénhidrátokat állítják elő. A növénytermesztés és az állattenyésztés által megtermelt élelmiszer mennyiség szolgál a Föld lakosságának táplálékául. A lakosság számszerűen fokozatosan növekszik, s ezért egyre több és főleg jobb biológiai értékű élelmiszert van szükség.

Időszámításunk kezdetén a Föld népessége mintegy 150 millió főre volt becsülhető. Kerekén 1000 év után ez a szám megkétszereződött. 2000-ben pedig már elérte a 6,2 milliárdot. Előrejelzések szerint 2015-re 7,2 majd 2050-re 8–9 milliárd fő lesz a Föld lakossága. A hihetetlen ütemben növekvő népességnél gyorsabban emelkedik a természeti erőforrások pazarló és károsító felhasználása, valamint az energia-, az élelmiszer- és az ivóvízigény.

A növénytermesztés és az állattenyésztés termékeinek kibocsátási üteme világszinten az 1986–1995-ös időszak évi 1,9%-os növekedési üteméről az 1996–2005-ös időszakban 2,4%-ra emelkedett, vagyis túlszárnyalta a népesség növekedési ütemét. Következésképpen az 1 főre eső élelmiszertermelés növekedési üteme emelkedő tendenciát mutatott. Az említett két időszakban 0,3, illetve 1,1% volt. A termelésnövekedés jelentős része a hozamok emelkedésének eredménye. A gabonafélék hozama például az említett két időszakban világszinten 17%-kal emelkedett.

A hozamok emelkedéséhez azonban nélkülözhetetlen az intenzív növénytáplálás, ami energiaigényes tevékenység. A műtrágyák (különösen a nitrogénműtrágyák) előállításához számottevő, korlátozottan rendelkezésre álló, leggyakrabban fosszilis energiára van szükség. Ennek fényében is fontos, hogy csak annyi és olyan műtrágyát használjunk fel, amely feltétlenül szükséges, gazdaságosan előállítható terméstebbletet eredményez.

A jövőben egyre nagyobb figyelmet kell kapjon a fenntartható növénytáplálás alapelveinek gyakorlatban való alkalmazása. Csak így teljesül *Stefanovits* (1977) „A talajvédelem tízparancsolata”-ban megfogalmazott és megszívlelendő kettős követelménye: 1. „Csak *annyi trágyát vigyél a talajba, amennyit a növény kíván*” és 2. „*A talaj termékenységét őrizd meg, és ha lehet, növeld!*”

A mezőgazdálkodás intenzívvé válásával egyre hangsúlyosabb lett az emberi tevékenység, és benne az agrártermelés okozta környezeti károk (nitrogénleemosódás, eutrofizáció, stb.) miatti aggodás. A mezőgazdaság, ezen belül a növénytermesztés azonban nemcsak élelmiszert termel, hanem ésszerű gazdálkodás mellett újratermeli erőforrásait, miközben környezetfenntartási és légkörvédelmi tevékenységet is végez.

A világ mezőgazdaságára a korábbinál jelentősebb hatással lesz az olajárak alakulása. Egyrészt a tartósan magas olajár növeli az agrártermelés költségeit, másrészt reálisan felveti a bioenergia (bio-üzemanyag, biomassza) szélesebb körű igénybevételét. Ez utóbbi megnövelheti a keresletet az alapanyagul szolgáló kukorica iránt.

A kukoricát a világon, nagy területen termesztik. Észak-Amerikában főként az északi szélesség 45^o-tól délre, Európában általában az 50. szélességi fokig termesztik, ahol a hőmérséklet által biztosított vegetációs időszak legalább 140 nap. Bár a Kárpátoktól északra főként csak silókukoricát termesztenek, de Norvégiában a 60. fokig lehet találkozni a növényvel. A déli féltekén a 42. szélességig fordul elő (Új-Zéland). A magassági korlát kontinensükön 1300 m (Tírol), Peruban és Mexikóban 3000–3900 m.

Magyarország az északi félteke mérsékelt övezetének középső részén fekszik. Hozzávetőlegesen „fele úton” az Egyenlítő és az Északi sark között (ÉSZ: 45°48’–48°35’ és a KH: 16°05’–22°58’). A Trewartha-féle éghajlati beosztás szerint jellemzője a hűvös, mérsékelt klíma, hosszú meleg periódusokkal.

Az ország éghajlata és talajadottsága kiválóan alkalmas a kukorica termesztésére. *Carter et al.* (1991) úgy találták, hogy az évi középhőmérséklet 1 fokos változása 300–330 km-rel tolja el a kukoricatermesztés területének északi határát. 1960-tól e határ évente átlagosan 50 km-rel tolódott északabbra.

A kukorica világviszonylatban kiemelkedő jelentőségű. Mind a termesztés területét, mind a termésmennyiségeket tekintve rendre az elsők között van. Ami a kukoricatermesztés alakulását illeti, termésmennyisége 1990-ben 483 millió tonna volt. 2007-re 766 millió tonnára emelkedett. A termelés 59%-os növekedése a gabonafélék között a legdinamikusabb. A jövő kukoricatermelésének óvatos prognózisa szerint a termelés üteme – a népesség növekedésének függvényében – lassan tovább emelkedik.

A kukoricatermesztés jelentősége hazánkban vitathatatlan. Termőterülete elterjedésétől kezdve szinte állandóan nőtt. Az 1930-as–1940-es években már a szántóterület 20%-át tette ki. Az intenzív állattenyésztéssel termőterületének növekedése tovább folytatódott. A kukorica termőterületének nagyságával nőtt a termésátlag is. A második világháború után a termés országos átlagban 2,2 t/ha-ról az 1980-as évek elején meghaladta a 6 t/ha-os átlagot (*Nagy* 2007). A kukoricát nagy termőképessége és sokirányú hasznosítása miatt igyekeznek minél nagyobb területen termesztetni. Közben figyelembe kell venni, hogy a talajból a terméssel kivett energiát pótolnunk szükséges. A talajok szerkezetét is javítsuk. Környezetkímélő termesztéstechnológiákat alkalmazzunk. Hogy ezt mind megtehessek a talaj-növény-környezet kapcsolat jobb megismerése szükséges. A sikerhez elengedhetetlen a kiváló genetikai tulajdonsággal rendelkező hibridek is.

Célszerű ismerni, hogy az adott talajon, az adott makro- és mikroklimatikus tényezők között, a gazdasági és környezetvédelmi szempontokat, valamint az emberi igényeket is figyelembe véve, a termesztés során milyen technológiát alkalmazzunk.

2. TÉMAFELVETÉS

*„Felfedezni valamit annyit tesz, mint látni,
amit mindenki lát, és közben arra gondolni,
amire még senki.”*

(Szent-Györgyi)

A növény tápanyagigényét a termés tápanyagtartalmából kiindulva közelítőleg meg lehet becsülni. A talajok tápanyagszolgáltató-képessége különbözik. Következésképpen különböző talajokon más és más lesz a kukorica trágyaigénye ugyanazon termésszint ellenére is.

A növények tápelem felvétele jelentős energiát igényel. Ez az energia a sejtekben termelődik, és a légzéssel szabadul fel. Előfordul az is, hogy a talajoldatban megfelelő mennyiségben van ugyan jelen a szükséges tápelem, a növény még sem képes felvenni, mert például kevés a tartaléktápanyaga, vagy a gyökér légzése levegő hiányában gátolt. Ilyen esetekben nem trágyázásra, hanem a gátló tényezők megszüntetésére van szükség. Ha pontosan ismerjük a talajban lejátszódó jelenségeket, a talaj tápanyagszolgáltatását befolyásoló tényezőket, még sem kapunk a növény tápláltsági állapotára teljes körű választ. A közvetlen választ a növény számunkra csak maga adhatja meg. Ezért nélkülözhetetlen a talaj mellett a növény vizsgálata is.

A növény tápláltsági állapotának meghatározására több módszer szolgál: vizuális-, sejtnedv vizsgálat, levél-és növényanalízis, műszeres mérés (SPAD).

Vizuális diagnosztika

A növény tápláltsági állapotának vizsgálata az egész növény, vagy egyes növényi szervek külső megjelenési formái alapján (szín, habitus, növekedési rendellenességek) történik. Az egyoldalú és nagyadagú makroelem túltrágyázás kiválthatja más elemek, elsősorban a fontosabb mikroelemek relatív hiányát. A vizuális módszer előnye, hogy gyors, olcsó, nincs műszer vagy laboratórium igénye. Egy tünet oka azonban többféle lehet, mert a tápanyagellátottságon túl az agrotechnikai tényezők és az időjárás is befolyásolhatja a növény fejlődését. A növénydiagnózis gyakorlati alkalmazása igen nagy tapasztalatot és sokoldalú képzettséget igényel.

E módszer mellett a növényanalízis elvégzése is szükséges.

Sejtnedv vizsgálat

Helyszíni szabadföldi vizsgálat, ami lehetővé teszi a zöld növényi szövetek tápelem ellátottságának megállapítását. Reagens hozzáadását követően a sejtnedv elszíneződését etalon színskálával vetik össze. Határhígítás elvét alkalmazó változata gyors, helyben elvégezhető. Pontatlansága miatt kevésbé terjedt el.

Levél- és növényanalízis

A növény meghatározott fejlődési stádiumában jól fejlett fotoszintetizáló zöld levél, vagy egyéb növényi rész tápelemtartalmának meghatározása laboratóriumi vizsgálatokkal. Az eredmények lehetőséget adnak a tápelemarányok számítására.

Műszeres mérés (SPAD-502)

A hordozható Soil Plant Analysis Development (SPAD-502) klorofill mérőműszernek köszönhetően egy olyan eszköz áll a rendelkezésünkre, amellyel a növény N ellátottsági állapota mérhető. A készülék azonnali méréseket végez a levélen, roncsolás nélkül.

Vizsgálatainknál a növény tápláltsági állapotának meghatározására a SPAD-502 típusú klorofill mérőműszert alkalmaztuk. Jelen dolgozatban a kapott eredményeket értékeltük.

A nitrogén az egyik legfontosabb, a kukorica növekedését és a terméseredmény alakulását nagyban befolyásoló tápelem. A nitrogénhiány kialakulásának nyomon követése, összefüggéseinek felderítése nem egyszerű, mivel a nitrogén a talajban könnyen mozog, emiatt az a talaj művelt rétegében nem halmozódik fel. Az optimális N-mennyiség meghatározása azonban nélkülözhetetlen a hatékony műtrágya-felhasználás szempontjából, valamint a talaj és a felszín alatti vizek szennyezésének elkerülése céljából.

A doktori (PhD) dolgozattal kettős feladatot kívánok teljesíteni. Egyrészt a növény N-ellátottságának pontosabb meghatározását már a kukorica korai növekedési szakaszában.

Másrészt a vizsgálati adatok alapján választ kívánok kapni arra, hogy két fontos természeti tényező, mint a műtrágyázás és az öntözés kísérleti területeinken hogyan hat a kukorica termésére, a termés és a SPAD-értékek összefüggésére, valamint a kapott eredmények használható-e a kukoricatrágyázási szaktanácsadói tevékenységben.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

„Fontos, hogy mindent mérjünk, ami mérhető,
és megpróbáljuk mérhetővé tenni, ami még nem az.”

(Galilei)

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Látóképi Kísérleti Telepén, közép-kötött mészlepedékes csernozjom talajon 1984-ben alapított többletanyag szántóföldi tartamkísérletben végeztük 2003 és 2007 között.

A műtrágya-hatóanyagok: 1 N : 0,75 P₂O₅ : 0,88 K₂O konstans arányú NPK dózisok. A nitrogén alapdózis 30 kg N/ha. A műtrágyázás nélküli kontroll mellett ennek 1, 2, 3, 4, 5-szörös dózisát alkalmaztuk (1. táblázat). A szántóföldi tartamkísérletnek nem öntözött és öntözött változata van. A kijuttatott öntözővíz mennyiségét a 2. táblázat mutatja. Az öntözést Valmont típusú lineár öntözőberendezéssel végeztük. A növényszámot – nem öntözött és öntözött körülmények között egyaránt – 70 ezer növény/ha-ra állítottuk be.

1. táblázat. Műtrágya kezelések

| A kezelés jelzése | Műtrágya-hatóanyag kg/ha | | |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| nem műtrágyázott | - | - | - |
| N ₃₀ | 30 | 23 | 27 |
| N ₆₀ | 60 | 45 | 53 |
| N ₉₀ | 90 | 68 | 80 |
| N ₁₂₀ | 120 | 90 | 106 |
| N ₁₅₀ | 150 | 113 | 133 |

2. táblázat. Öntözővíz mennyisége és kijuttatásának időpontja
(Debrecen, 2003, 2004, 2006 és 2007)

| Öntözés időpontja | Öntözővíz mennyiség (mm) |
|-------------------|--------------------------|
| 2003. június. 16. | 45 |
| június 26. | 40 |
| 2004. június 08. | 25 |
| július 07. | 25 |
| 2006. július 13. | 25 |
| július 26. | 25 |
| 2007. április 27. | 25 |
| május 16. | 30 |
| június 10. | 30 |
| június 26. | 25 |

A kísérlet földrajzi helye. Debrecen, Magyarország (N: 47°33', E: 21°27' t.sz.f. (Adria): 113–118 m. A kísérleti terület 190 ha. A 2002-ben végzett talajvizsgálati eredmények alapján a talaj átlagos pH értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), ami a növények tápanyagfelvétele szempontjából optimális. A fizikai talajféleség közép kötött vályog. A talaj felső (20 cm) rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 37, az öszsó-tartalom 0,05 m/m%. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ben 0m/m% (mészhiányos), de 100 cm-től 160 cm-ig meredeken emelkedik és eléri a 11 m/m%-ot (közepesen meszes). Az 1984-es talajvizsgálati eredményekhez képest a szénsavas mésztartalom kimosódása folyamatos és egyre mélyebb rétegekben jelenik meg. A talaj humusztartalma is az intenzív művelés miatt csökkent, az elmúlt 23 évben a talaj felső 20 cm-es rétegben 2,4 m/m% , a 120 cm-es mélységében már nem haladja meg az 1,00 m/m%-ot. A talaj nitrogén és kálium ellátottsága jó, P-ellátottsága közepes.

Időjárás. A környezeti paramétereket automata mérő és adatgyűjtő-állomás folyamatosan méri és rögzíti. Hat másodpercenként méri, 0,5, 1 és 2 m magasságban a levegő hőmérsékletét (°C), relatív páratartalmát (%), a talaj hőmérsékletét (°C) öt-, huszonöt és ötven cm-es mélységben, valamint a beérkező sugárzást (W/m²) és a csapadék mennyiségét (mm). Az adatokból nyert statisztikai mutatók (átlag, szórás) negyedórás gyakorisággal kerülnek tárolásra. Az alapadatokhoz feno-, illetve fitometriai megfigyelések, talajtani vizsgálatok kapcsolódnak.

A kukoricatermesztés egyik legfontosabb kritériumnak számító, a teljes tenyészidőszakra vonatkoztatott hőösszeg kiszámítását az alábbi képlet alapján végeztük el:

$$\text{hőösszeg (Heat Unit)} = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{\max} - T_{\min})}{2} - T_{\text{bázis}}, \text{ ahol} \quad (1)$$

T_{\max} a napi maximális hőmérsékletet, a T_{\min} a napi minimális hőmérsékletet jelöli. A $T_{\text{bázis}}$ azt a hőmérsékletet jelenti, amely alatt a fejlődési folyamatok annyira lelassulnak, hogy nem érdemes számításba venni az ez alatti értékeket. A kukorica esetében ez az érték 10 °C.

A potenciális evapotranszpiráció értékét Szász (1973) módszere alapján számítottuk. Ez a Magyarországon elismert és leginkább elterjedt módszer a víz párolgását döntő módon meghatározó légköri elemeket és a folyamatokat – a levegő hőmérsékletét, a vízgőz relatív nedvességtartalmát, a szélesebséget és mikroadvekciónak hatásokat – veszi figyelembe.

A vízzel töltött 3 m²-es kád párolgása:

$$PET = \beta [0,0095(T-21)^2(1-R)^{2/3} f(v)] \quad (2)$$

ahol:

PET: potenciális evapotranspiráció [mm nap⁻¹]

T: a napi középhőmérséklet [°C]

R: a relatív páratartalom

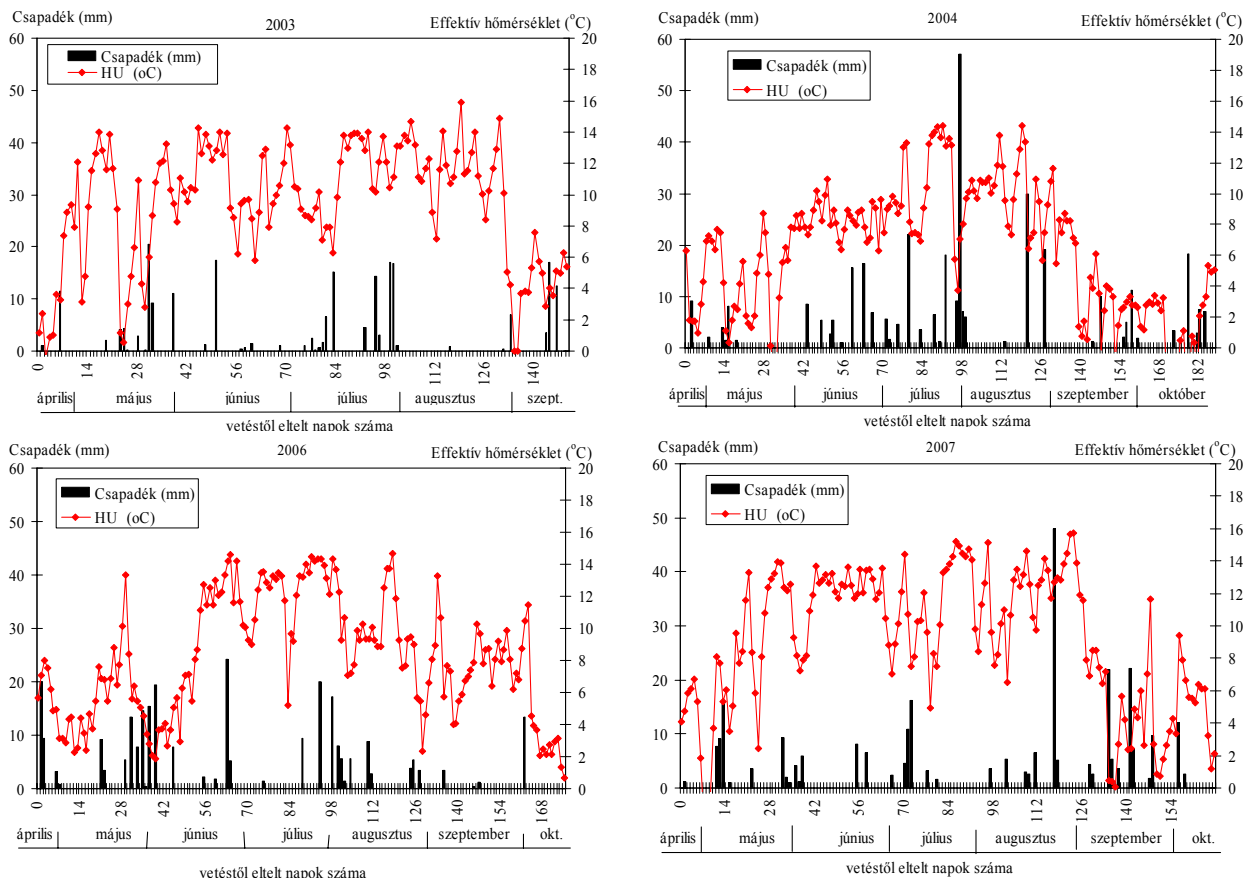
f(v): a szélsébség hatásfüggvénye

β: az oázishatás kifejezésére szolgáló tényező

2003 vegetációs időszaka jelentős csapadékhiánnyal (-56 mm) indult. A tenyészidőszakban a növény által hasznosított effektív hőösszeg (HU) 1406 °C, míg az évi potenciális evapotranspiráció (PET) 826 mm volt. A csapadékmennyiség és a potenciális evapotranspiráció közötti különbség -389 mm volt. A tenyészidőszak alatt lehullott csapadék mennyisége (215 mm) kevesebb, mint az ugyanezen időszak PET értéke (585 mm). A csapadékelátottság szempontjából 2003 az 50 éves idősorokat is figyelembe véve kedvezőtlen évnek tekinthető (1–2. ábra).

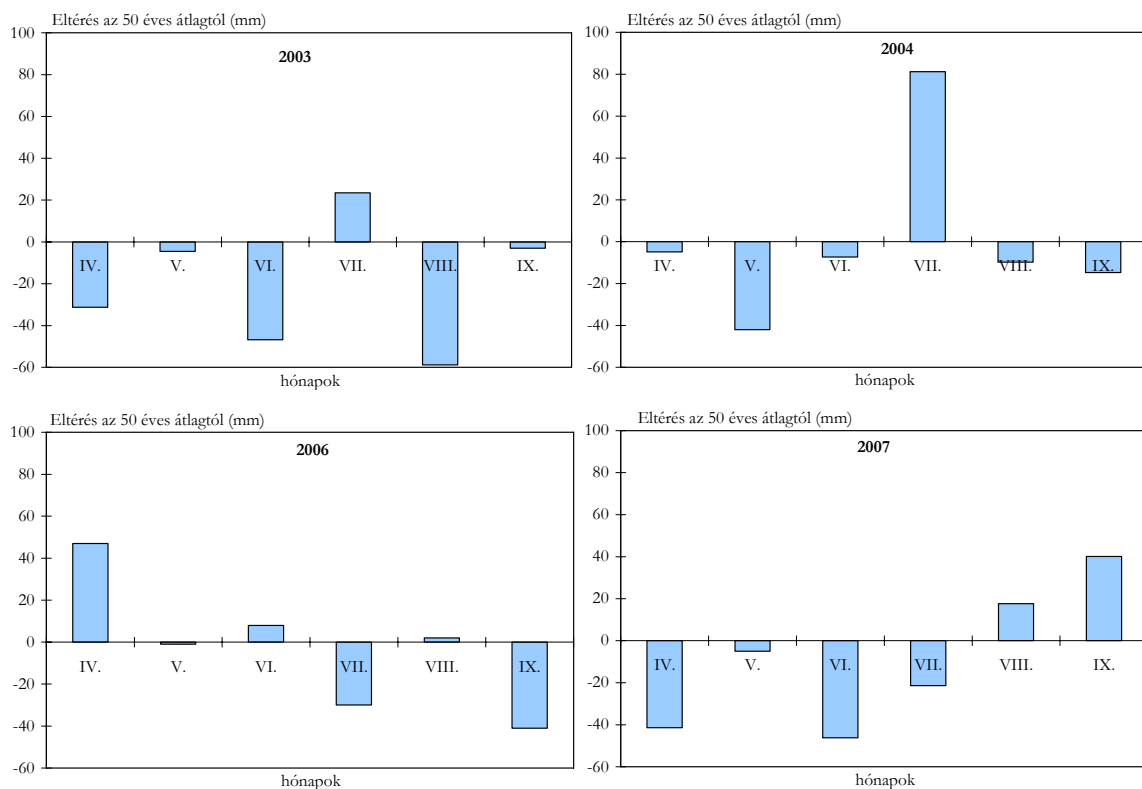
1. ábra: A lehullott csapadék mennyiség (mm) és az effektív hőmérséklet (°C) alakulása a tenyészidőszakban

(Debrecen, 2003, 2004, 2006 és 2007)



2004-ben mind a téli félévben (258 mm), mind a tenyészidőszakban (351 mm) a kukorica számára elegendő mennyiségű csapadék hullott. A csapadék eloszlása is kedvező volt. A kukorica fejlődése szempontjából kritikus július és augusztus hónapokban is volt elegendő csapadék. A két hónap alatt összesen 192 mm csapadék hullott. Ennek eredményeként ez az év az átlagosnál csapadékosabb volt. A kukorica a tenyészidőszakban a termésképzéshez 1181 °C -ot hasznosított. Az éves potenciális evapotranszpiráció 794 mm volt, ami 190 mm-rel több volt, mint az évi lehullott csapadék mennyiség (604 mm). A tenyészidőszakban a lehullott csapadék mennyiséget meghaladta ezen időszak PET értéke (604 mm). A 2004-es év csapadékelátottsága kismértékben tér el az 50 éves átlagtól (1–2. ábra).

2. ábra: A tenyészidőszakban lehullott csapadékmennyiségének eltérése az 50 éves átlagtól (Debrecen, 2003, 2004, 2006 és 2007)



Megjegyzés: az 50 éves átlag 340 mm.

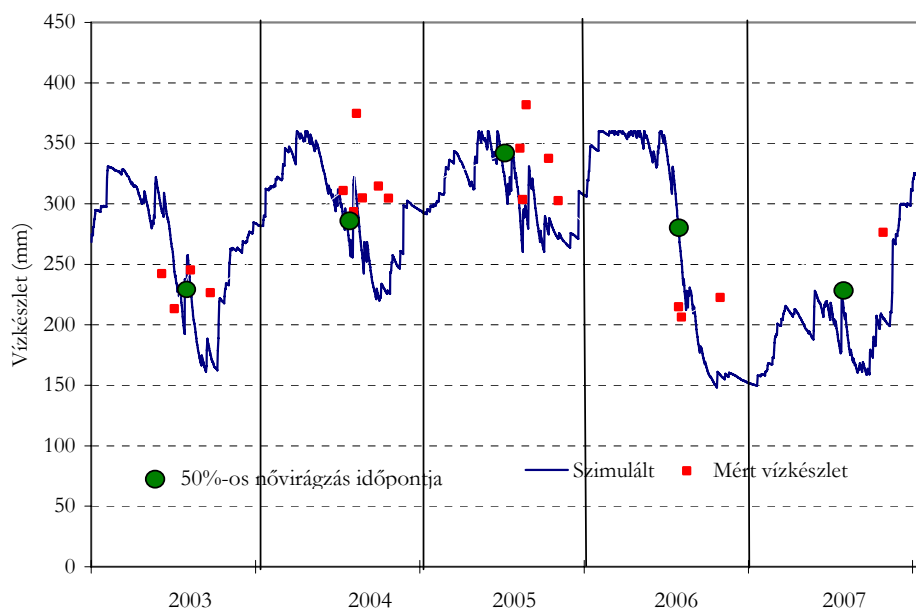
2006 téli félévnek időjárása átlagosnak mondható. A tavasz jóval csapadékosabb volt az átlagnál, különösen az április (92 mm). A tenyészidőszakban az effektív hőösszeg 1441 °C volt. Az évi csapadék mennyiség 522 mm, míg a PET érték 845 mm, ami -323 mm különbséget jelentett. A tenyészidőszak PET értéke 632 mm, ami magasabb, mint az áprilistól-októberig lehullott csapadék mennyisége (277 mm). Összességében 2006. év időjárása átlagosnak tekinthető (1–2. ábra).

2007 év extrém időjárása szélsőséges termesztési körülményeket teremtett a kukorica számára. Júliusban a több napon keresztül tartó 40 °C-os hőség erőteljesen károsította a kukoricát. A hőséghez hosszan tartó csapadékhiány társult. 2006. szeptember és 2007. augusztus között egy teljes éven keresztül (megszakítás

nélkül) minden hónap középhőmérséklete magasabb volt a sokévi átlagnál. A vizsgált évek közül ebben az évben volt a HU értéke a legmagasabb: 1519 °C. Az évi potenciális evapotranspiráció 899 mm, amelyből a tenyészidőszakban a párologtatásához 651 mm-re lett volna szükség. Az előző évekhez hasonlóan az áprilistól szeptemberig lehullott csapadék mennyiség értékét a PET érték 370 mm-rel haladta meg. Az évi csapadék és a PET értéke közötti különbség -453 mm volt. Összességében elmondható, hogy 2007 év aszályos volt, nem kedvezett a kukoricatermesztésnek (1–2. ábra).

A kukorica termésmennyiségének alakulását nem csak a lehullott csapadék mennyisége, hanem a talajban lévő felvehető vízkészlet is nagymértékben befolyásolja. A 3. ábrán jól látható, hogy az aszályos 2003 és 2007 évben a talajban lévő vízkészlet az 50%-os nővirágzás időpontjától a vegetációs idő végéig sokkal kevesebb volt, mint az átlagos csapadékelátottságú években.

3. ábra: A talaj vízkészletének alakulása, mm
(1,2 m mélységben)
(Debrecen, 2003–2007)



A kísérlet beállítása (1984) óta a kukoricát hagyományos agrotechnika alkalmazásával monokultúrában termesztjük. Betakarításkor mérjük a szemtermés nedvességtartalmát, aminek segítségével a termést 15%-os nedvességtartalomra számítottuk át.

A kukoricalevél relatív klorofill koncentrációját a SPAD-502 típusú hordozható klorofill mérőműszerrel mértük, és értékeltük a növény tenyészidőszak alatti N-koncentrációját. A méréseket N-kezelésenként, továbbá annak nem öntözött és öntözött változatán végeztük. A vizsgálatban szereplő hibridek: Debreceni 377, DK 391, Mv 277 és a Szegedi SC 352.

A talaj tápanyag-ellátottságának megítélésére a fiatal növények a legalkalmasabbak. Ugyanis ebben az időszakban még nem kezdődik el az intenzív szárazanyag-felhalmozódás és a növekedés. Ez kukoricánál 6. levél teljes kifejlődése után indul meg. Az egységnyi gyökérfelületre számított tápanyagfelvétel is viszonylag állandó és magas. A fiatal szövetekben a tápelemek koncentrációja általában a legmagasabb, a tápanyag-ellátottság hiányosságai kiélezettek. A tápanyag-ellátottság esetleges hiányosságait még pótolhatjuk fejtrágyával, levéltrágyázással. Ezeket a pótlólag adagolt tápanyagokat a növény még fel tudja használni a termés fokozására vagy a termés minőségének javítása érdekében (*Elek és Kádár* 1980). Ezért a méréseket minden évben már 6 leveles állapotban megkezdtük. A további méréseket a kukorica 12 leveles korában és az 50%-os nővirágzás időszakában végeztük. A vetéstől a betakarításig eltelt napok száma a hibridek átlagában vizsgálva évenként eltérő volt: 2003-ban 84-, 2004-ben 80-, 2006-ban 78- és 2007-ben 71 nap, ami a hőösszeg évenkénti alakulásával hozható összefüggésbe. A betakarítást 2003-ban 09.18-án, 2004-ben 10.27-én, 2006-ban 10.16-án és 2007-ben 10.08-án végeztük.

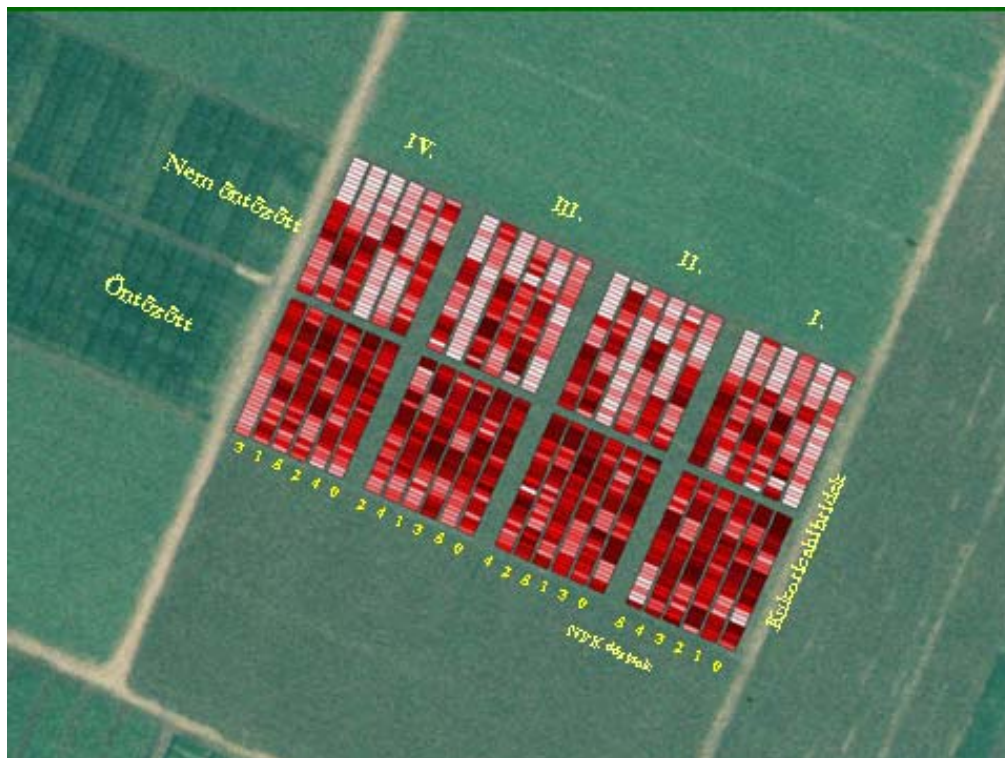
SPAD-502 klorofill mérőműszer. A mérés lényege, hogy a növényi levélben a klorofill a különböző hullámhosszúságú fényt különböző mértékben nyeli el. A klorofill fénykioltásának mértéke szoros összefüggésben van a levél klorofilltartalmával. Klorofill fényelnyelési csúcsa a kék és vörös hullámhosszon található. Alacsony a sugárzáskioltás a zöld- és sárga-, gyakorlatilag nulla az infravörös tartományban. Ebből adódóan érdemes az infravörös tartományt viszonyítási értéknek választani és vagy a kék, vagy a vörös tartományt mérésre használni. A SPAD-502 készülék mérésre vörös fényt használ, mivel ennek az elnyelését nem befolyásolja a levél karotin tartalma.

A számítás alapját a levélen áthaladt infravörös és vörös fény erősségének aránya képezi. Ez az arány annál nagyobb, minél több vörös fényt nyelődik el a növény levelében, ami szoros összefüggést mutat a klorofilltartalommal. A SPAD-érték 0-tól 100 feletti értékig terjedhet (*Minolta Camera Co. Ltd.* 1989).

Statisztikai módszer. A kukorica SPAD-értékei és a termesztési tényezők, valamint a termés és a termesztési tényezők közötti kapcsolatot *általános lineáris modellel* (GLM) értékeltük. A SPAD-értékek és SPAD-klorofillkoncentráció, valamint a termés középértékeinek összehasonlítását *Duncan-teszttel* végeztük. A N-műtrágya és a SPAD-érték közötti összefüggést, valamint a N-műtrágya és a termés közötti összefüggést *logaritmikus függvény* vizsgálta. A SPAD-érték és a termés közötti kapcsolatot *lineáris függvény* segítségével értékeltük. A függvényeket regresszió-analízissel, az eltérésnégyzetösszeg minimalizálásával illesztettük. A függvények illeszkedésének megbízhatóságát az R-értékkel és a Hiba MS nagyságával adtuk meg. A kiértékelést az SPSS for Windows 13.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

Háromtényezős sávos kísérleti elrendezés. A háromtényezős – A tényező az öntözés (2 változat), a B tényező a műtrágyázás (6 műtrágya-hatóanyag kezelés) és a C tényező a hibridek (28 fajta) – szabadföldi tartamkísérlet négyismétléses, sávos elrendezésű (4. ábra).

4. ábra: Háromtényezős szántóföldi tartamkísérlet, Debrecen
(genotípus x öntözés x tápanyag)



A blokk itt egyenlő az ismétléssel. A főparcellákon a műtrágyázás és a hibrid kezeléseket helyeztük el, öntözött és nem öntözött változatban. Az egymásra keresztben elhelyezett kezelések (műtrágya, hibrid) hatásait így egyforma pontossággal tudtuk meghatározni. Mivel a vizsgálat során a SPAD-értékek elemzése nem terjedt ki a hibridek közötti különbségekre, a háromtényezős kísérletet kéttényezős sávos elrendezésként értékeltük.

Az évjáratok értékelésekor az év hatását ismételt mérési modellben értékeltük. Ilyenkor az évjárat hatás minden egyes kezelést befolyásolt, ezért a függetlenség feltétele nem teljesült. Az évek hatása egy split-plot elrendezés főparcellán elhelyezett kezelésének fogható fel. Az évek közötti különbségek elbírálása nem volt elsődleges célunk, viszont az évek és kezelések közötti kölcsönhatás értékelését minél pontosabban szeretnénk elvégezni.

4. EREDMÉNYEK

„Számítalan kísérlet sem képes bizonyítani azt, hogy igazam van; de egyetlen kísérlet is bebizonyítja, ha nincs igazam.”
(Einstein)

4.1. A műtrágyázás hatása a kukorica SPAD-értékére

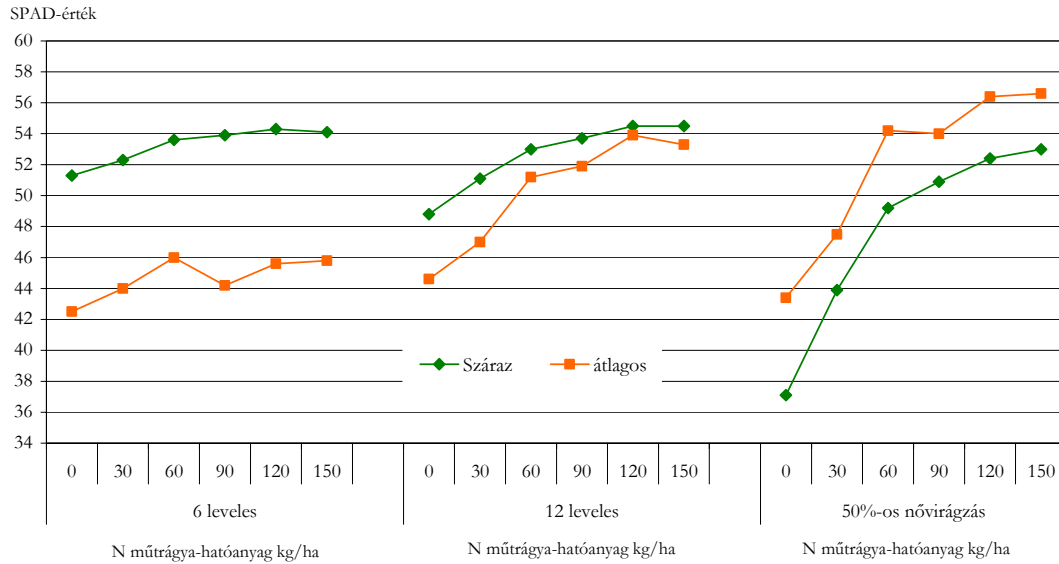
A kutatás során arra kerestük a választ, hogy a műtrágyázásnak, az öntözésnek és az évjáratnak, valamint a három tényező kölcsönhatásának milyen hatása van a kukorica SPAD-értékére és a termésre, továbbá a közöttük lévő összefüggésre. Célkitűzésünk volt megállapítani, hogy a klorofill mérőműszerrel kapott eredmények használhatók-e a kukorica trágyázási szaktanácsadó-hálózatban.

4.1.1. A műtrágyázás hatása nem öntözött körülmények között

A műtrágyázás hatását a SPAD-értékre a debreceni szántóföldi tartamkísérlet *nem öntözött változatában* évenként, valamint száraz és átlagos csapadékellátottságú évekre elkülönítve elemeztük. A műtrágyázás a vizsgált évjáratok mindegyikében – mindhárom mérési időpontban – szignifikánsan ($P < 0,001$) növelte a SPAD-értékeket. Az év x NPK kölcsönhatás 0,1%-os szinten volt szignifikáns. Ez a kölcsönhatás azt mutatja, hogy a műtrágyázás hatása évjáratától függően változott, valamint az 50%-os nővirágzás időpontjához közeledve az évjárat hatása egyre jelentősebb. Az átlagos csapadékellátottságú évjáratban a 12 leveles állapotig az évjárat módosító hatása nő, a virágzás időpontjában ez a hatás csökken (5. ábra). Duncan-féle teszttel 5%-os szignifikancia szint mellett igazoltuk, hogy nem öntözött körülmények között a száraz és az átlagos évjáratban egyaránt a 6 leveles állapotban 60 kg N/ha műtrágya-hatóanyag, a 12 leveles és az 50%-os nővirágzás időpontjában a 120 kg N/ha N-hatóanyag szinten mértük a nagyobb SPAD-értékeket.

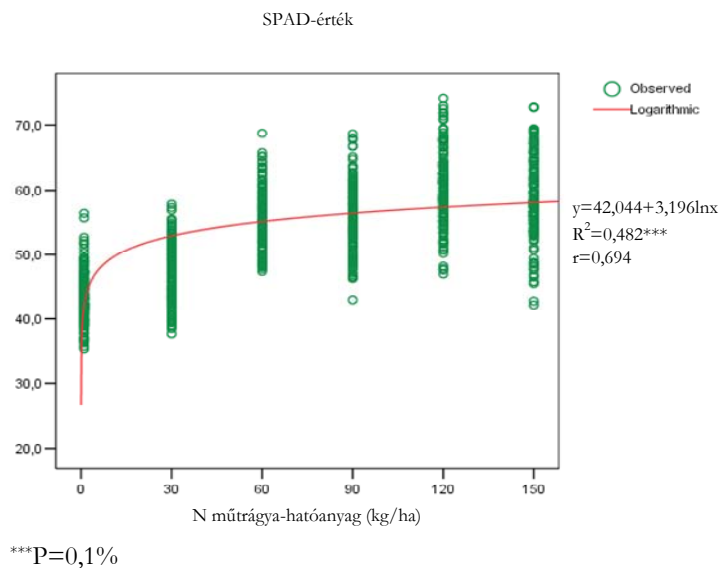
A legalacsonyabb SPAD-értékeket a vizsgált évek mindegyikében – mindhárom mérési időpontban – az 1984 óta nem műtrágyázott parcellákon mértük. A nitrogén hiány következtében kevés klorofill képződött a levelekben, így a sárga pigmentek, karotin és a xantofill került túlsúlyba (sárga levél). A legnagyobb SPAD-értéket 2004-ben (60,3) mértük. A műtrágyázott parcellák átlagos SPAD-értékei a száraz évjáratban, a 6 és 12 leveles állapotban (53,6; 53,4) nagyobbak voltak, mint az átlagos évjáratban (45,1; 51,5). Az 50%-os nővirágzás időpontjában viszont az átlagos évjáratban mértünk nagyobb SPAD-értéket (53,7), mint a száraz évjáratban (49,9). A különbség minden esetben szignifikáns ($P < 0,001$) volt. A trágyahatást a vízhiány 2007-ben csökkentette a legnagyobb mértékben. Száraz évjáratban a műtrágyázás kontrollhoz viszonyított SPAD-értéket növelő hatása 6 és 12 leveles állapotban kisebb, míg 50%-os nővirágzáskor nagyobb volt, mint az átlagos évjáratban.

5. ábra: SPAD-értékek a kukoricanövény fejlettségétől, az évjárat hatástól, valamint a N-hatóanyag dózistól függően
(nem öntözött változat)
(Debrecen, 2003, 2004, 2006 és 2007)

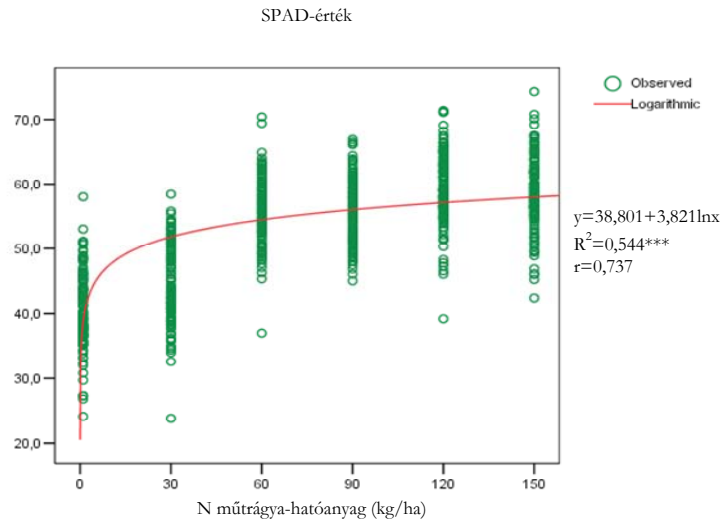


A műtrágyázás és a SPAD-érték közötti kapcsolatot regresszió analízissel vizsgáltuk. A két változó között szoros kapcsolat 2004-ben 12 leveles ($r=0,694$) és 50%-os nővirágzás időpontjában ($r=0,737$) volt (6–7. ábra). A leggyengébb összefüggés a vizsgált évek közül a legszárazabb 2007 évben volt.

6. ábra: A műtrágyázás és SPAD-érték közötti összefüggés, a logaritmikus regresszió eredménye
(12 leveles állapot, nem öntözött változat)
(Debrecen, 2004)



7. ábra: A műtrágyázás és SPAD-érték közötti összefüggés, a logaritmikus regresszió eredménye
(50%-os nővirágzás, nem öntözött változat)
(Debrecen, 2004)



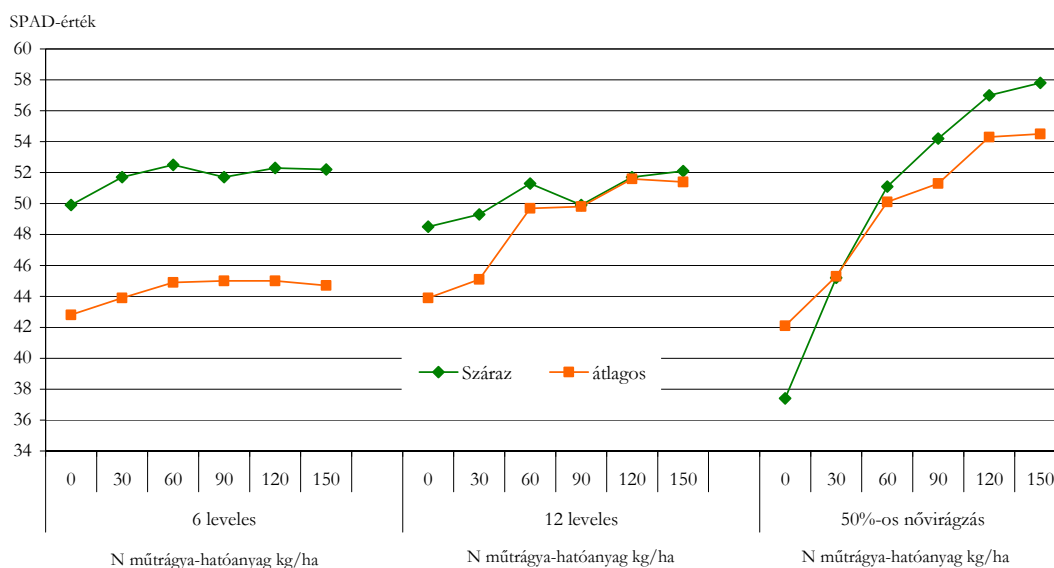
***P=0,1%

4.1.2. Műtrágyázás hatása öntözött körülmények között

A műtrágyázás hatása *öntözött változatban* is a vizsgálat mind a négy évében mind a három mérési időpontban statisztikailag ($P < 0,001$) bizonyított.

Az év x NPK kölcsönhatás 0,1%-os szinten volt szignifikáns, vagyis az NPK hatása a SPAD-értékre évenként változott. A nem öntözött változathoz hasonlóan az átlagos csapadékelátottságú évjáratban az év x NPK kölcsönhatás SS értéke 12 leveles állapotig nőtt, majd csökkenést mutatott. A 6 leveles állapotban a 30 kg N/ha dózis a kontrollhoz viszonyítva megbízhatóan növelte a SPAD-értéket. A N-dózis további növelése nem indokolt. A 12 leveles és az 50%-os nővirágzású kukoricánál a kontrollhoz viszonyítva csak a hektáronkénti 120 kg/ha adagú N-hatóanyag eredményezte a SPAD-érték szignifikáns növekedését. A műtrágyázás hatása öntözött változatban az 50%-os nővirágzás időpontjában jelentősebb volt, mint a nem öntözött változatban. Mind a száraz, mind az átlagos csapadékelátottságú évjáratban 6 leveles állapotban, a műtrágya-hatóanyag kezelése átlaga jelentős mértékben eltért, a 12 leveles és az 50%-os nővirágzás állapotban a két évjárat, hasonlóan alakult (8. ábra). A regresszió analízis eredménye alapján megállapítottuk, hogy mindhárom mérési időpontban a két változó között szignifikáns ($P < 0,001$) kapcsolat van. Az 50%-os nővirágzaskori mérések esetében a legszorosabb összefüggést ($r = 0,728$) 2003-ban kaptuk. A vizsgált évek mindegyikében az 50%-os nővirágzaskori adatok szorosabb összefüggést mutattak, mint 6, illetve 12 leveles állapotban mért adatok.

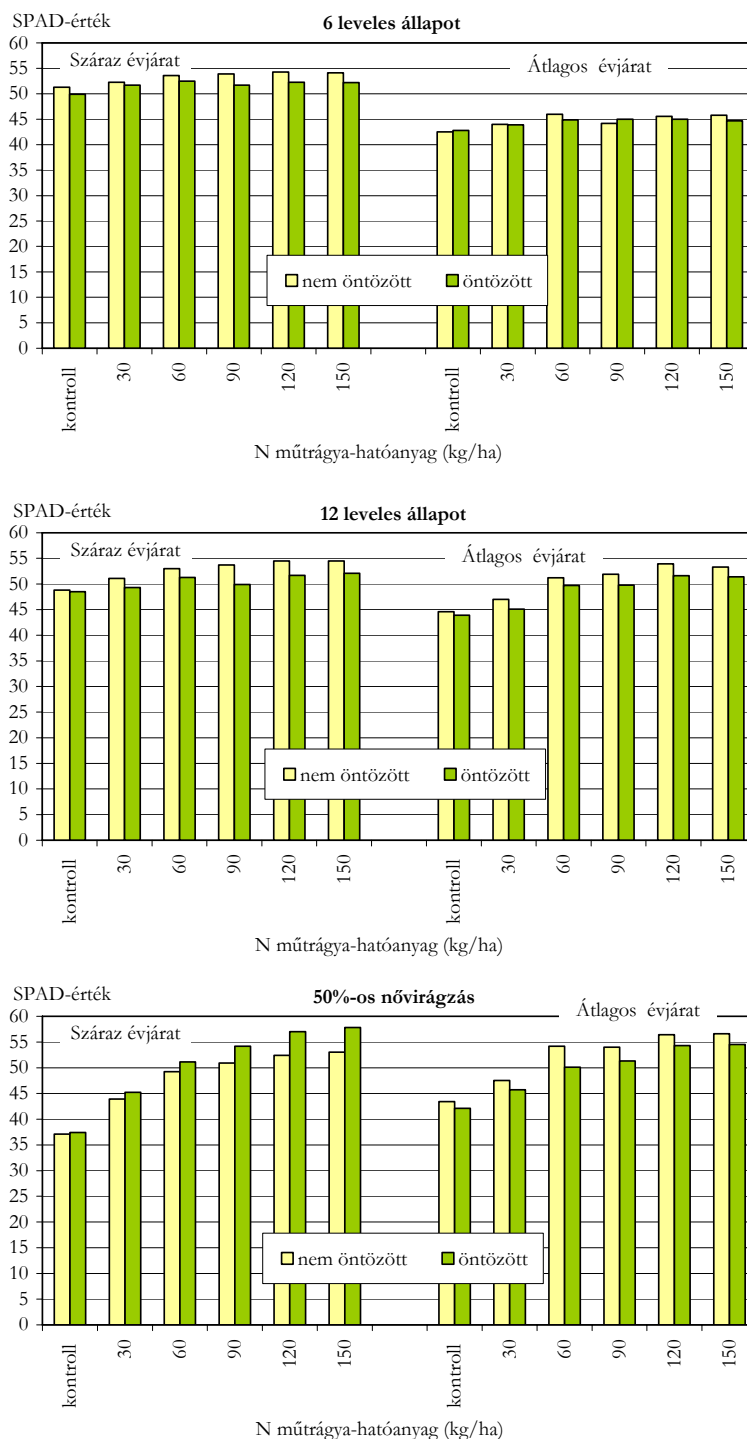
8. ábra: SPAD-értékek a kukoricanövény fejlettségétől, az évjárat hatástól, valamint a N-hatóanyag dózistól függően (öntözött változat) (Debrecen, 2003, 2004, 2006 és 2007)



4.2. Az öntözés hatása a kukorica SPAD-értékére

Az öntözés 6 leveles állapot kivételével megbízhatóan befolyásolta a kukorica SPAD-értékét. Szárász évjáratban ($P < 0,001$), átlagos csapadékelátottságú évjáratban ($P < 0,05$) szinten. Számszerű hatása viszont kisebb, mint a műtrágyázásé. A nem műtrágyázott kezelésekben az öntözés – 50%-os nővirágzás állapotot kivéve – csökkentette a SPAD-értékeket, ennek mértéke az átlagos csapadékelátottságú években szignifikánsan nagyobb volt. Az öntözés hatása az aszályos 2007-ben – 50%-os nővirágzás állapotban – volt a legjelentősebb. Hazai és külföldi kutatásokkal egyezően kísérleti adataink is igazolták, hogy az öntözés csökkenti a klorofillkoncentrációt és ezáltal a nitrogénkoncentrációt is. Az öntözés SPAD-értékre gyakorolt hatásának vizsgálatánál és elemzésénél azt állapíthattuk meg, hogy az öntözés a száraz évjáratban az 50%-os nővirágzás időpontban a műtrágya-hatóanyag kezelések átlagában a SPAD-értéket megbízhatóan ($P < 0,01$) növelte, míg az átlagos csapadékelátottságú években – mindhárom mérési időpontban – csökkentette ($P < 0,05$). Megvizsgáltuk az öntözés hatását mindhárom mérési időpontban t-teszttel. Külön-külön mindegyik műtrágya-hatóanyag kezelésre. Megállapítottuk, hogy az öntözés minden tápanyagszinten mindkét évjáratban – az 50%-os nővirágzás, száraz évjáratot kivéve – csökkentette a kukorica SPAD-értékét (9. ábra).

9. ábra: Az öntözés és a műtrágyázás hatása a kukorica SPAD-értékére (Debrecen, száraz és átlagos csapadékkellátottságú évszám)



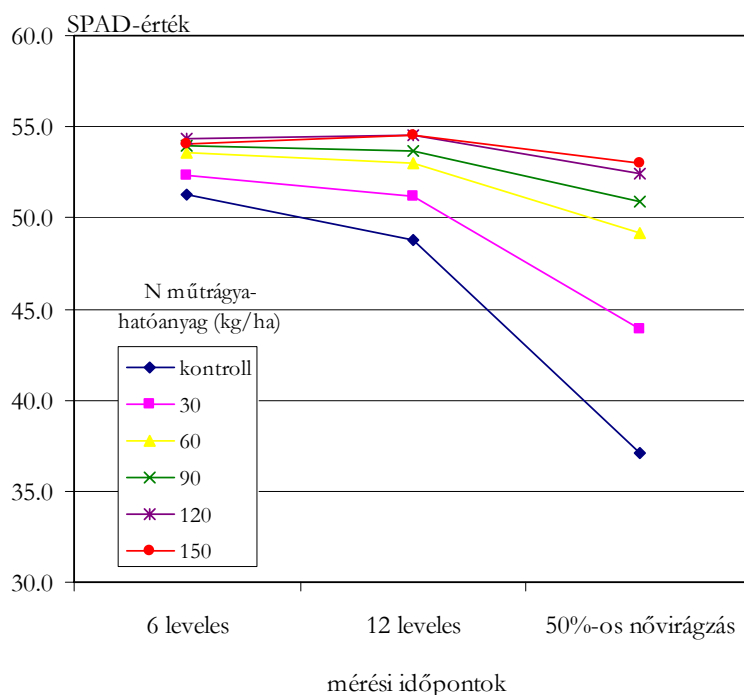
Az öntözés x műtrágya szignifikáns kölcsönhatása – mindhárom mérési időpontban és mindkét évszámban – bizonyította, hogy a műtrágyázás hatása a SPAD-értékre az öntözéstől függően változott. Az évek figyelembevételén alapuló varianciaanalízis (összevont értékelés) eredménye alapján megállapítottuk, hogy a független változók közül (műtrágyázás, év, öntözés) csak a műtrágyázás volt mindhárom mérési időpontban szignifikáns hatással ($P < 0,001$) a függő változóra

(SPAD-érték), az elsőrendű kölcsönhatások közül az év x öntözés és az év x NPK mindhárom mérési időpontban szignifikáns volt, míg az öntözés x NPK kölcsönhatás csak az 50%-os nővirágzás időpontjában mutatott megbízható különbséget.

4.3. A SPAD-érték dinamikája a vegetatív fázisban

A SPAD-érték – a műtrágyakezelések átlagában – *nem öntözött változatban* a száraz évjáratban 6 leveles állapotban volt a legnagyobb, ami a fejlődés során csökkent (10. ábra). Az 50%-os nővirágzás időszakára, 77 nap alatt 3,7 SPAD-értékkal. A legnagyobb SPAD-érték csökkenést mindkét száraz évben a kontroll parcellán mértük. A 6 leveles állapothoz viszonyítva 2003-ban 17,5 és 2007-ben 9,8 volt a levél SPAD-értékének csökkenése.

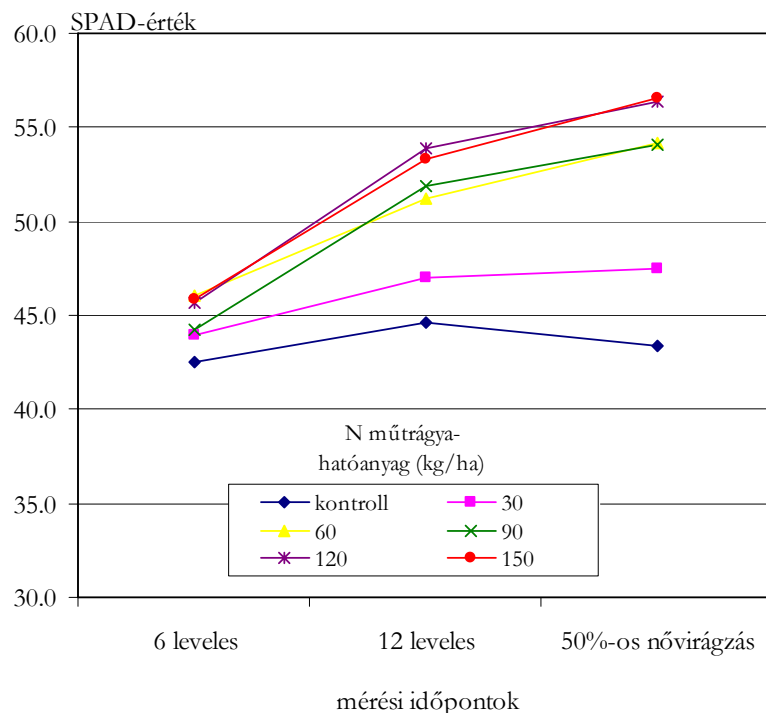
10. ábra: A kukorica SPAD-értékének változása a tenyészidőszak alatt, száraz évjáratok átlagában
(nem öntözött változat)
(Debrecen, 2003, 2007)



Átlagos csapadékellátottságú évjáratban (2004, 2006) a 6 leveles állapotban – a műtrágyakezelések átlagában – mértük a legalacsonyabb SPAD-értéket (44,7). A tenyészidőszak előrehaladtával a SPAD-érték növekedett, 12 leveles állapotra 6,3 és az 50%-os nővirágzás időpontra további 2,3 értékkel. A N-koncentráció a levélben az 50%-os nővirágzás időpontjára dúsult fel (11. ábra). Legnagyobb SPAD-érték növekedést a virágzás időpontjáig a 120 kg/ha műtrágya-hatóanyag kezelés mutatott. A két évet külön-külön megvizsgálva megállapítottuk, hogy a SPAD-érték a tenyészidőszak alatt 2004-ben – a műtrágya-hatóanyag kezelések átlagában

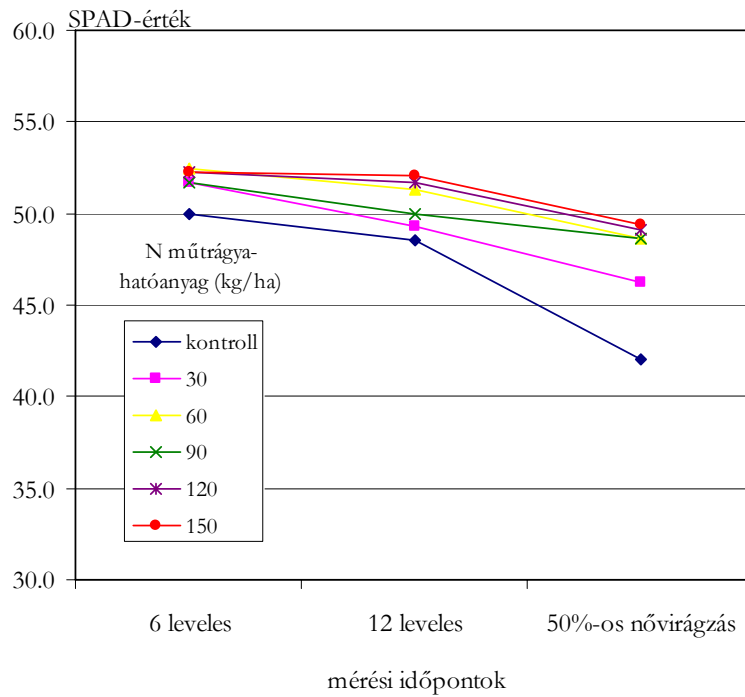
– viszonylag kisebb mértékben (2,4) növekedett, mint 2006-ban (5,3). A műtrágya-hatóanyag kezelések között 2006-ban viszont a SPAD-érték növekedés kiegyenlített volt, mint 2004-ben.

11. ábra: *A kukorica SPAD-értékének változása a tenyészidőszak alatt, átlagos csapadékelátottságú évjáratok átlagában (nem öntözött változat) (Debrecen, 2004, 2006)*

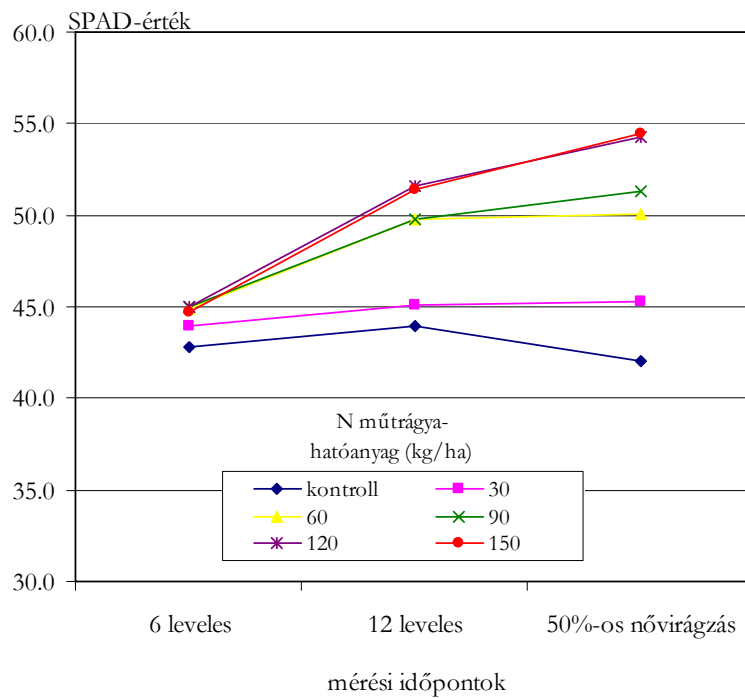


A SPAD-érték *öntözött változatban*, száraz 2007 évben – a nem öntözött változathoz hasonlóan – a 6 leveles állapothoz viszonyítva 12 leveles állapotig minden műtrágya-hatóanyag kezelésben csökkent. A legnagyobb csökkenést 30 kg/ha műtrágya-hatóanyag kezelésben mértük (-2,4). További SPAD-érték csökkenés az 50%-os nővirágzáskor a nem műtrágyázott (-7,7) és a 30 kg/ha műtrágya-hatóanyag kezelésben (-2,5) volt (12. ábra). Az átlagos csapadékelátottságú években az 50%-os nővirágzási időpontjához közeledve növekedett a SPAD-érték (13. ábra). A növekedés mértéke mindkét mérési időpontban kisebb volt, mint a nem öntözött változatban. 2004-ben a nem műtrágyázott és az alacsony (30 kg/ha) műtrágya-hatóanyag kezelésben a tenyészidőszak előrehaladtával a SPAD-érték csökkent, míg 2006-ban minden tápanyagszinten növekedést mértünk. Mindkét évjáratban 50%-os nővirágzásig a legnagyobb SPAD-érték növekedést 150 kg/ha műtrágya-hatóanyag kezelésben értük el.

12. ábra: *A kukorica SPAD-értékének változása a tenészeitőszak alatt (öntözött változat) (Debrecen, 2007)*

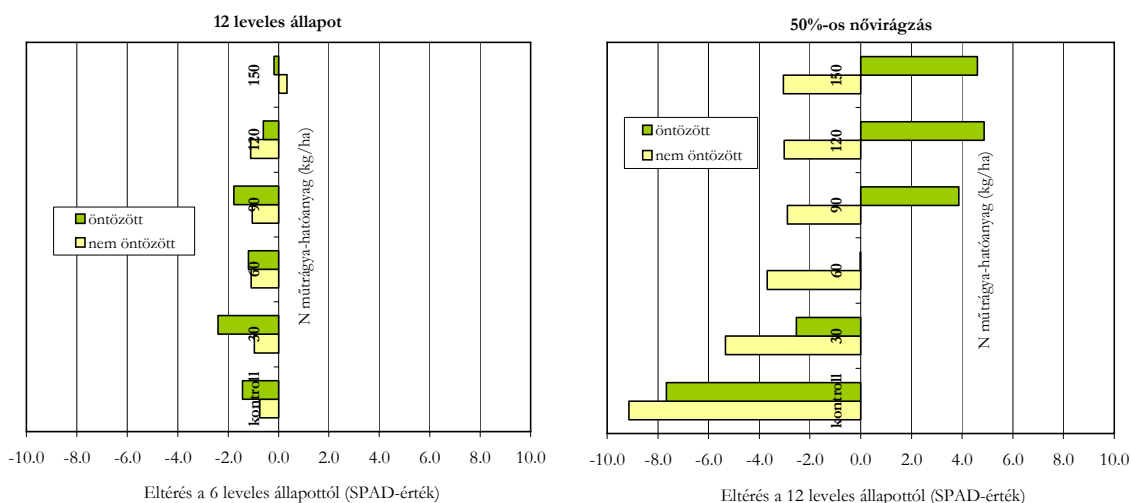


13. ábra: *A kukorica SPAD-értékének változása a tenészeitőszak alatt, átlagos csapadékellátottságú évjáratok átlagában (öntözött változat) (Debrecen, 2004, 2006)*

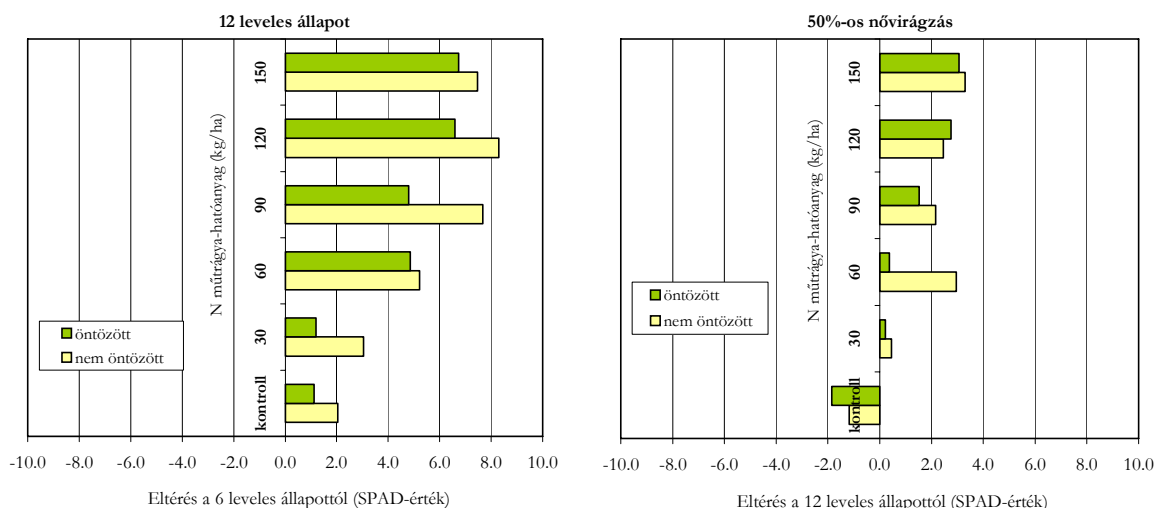


Az öntözés a – műtrágya-hatóanyag kezeléseknél – a száraz 2007 évben 6 leveles állapotban jelentős mértékben csökkentette a SPAD-értéket, míg a virágzás időpontjában növekedést mértünk (14. ábra). Az átlagos csapadékelátottságú évjáratban mindkét mérési időpontban a SPAD-értéket csökkentette az öntözés, a legnagyobb csökkenés 12 leveles állapotban volt (15. ábra).

14. ábra: Az öntözés hatása a kukorica SPAD-értékének változására a tenyészidőszak alatt (száraz évjárat) (Debrecen, 2007)



15. ábra: Az öntözés hatása a kukorica SPAD-értékének változására a tenyészidőszak alatt (átlagos csapadékelátottságú évjárat) (Debrecen, 2004, 2006)



Összegzésképp megállapítottuk, hogy a tenyészidőszak előrehaladtával a SPAD-érték – nem öntözött és öntözött változatban egyaránt – a száraz évjáratban csökken, míg átlagos csapadékelátottságú évjáratban nő. A tápelemfelvétel 12 leveles állapotig átlagos csapadékelátottságú években, igen intenzív. Száraz

évjáratban a SPAD-érték csökkenése az 50%-os nővirágzáskor a legnagyobb mértékű.

Öntözés hatására – a műtrágya-hatóanyag kezelések átlagában – mind száraz, mind átlagos csapadékellátottságú évjáratban 6 leveles állapotban nagyobb mértékben csökken a klorofillkoncentráció, mint 50%-os nővirágzáskor. Az 50%-os nővirágzás időpontjára a száraz évben a klorofillkoncentráció hasonlóan alakul, mint 12 leveles állapotban, átlagos csapadékellátottságú évjáratban növekedést mértünk.

Megállapítottuk, hogy a nitrogén műtrágyázás helyes technológiáját a kukorica nitrogén igénye mellett a növény tápanyag-felvételi görbéje, dinamikája nagyban befolyásolja. A kukorica nitrogén felvételét a vegetáció során az öntözés és az évjárat nagyban módosítja.

4.4. A kukorica terméseredményének értékelése

Öntözés nélküli változatban a **műtrágyázás hatása** a kukorica **terméseredményére** 2004-ben (3,979 t/ha) volt legnagyobb, míg a legkisebb hatást 2007-ben mértük (1,454 t/ha). A nem műtrágyázott kezelésben a legkisebb terméseredményt 2007-ben (3,476 t/ha), a legnagyobbat 2004-ben kaptuk (5,844 t/ha). A száraz (2003, 2007) és az átlagos csapadékellátottságú évek (2004, 2006) összevont értékelésében a műtrágyahatás ($P < 0,001$) hasonlóan tekinthető (3,089 t/ha és 3,167 t/ha), amit a varianciaanalízis SS értéke is bizonyít.

A Duncan-teszt eredménye alapján, megállapítható, hogy nem öntözött változatban – száraz, és átlagos csapadékellátottságú években egyaránt – három tápanyagkezelés között (nem műtrágyázott, 30 és 60 kg N/ha) volt csak megbízható különbség. A vizsgált négy év átlagában és évenként is 60 kg N/ha műtrágya-hatóanyag volt szükséges a megbízhatóan legnagyobb termés eléréséhez (3. táblázat).

3. táblázat. *A kukorica terméseredménye (t/ha)*
(nem öntözött változat)
(Debrecen, 2003, 2004, 2006 és 2007)

| Műtrágyázási változat | Termés, t/ha | | | | | | |
|-----------------------|--------------|---------|----------|----------|-----------|---------|-----------|
| | 2003 | 2004 | 2006 | 2007 | Száraz | Átlagos | Összevont |
| | Évek | | | | Évjáratok | | |
| nem műtrágyázott | 4,137a | 5,844a | 4,808a | 3,476a | 3,854a | 5,252a | 4,553a |
| N ₃₀ | 6,722b | 8,157b | 6,911b | 3,986a | 5,550b | 7,445b | 6,497b |
| N ₆₀ | 7,918c | 9,780c | 7,397b,c | 5,643c,d | 6,943c | 8,419c | 7,681c |
| N ₉₀ | 8,350c,d | 10,060c | 7,837c | 5,835d | 7,272c | 8,790c | 8,031c |
| N ₁₂₀ | 8,927d | 10,457c | 8,030c | 4,862b,c | 7,185c | 9,070c | 8,128c |
| N ₁₅₀ | 8,546c,d | 10,663c | 7,504b,c | 4,322a,b | 6,736c | 8,858c | 7,797c |

Az egy oszlopon belül azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A nem öntözött kezelésben a műtrágyázás termésre gyakorolt hatása leíró logaritmikus függvény és az összevont statisztikai elemzés szerint alkalmas a kapcsolat leírására, ám a változók között ($r=0,547$) a kapcsolat közepes. A vizsgált években – 2007 év kivételével – szoros összefüggést mutattunk ki a műtrágyázás és a termés között. Az illesztés hibája minden évben 1 t/ha körül volt.

Kutatási eredményeink megbízhatóan bizonyították, hogy *öntözött változatban* a műtrágyázás hatása a termésre négy év átlagában nagyobb (5,021 t/ha, $P<0,001$) volt, mint a nem öntözött változatban (3,128 t/ha). A kezelések átlagában a műtrágyázás és az öntözés kölcsönhatásának a legnagyobb hatása a száraz 2007 évben volt (4,705 t/ha). A száraz évjáratban jelentősen nagyobb (4,459 t/ha) volt a műtrágyázás x öntözés hatás, mint az átlagos csapadékelátottságú (3,299 t/ha) évjáratban. A műtrágyázás és a termés közötti összefüggést tekintve a száraz évjáratban öt tápanyagszint (nem műtrágyázott, 30, 60, 90 és 120 kg N/ha), átlagos csapadékelátottságú évek átlagában négy (nem műtrágyázott, 30, 60 és 90 kg N/ha) közötti különbség is szignifikáns volt (4. táblázat). Az öntözött változatban a kukorica évenkénti műtrágyareakciója kisebb mértékben különbözött, mint a nem öntözött változatban. Csökkent a termésingadozás. A korrelációs együttható értéke ($r=0,764$) alapján szoros összefüggés van a műtrágyázás és a szemtermés között. A becslés hibája öntözött változatban kisebb, mint a nem öntözött változatban.

4. táblázat. *A kukorica terméseredménye (t/ha)*
(öntözött változat)
(Debrecen, 2003, 2004, 2006 és 2007)

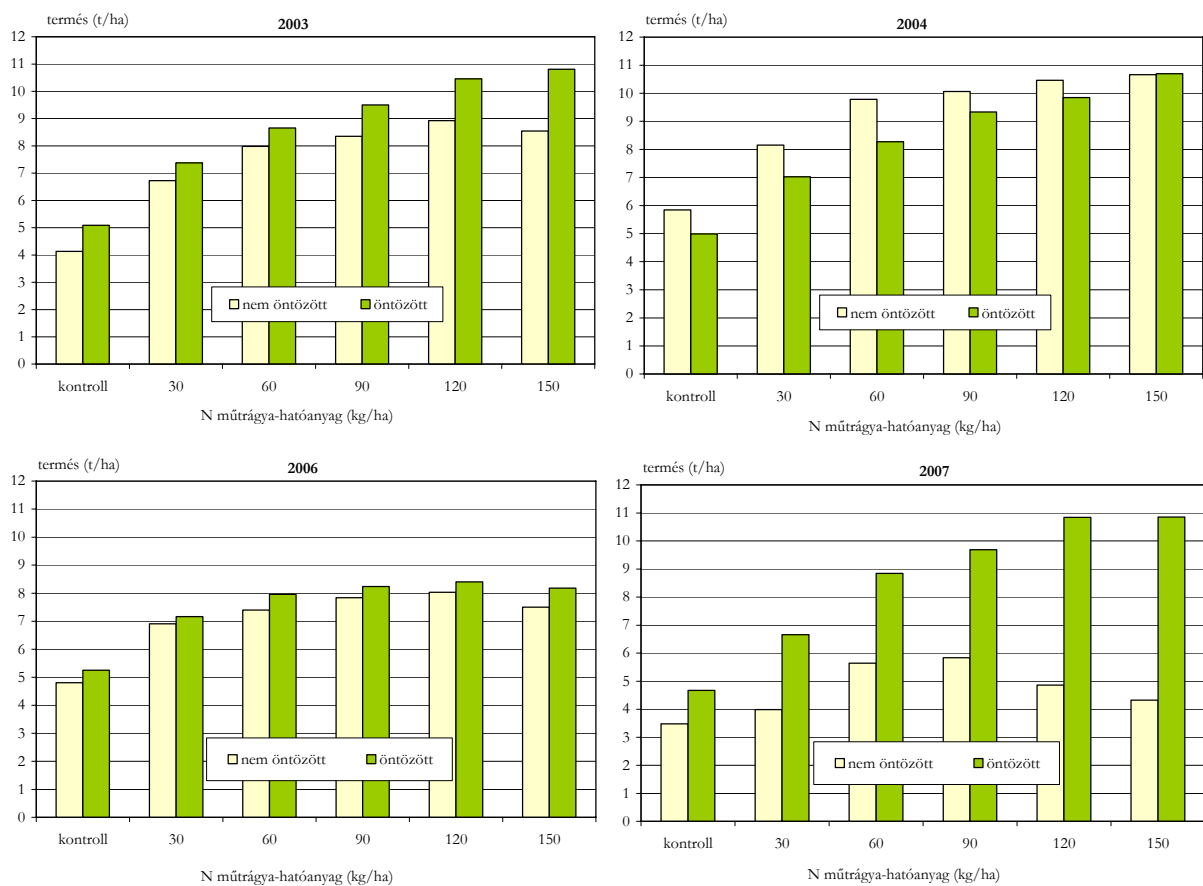
| Műtrágyázási változat | Termés t/ha | | | | | | |
|-----------------------|-------------|----------|--------|---------|-----------|----------|-----------|
| | 2003 | 2004 | 2006 | 2007 | Száraz | Átlagos | Összevont |
| | Évek | | | | Évjáratok | | |
| nem műtrágyázott | 5,087a | 4,988a | 5,250a | 4,672a | 4,909a | 5,138a | 5,024a |
| N ₃₀ | 7,379b | 7,022b | 7,165b | 6,655b | 7,069b | 7,104b | 7,086b |
| N ₆₀ | 8,657c | 8,275b,c | 7,960c | 8,845c | 8,737c | 8,095c | 8,416c |
| N ₉₀ | 9,502d | 9,330c,d | 8,236c | 9,686c | 9,581d | 8,705c,d | 9,143d |
| N ₁₂₀ | 10,455e | 9,845d,e | 8,401c | 10,846d | 10,623e | 9,020d | 10,045e |
| N ₁₅₀ | 10,812e | 10,699e | 8,181c | 10,853d | 10,830e | 9,260d | 9,821e |

Az egy oszlopon belül azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

Az **öntözés** a négy év és a műtrágyakezelések átlagában megbízhatóan ($P<0,001$) 1,141 t/ha-ral növelte a termést. Az öntözés – a kukorica 50%-os nővirágzás időpontjában mért SPAD-értékhez hasonlóan – a száraz években szignifikánsan ($P<0,001$) növelte, míg az átlagos csapadékelátottságú évjáratban az öntözés termésnövelő hatása nem volt szignifikáns. Öntözés hatására a legnagyobb termésnövekedést a műtrágya-hatóanyag kezeléseket átlagában 2007-ben (3,906 t/ha) érték el (16 ábra). A t-teszt segítségével – a száraz és átlagos csapadékelátottságú éveket összevontan – megvizsgáltuk az öntözés és a különböző tápanyagszintek

közötti kapcsolatot, ami bizonyította, hogy a száraz évjáratokban az öntözés mind a hat tápanyagszinten szignifikánsan ($P < 0,001$) növelte a kukorica termését, míg az átlagos csapadkellátottságú években megbízható öntözéshatást nem kaptunk (5. táblázat).

16. ábra: A műtrágyázás és az öntözés hatása a kukorica termésére, (t/ha)
(Debrecen, 2003, 2004, 2006 és 2007)



Végül a nem öntözött és az öntözött változatban azonos műtrágya-hatóanyag alkalmazásával, négy év figyelembevételével, varianciaanalízissel (összevont értékelés) megvizsgáltuk a műtrágyázás, az öntözés és az évjárat hatását a kukorica termésére. Az SS értékek alapján megállapítottuk, hogy legjelentősebb hatása a műtrágyázásnak (1486,4), majd az évjáratnak (375,4), és ezt követően az öntözésnek (234,2) volt. A kölcsönhatások mindegyike szignifikáns ($P < 0,001$) különbséget mutatott. Közülük legjelentősebb az év x öntözés ($SS = 433,9$) kölcsönhatás. Ezek az eredmények rámutatnak arra, hogy a termés ingadozásában nagyon jelentős a műtrágyázás és az öntözés hatása, melyet azonban az évjárat jelentősen módosíthat.

5. táblázat. Az öntözés hatása a kukorica termésére (t/ha), t-teszt eredménye (Debrecen, 2003, 2004 és 2006, 2007)

| Műtrágyázási változat | Száras év | | | Átlagos év | | | Összevont | | |
|-----------------------|-----------|---|-------------|------------|---|-------------|-----------|---|-------------|
| | Sig | A különbség 95%-os konfidencia intervalluma | | Sig | A különbség 95%-os konfidencia intervalluma | | Sig | A különbség 95%-os konfidencia intervalluma | |
| | | alsó szint | felső szint | | alsó szint | felső szint | | alsó szint | felső szint |
| nem műtrágyázott | 0,000 | 0,539 | 1,571 | 0,651 | -0,617 | 0,388 | 0,022 | 0,070 | 0,871 |
| N ₃₀ | 0,000 | 0,703 | 2,334 | 0,297 | -0,991 | 0,308 | 0,043 | 0,018 | 1,159 |
| N ₆₀ | 0,000 | 0,988 | 2,599 | 0,416 | -1,114 | 0,467 | 0,016 | 0,141 | 1,328 |
| N ₉₀ | 0,000 | 1,574 | 3,0439 | 0,835 | -0,896 | 0,727 | 0,000 | 0,526 | 1,697 |
| N ₁₂₀ | 0,000 | 2,490 | 4,3850 | 0,903 | -0,874 | 0,774 | 0,000 | 0,997 | 2,389 |
| N ₁₅₀ | 0,000 | 3,104 | 5,0830 | 0,414 | -0,576 | 1,381 | 0,000 | 1,483 | 3,012 |

A száraz évjáratban (2003, 2007) a két év szignifikánsan ($P < 0,001$) különbözött egymástól. Az öntözés és a műtrágyázás 0,1%-os szignifikancia szint mellett megbízhatóan befolyásolta a SPAD-értéket. Jelentős az év x öntözés és az öntözés x NPK ($P < 0,001$) kölcsönhatás. A műtrágyázás hatása a termésre évenként eltérő volt ($P < 0,01$).

Átlagos évjáratban (2004, 2006) a főhatások (év, öntözés, NPK) közül az öntözésnek nem volt hatása. Az év x öntözés kölcsönhatás 5%-os szignifikancia szinten szignifikáns, mivel az öntözés az egyik évben csökkentette a másik évben növelte a termést ($P < 0,001$). A műtrágyázás hatékonyságát az évjárat nagymértékben ($P < 0,001$) módosította. Az öntözés x NPK kölcsönhatás átlagos évjáratokban statisztikailag nem volt igazolható.

4.5. SPAD-érték és a kukorica termésmennyisége közötti összefüggés elemzése

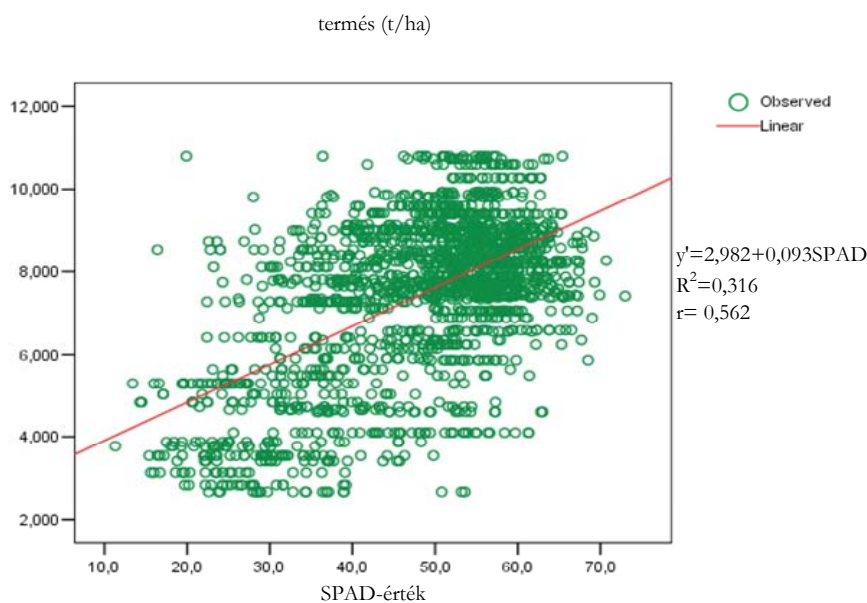
A SPAD-érték és a kukorica termésadatának elemzés során azt állapíthattuk meg, hogy a 6 leveles állapotban mért SPAD-érték és a termés között a nem öntözött változatban nincs, míg öntözött változatban ($r = 0,260$) gyenge sztochasztikus kapcsolat van. A vegetációs idő előrehaladtával mind a nem öntözött, mind az öntözött változatban szorosabb összefüggés volt a két változó között. A korrelációs együttható értéke mindkét változatban pozitív, vagyis a SPAD-érték növekedésével a termés mennyisége nőtt. A statisztikai értékelés alapján a két változó közötti összefüggés lineáris függvénnyel írható le, amit az F-próba is 0,1%-os szignifikancia szint mellett igazolt. A determinációs együttható értékét

figyelembe véve – négy év átlagában – megállapítottuk, hogy a termésmennyiség és az 50%-os nővirágzás állapotban mért SPAD-értékek között nem öntözött változatban közepes ($r=0,490$) és öntözött változatban közepesnél erősebb ($r=0,623$) kapcsolat volt.

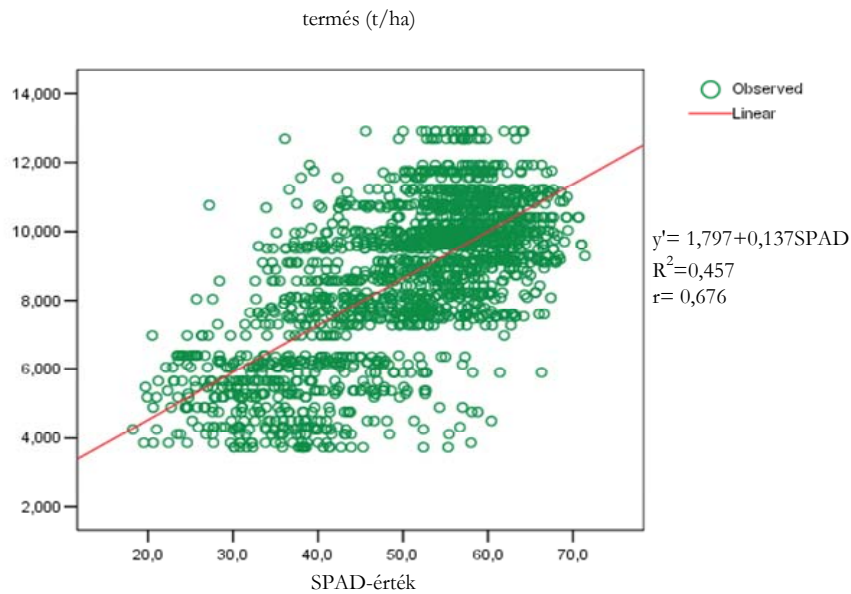
Évenként is elvégeztük az elemzést. A száraz, kedvezőtlen 2003-as évben – nem öntözött változatban – a változók között (a SPAD-érték és a termés) 6 leveles állapotban nem tudunk szignifikáns kapcsolatot kimutatni. A 12 leveles állapotban és az 50%-os nővirágzás állapotában mért SPAD-érték és a termés korrelációs kapcsolat erőssége közepes volt. Öntözött változatban a kapcsolat erőssége szorosabb volt, mint nem öntözött változatban. A változók közötti kapcsolat jellemzésére legalkalmasabb a lineáris függvény ($P<0,001$). Nem öntözött változatban a SPAD-érték 12 leveles állapotban 22,9%-os és virágzáskor 31,6%-os, öntözött változatban 45,7%-os determinációs együtthatónak bizonyult (17–18. ábra).

Az átlagosan csapadékos 2004-ben a változók között a korrelációs kapcsolat erőssége 6 leveles állapotban a nem öntözött és az öntözött változatban is gyenge volt. A determinációs együttható értéke a nem öntözött változatban 12 leveles és 50%-os nővirágzás állapotban sokat erősödött. Az 50%-os nővirágzás időpontjában két változó közötti kapcsolat pontdiagramját, valamint a ponthalmazra illesztett regressziós egyenest 19–20. ábra szemlélteti.

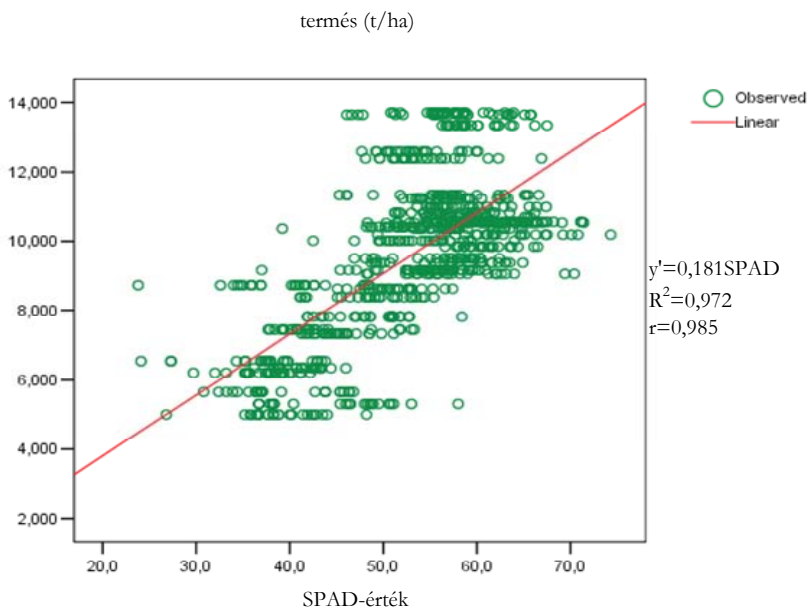
17. ábra: *Az 50%-os nővirágzás kori kukorica SPAD-értéke és a termés (t/ha) közötti összefüggés (nem öntözött változat) (Debrecen, 2003)*



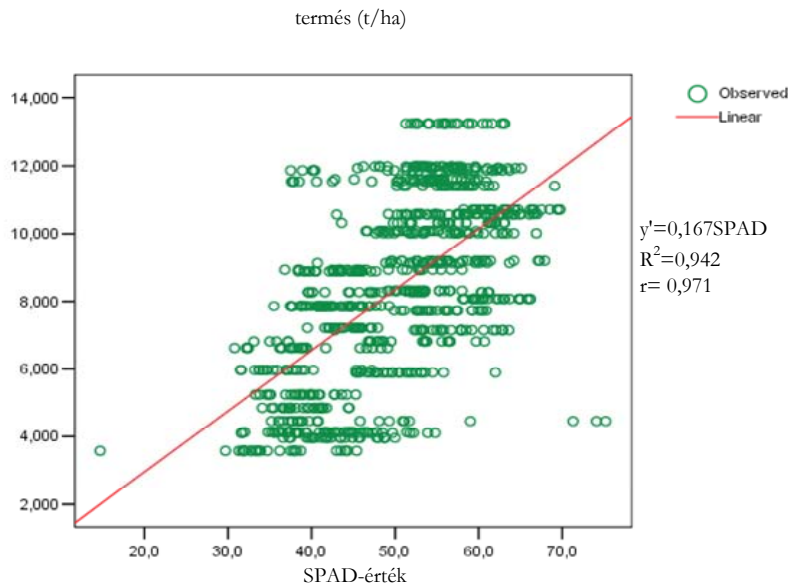
18. ábra: *Az 50%-os nővirágzás kori kukorica SPAD-értéke és a termés (t/ha) közötti összefüggés (öntözött változat) (Debrecen, 2003)*



19. ábra: *Az 50%-os nővirágzás kori kukorica SPAD-értéke és a termés (t/ha) közötti összefüggés (nem öntözött változat) (Debrecen, 2004)*



20. ábra: *Az 50%-os nővirágzás kori kukorica SPAD-értéke és a termés (t/ha) közötti összefüggés (öntözött változat) (Debrecen, 2004)*



A SPAD-érték 2006-ban nem öntözött változatban – 6 leveles állapot – gyenge, míg öntözött változatban nincs kapcsolat a két változó között. Nem öntözött változatban – a másik két mérési időpontban – a SPAD-érték és a termés közötti kapcsolat javult, erőssége viszont a közepesnél gyengébb volt. Öntözött változatban is a vegetációs idő előrehaladtával javult a sztochasztikus kapcsolat, azonban erőssége – a 2004 évhez hasonlóan – gyengébb volt, mint a nem öntözött változatban. A változók között szignifikáns kapcsolat ($P < 0,001$) volt.

Az aszályos 2007-es évben nem öntözött változatban a kukorica termése és a SPAD-érték között 6 és 12 leveles állapotban ($P < 0,01$), mind az 50%-os nővirágzás állapotban ($P < 0,001$) szignifikáns kapcsolat volt. Ennek erőssége mindhárom esetben gyenge volt, de az előző évekhez hasonlóan az 50%-os nővirágzáshoz közelítve a korrelációs kapcsolat erőssége javult. Öntözött változatban a 6 és 12 leveles állapotban mért SPAD-érték és a termés gyenge, míg az 50%-os nővirágzás állapotban szoros sztochasztikus kapcsolatban volt. 2007-ben – a 2003-as évhez hasonlóan – öntözött változatban minden mérési időpontban szorosabb összefüggést mutattunk ki, mint nem öntözött változatban, amit az F-próba ($P < 0,001$) szignifikancia szint is igazolt.

Megállapítottuk, hogy a korrelációs koefficiens előjele pozitív – nem öntözött és öntözött változatban egyaránt –, vagyis a SPAD-érték növekedésével párhuzamosan a kukorica termésmennyisége is nőtt. A független változó öntözött változatban, száraz években (2003, 2007) – mindhárom mérési időpontban – erősebb kapcsolatban volt a terméssel, mint nem öntözött változatban. Az átlagos csapadékellátottságú években (2004, 2006) az öntözés hatására csökkent a SPAD-érték és a termés összefüggésének szorossága.

4.6. N-trágyázási szaktanácsadás SPAD-érték alapján

A kutatás végső célja megvizsgálni azt, hogy az elért eredmények trágyázási szaktanácsadási módszer formájában szolgálják-e a gyakorlati növénytermesztést.

Kísérleti eredményeink bizonyították, hogy a SPAD-érték és a termés között nem öntözött változatban 12 leveles, öntözött változatban már 6 leveles állapotban összefüggés van, így a klorofill mérőműszer által mért értékek indikátorként szolgálhatnak a kukoricánövények N-állapotának és az optimális termés eléréséhez szükséges kiegészítő N-műtrágyaigény tekintetében.

A klorofillmérő eredményeit a N-állapot mellett egyéb tényezők is befolyásolhatják. E tényezők hatásának kiküszöbölésére *N-műtrágyával megfelelően kezelt referencia terület beállítását javasoljuk*. Így a vizsgált szántóföldi klorofillmérések összehasonlíthatók a referencia terület eredményeivel.

A referencia terület lehet két kisebb (4,5 m x 5 m) kézzel műtrágyázott parcella, vagy 6 soros hosszabb sáv, melyet géppel műtrágyáznak. Fontos, hogy a referencia terület reprezentatív legyen.

Referencia értéknek 150 kg/ha nitrogént kapott kezelések SPAD-értékét használtuk, és ehhez viszonyítottuk a kísérlet többi műtrágya-hatóanyag kezelés SPAD-értékeit. Évenként, hibridenként, két változatban (nem öntözött, öntözött) meghatároztuk a maximális terméshez tartozó műtrágyaadag nagyságát. Ezek az értékek átlagban nem voltak kisebbek a referencia SPAD-érték 98%-nál, ezért a 98% vagy ennél nagyobb relatív SPAD-érték estében az aktuálisan kiadagolt műtrágyaadag elegendőnek bizonyult. A 98%-nál jelentősen kisebb érték esetén pótlólagos műtrágya-hatóanyag kijuttatása szükséges a gazdaságosan nagy termés eléréséhez. Kutatási eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a nem öntözött és öntözött változatban a pótlólag kiadagolandó műtrágya mennyisége különbözik. Adataink azt is bizonyítják, hogy kockázat nélkül alaptrágyaként kijuttatható nitrogén mennyiség az I termőhelyi kategóriába tartozó csernozjom talajon, nem öntözött körülmények között 60 kg N/ha, öntözött körülmények között 90 kg N/ha. Ennek a mennyiségnek a kijuttatását évről-évre függetlenül javasoljuk. Ezt követően a referencia területen mért SPAD-értékhez viszonyítottuk az összes kezelés kombináció SPAD-értékét. Majd regresszió analízissel meghatároztuk, hogy egy hiányszázalék SPAD-érték mennyi műtrágya-hatóanyagot felel meg. Ez nem öntözött változatban 6 kg N/ha míg öntözött változatban 9 kg N/ha műtrágya-hatóanyagot eredményezett.

A klorofillméréseket 6 leveles állapotban kell elkezdeni. Ekkor még van lehetőség pótlólagos műtrágya kijuttatására. A referencia terület és a környező területek átlagméréseinek elvégzése után az ajánlott, az alap műtrágyán felüli pótlólagos N-mennyiséget a következő módon határozhatjuk meg:

Nem öntözött változatban: Amennyiben a relatív SPAD-érték 98% vagy ennél nagyobb, akkor a termőtáblán elegendő az alap műtrágya-hatóanyagként kijuttatott 60 kg N/ha. Ha ettől jelentősen kisebb, akkor minden egyes hiányszázalékra 6 kg N/ha hatóanyag mennyiség kijuttatását javasoljuk. Amennyiben a pótlólag kiadagolandó műtrágya-hatóanyag mennyiség meghaladná a 60 kg N/ha-t,

javaslatunk akkor sem több mint 60 kg N/ha. A számítást az alábbi képlet segítségével végeztük:

$$100 \frac{SPAD_{ref} - SPAD_t}{SPAD_{ref}} * 6 \text{ kg N / ha}$$

Ahol:

SPAD_{ref}: a referencia terület SPAD-értéke

SPAD_t: a műtrágyázandó táblán mért SPAD-érték

Öntözött változatban: A számítás hasonló a nem öntözött változathoz. Természetesen, itt az alpműtrágya-hatóanyag 90 kg N/ha. Minden egyes hiányszázalékra ebben a változatban 9 kg N/ha hatóanyag mennyiség kijuttatását javasoljuk. Ha a pótlólag kiadagolandó műtrágya-hatóanyag meghaladja a 60 kg N/ha-t, javaslatunk akkor sem több mint 60 kg N/ha. A fenti képlet az alábbiakra módosult:

$$100 \frac{SPAD_{ref} - SPAD_t}{SPAD_{ref}} * 9 \text{ kg N / ha}$$

Ahol:

SPAD_{ref}: a referencia terület SPAD-értéke

SPAD_t: a műtrágyázandó táblán mért SPAD-érték

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az eredményes kukoricatermelés műtrágya használata nélkül nem elképzelhető. A leghatékonyabb, legnagyobb hasznot biztosító tápanyagadag meghatározása, amely környezetvédelmi szempontból is megfelelő, állandó kutatási és fejlesztési feladat.

A kukoricahibridek fontos értékmérője, hogy a talaj természetes tápanyagkészletét milyen mértékben képesek hasznosítani. A tartamkísérletek kontroll parcellái, amelyek több mint 23 éve nem műtrágyáztak garantálják az eredmények megbízhatóságát.

Gyakorlati szempontból feltétlenül figyelembe kell venni, hogy a tartamkísérletek eredményei nem egyetlen év tápanyag-hatásait reprezentálják, hanem a 23 év alatt fokozatosan kialakított állapot, utolsó 4 évének eredményei. Az adatok alapján képet adhatunk egy következetesen harmonikus növénytaplálásra törekvő termelői szemlélet és a talaj zsarolását előtérbe helyező szemlélet jól mérhető következményeiről. A kísérletek modell-szemléletű értékelése rávilágít, hogy a rendszeres harmonikus trágyázás, a kritikus időszakokban igen jelentős kárcsökkentő tényezővé válik.

A műtrágyázás SPAD-érték-, és termésmenvelő hatása a vizsgált években bizonyított, mértéke viszont évenként változott.

A növényi részek SPAD-érték változásával kapcsolatban a kutatási eredményeink alapján megállapítottuk, hogy azonos vízellátás mellett a műtrágyaadagok növelésével a levélben emelkedik a SPAD-érték, a növekvő vízellátás pedig – azonos tápanyagellátás esetén – csökkenti a nitrogénkoncentrációt.

Megállapítottuk, hogy a nitrogén műtrágyázás helyes technológiáját a kukorica nitrogén igénye mellett a növény tápanyag-felvételi görbéje, dinamikája nagyban befolyásolja. A kukorica nitrogén felvételét a vegetáció során az öntözés és az évjárat nagyban módosítja.

A műtrágyázás, az öntözés és az évjárat hatását vizsgálva a kukorica termésére négy év figyelembevételével megállapítottuk, hogy legjelentősebb hatása a műtrágyázásnak, majd az évjáratnak ezt követően az öntözésnek volt. A kölcsönhatások mindegyike szignifikáns ($P < 0,001$) különbséget mutatott, közülük legjelentősebb az év x öntözés kölcsönhatás. Ezek az eredmények rámutatnak arra, hogy a termés ingadozásában nagyon jelentős a műtrágyázás és az öntözés hatása, melyet azonban az évjárat jelentősen módosíthat.

A SPAD-érték és a kukoricatermés elemzése során azt állapítottuk meg, hogy a vegetációs idő előrehaladtával – mind a nem öntözött, mind az öntözött változatban – a két változó közötti összefüggés r-értéke növekedett. A korrelációs együttható értéke mindkét változatban pozitív, vagyis a SPAD-érték növekedésével párhuzamosan a termés mennyisége is nőtt. A statisztikai értékelés alapján a két változó közötti összefüggés lineáris függvénnyel írható le, amit az F-próba is igazolt 0,1%-os szignifikancia szint mellett.

Kutatási eredményeink segítséget nyújtanak azoknak a termelőknek, akik nem ismerik kellőképpen a termelési körülményeket, illetve a magasan képzett szakembereknek az N-mennyiségének meghatározásában, ezáltal csökkentve a kukorica alul-, vagy túltrágyázásának veszélyét. Ez a technológia kiegészíti, nem pedig helyettesíti a már bizonyított N gazdálkodási gyakorlatot és a hozzáértő gazdálkodás egyéb irányelveit.

6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- A műtrágyázás szignifikánsan ($P < 0,001$) növelte a SPAD-értékeket. A műtrágyázás és a SPAD-érték közötti összefüggés 6 leveles állapotban gyenge, ami a vegetációs időszak előrehaladtával egyre szorosabbá vált. A statisztikailag igazolt legnagyobb SPAD-értéket – mind a száraz, mind az átlagos csapadékellátottságú évjáratban – 6 leveles állapotban nem öntözött változatban 60 kg N/ha, öntözött változatban 30 kg N/ha, 12 leveles és az 50%-os nővirágzás állapotban 120–120 kg N/ha műtrágya-hatóanyag kijuttatásával értünk el.
- A műtrágyázás és a SPAD-érték közötti kapcsolatot az évjárat nagymértékben befolyásolta. Nem öntözött változatban szoros a kapcsolat az átlagos csapadékellátottságú 2004-ben, és leggyengébb volt a legszárazabb 2007-ben. Az öntözés száraz évjáratban 1,14 t/ha-ral növelte a kukorica termését, míg az átlagos csapadékellátottságú években megbízható öntözéshatás nem volt. A nem öntözött változatban alacsonyabb (60 kg N/ha) az öntözött változatban magasabb (120 kg N/ha) műtrágya-hatóanyag bizonyult szükségesnek a statisztikailag igazolt legtöbb termés eléréséhez. Az öntözés csak a száraz évjáratban és az 50%-os nővirágzáskor mérve növelte megbízhatóan a SPAD-értéket. Az öntözés hatására 6 leveles állapotban nagyobb mértékben csökkent a klorofillkoncentráció, mint az 50%-os nővirágzáskor. Az aszályos 2007 évben az öntözés jelentősen szorosabbá tette a SPAD-érték és a termés összefüggését.
- A tenyészidőszak előrehaladtával a SPAD-érték a száraz évjáratban következetesen csökkent, míg átlagos csapadékellátottságú évjáratban nőtt. Száraz évjáratban a SPAD-érték az 50%-os nővirágzás időszakára erőteljesen lecsökkent.
- A SPAD-érték és a kukorica termése közötti összefüggés (korreláció) együtthatója minden esetben pozitív előjelű, amely a tenyészidő előrehaladtával következetesen szorosabbá vált.
- Eredményeink lehetővé teszik a trágyázási szaktanácsadás továbbfejlesztését.
 - Ha a relatív SPAD-érték 6 leveles állapotban jelentős mennyiségű N-hiányt mutat, akkor a N-hatóanyag tenyészidőbeni kijuttatása javasolt.
 - A 12 leveles állapotban, illetve az 50%-os nővirágzás időpontjában végzett mérések eredményei a következő évi N-hatóanyag dózisok becsléséhez szolgálnak támpontként a korrelációs együttható formájában.

Nem öntözött változatban, ha a relatív SPAD-érték 98% vagy ennél nagyobb, akkor elegendő az alap műtrágya-hatóanyagként kijuttatott 60 kg N/ha. Ha ettől jelentősen kisebb, akkor minden egyes hiányszázalékra 6 kg N/ha kijuttatását javasoljuk. Öntözött változatban az alapműtrágya-hatóanyag 90 kg N/ha, és minden egyes hiányszázalékra ebben a változatban nagyobb 9 kg N/ha kijuttatását javasoljuk.

IRODALOM

- Carter, T.R., Porter, J.H., Parry, M.L. (1991): Climatic warming and crop potential in Europe. *Global Environmental Change*. 1: 291–312.
- Elek É., Kádár I. (1980): Állókultúrák és szántóföldi növények mintafelvételi módszere. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest, p.41.
- Nagy J. (2007): Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 393.
- Stefanovits P. (1977): Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 243.
- Szász G. (1973): A termesztett növények vízigényének és az öntözés gyakoriságának meteorológiai vizsgálata. *Növénytermelés*. 22: 245–258.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

- Dobos A., Széles A. (2005): Földhasználat váltás megalapozása a tiszaroffi tározó területén. Georgikon Napok, Keszthely, CD kiadvány.
- Dobos, A., Nyizsalovszki, R., Széles, A. (2005): Prospects of planning sustainable land use in the Tisza valley around the emergency reservoir of Tiszaroff. [In: Liviu Al. Margitas (ed.) Bulletin of the University of Agricultural Science and Veterinary Medicine]. Cluj-Napoka, 61. pp. 51–56.
- Széles A. (2005): Az agrárágazat fejlesztésének prioritásai az Észak-alföldi régióban. XLVII. Georgikon Napok és 15. ÖGA találkozó, Keszthely, pp. 36–38.
- Dobos A., Széles A. (2005): Földhasználatváltás lehetőségei a Tisza árapasztó tározó területén. [In: Baranyi B. (szerk.) Közelítések a határon átnyúló kapcsolatok kilátásai és a mezőgazdaság regionális kérdései az EU keleti peremén]. MTA Regionális Kutatások Központja, Debrecen, pp. 185–194.
- Dobos A., Széles A. (2005): Tájgazdálkodás lehetőségei a Tisza mentén. Tájépítészet, VI. évf., 2. pp. 4–7.
- Dobos A., Széles A. (2006): Mezőgazdasági földhasználat tervezése és agrárkörnyezetgazdálkodási programok kidolgozása a Tiszavölgyi árapasztó rendszer I. ütemére. Magyar Tájökológiai Konferencia, Debrecen.
- Széles A. (2006): A kukoricatermelés alakulása az Észak-alföldi régióban az EU csatlakozás előtt és után. XII. Georgikon Napok, Keszthely, CD kiadvány.
- Dobos, A., Nyizsalovszki, R., Széles, A., Harsányi, E. (2006): Optimisation of land use in sensitive, lowland areas in the Tisza River Basin. Bibliotheca Fragmenta Agronomica IX Congress of the European Society for Agronomy, Warsaw, Poland, book of proceedings Part II. p. 637–639.
- Széles A., Sedlák G. (2006): Dekalb-kukoricahibridek műtrágya reakciója debreceni tartamkísérletek tükrében. [In: Kalmár I. (szerk.) V. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok]. Mezőtúr, 118–123.
- Széles A., Sedlák G. (2006): Az évvjárati és a műtrágyázás hatása a Dekalb kukoricahibridek termésére. [In: Baranyi B., Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, agrárium és regionalitás Magyarországon]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, MTA Regionális Kutatások Központja, Debrecen, 253–265.
- Széles, A. (2007): The indication of nitrogen deficiency in maize growing using SPAD-502 chlorophyll meter. Cereal Research Communications, 35.2: 1149–1153.
- Ványiné Széles A. (2008): Szántóföldi klorofillmérések a kukoricahibridek nitrogénellátásának meghatározásában. [In: Baranyi B., Nagy J. (szerk.) Regionalitás, Területfejlesztés és Modernizáció az Észak-alföldi régióban]. DE AMTC, MTA RKK, Debrecen, 361–377.
- Ványiné Széles A. (2008): A kukorica (*Zea mays* L.) SPAD-értéke és a termés közötti összefüggés öntözés nélküli termesztésben. [In: Peter Pépó (ed.) Environmental protection and food safety in crop production]. Debrecen, p. 177–189.
- Ványiné Széles, A. (2008): The effect of crop year and fertilization on the interaction between the SPAD value and yield of maize (*Zea mays* L.) within non-irrigated conditions. Cereal Research Communications, p. 1367–1370.

