



DEBRECENI EGYETEM

**KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:

**Prof. Dr. Nagy János**  
az MTA doktora

Témavezető:

**Dr. Kakuszi-Széles Adrienn Ph.D.**  
egyetemi adjunktus

**A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS INTERAKCIÓJÁNAK  
VIZSGÁLATA A KUKORICATERMESZTÉSBEN**

**Készítette:**

**Ragán Péter**  
doktorjelölt

Debrecen  
2017

# A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS AZ ÖNTÖZÉS INTERAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA A KUKORICATERMESZTÉSBEN

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében  
növénytermesztési és kertészeti tudományágban

Írta: Ragán Péter, okleveles környezetgazdálkodási agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskolája**  
(Növénytermesztési és kertészeti tudományok programja) keretében

Témavezető: Dr. Kakuszi-Széles Adrienn, PhD

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. fokozat
Elnök:	..... Dr. Harsányi Endre .....	..... Ph.D. ....
Tagok:	..... Dr. Milics Gábor .....	..... Ph.D. ....
	..... Dr. Hagymássy Zoltán .....	..... Ph.D. ....

A doktori szigorlat időpontja: 2015. február 12.

Az értekezés bírálói:

Név	Tud. fokozat
Aláírás	
.....	.....
.....	.....

A bírálóbizottság:

Név	Tud. fokozat
Aláírás	
Elnök	.....
Tagjai:	.....
	.....
	.....
Titkár:	.....

Az értekezés védésének időpontja: 2017. ....

## Tartalomjegyzék

<b>1. BEVEZETÉS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. CÉLKITŰZÉSEK.....</b>	<b>8</b>
<b>3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....</b>	<b>9</b>
3.1. A KUKORICA MORFOLÓGIÁJA ÉS KÖRNYEZETI IGÉNYE.....	9
3.1.1. <i>A kukorica alaktani jellemzői .....</i>	9
3.1.2. <i>A kukorica éghajlat igénye .....</i>	11
3.1.3. <i>A kukorica talajigénye .....</i>	12
3.1.4. <i>A kukorica vízigénye.....</i>	13
3.1.5. <i>A kukorica tápanyag igénye .....</i>	13
3.2. A TÁPANYAG-GAZDÁLKODÁS ÉS A TALAJNEDVESSÉG KAPCSOLATA	14
3.3. TÁPELEMÉK HATÁSA A KUKORICÁRA .....	16
3.3.1. <i>Nitrogén hatása a kukoricára.....</i>	16
3.3.2. <i>Foszfor hatása a kukoricára.....</i>	18
3.3.3. <i>Kálium hatása a kukoricára .....</i>	19
3.4. AZ ALAP- ÉS FEJTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA KLOOROFILL- TARTALMÁRA .....	19
3.5. AZ ALAP- ÉS FEJTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICATERMÉSRE .....	22
<b>4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....</b>	<b>25</b>
4.1. A TERMŐHELY BEMUTATÁSA .....	25
4.1.1. <i>Termőhely.....</i>	25
4.1.2. <i>Időjárás.....</i>	26
4.1.3. <i>A kísérlet kezelése.....</i>	28
4.2. MÉRŐ ESZKÖZÖK ÉS VIZSGÁLATI MÓDSZEREK .....	29
4.2.1. <i>SPAD-502 klorofill mérőműszer.....</i>	29
4.2.2. <i>Szemtermés és nedvességmérés .....</i>	30
4.2.3. <i>Kísérleti adatok statisztikai értékelése .....</i>	31

4.3. ÖKONÓMIAI SZÁMÍTÁSOK .....	33
4.4. A KÍSÉRLETI ADATOK TÉRINFORMATIKAI MEGJELENÍTÉSE .....	36
<b>5. EREDMÉNYEK .....</b>	<b>37</b>
5.1. AZ ALAP- ÉS FEJTRÁGYÁZÁS, A FENOLÓGIAI FÁZIS ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA KLOROFILLTARTALMÁRA.....	37
5.1.1. <i>Az alap- és fejtrágyázás, valamint a fenológiai fázisok hatása a kukorica klorofill-koncentrációjára eltérő öntözési változatokban .....</i>	37
5.1.2. <i>Az öntözés és a fenológiai fázisok hatása a relatív klorofilltartalomra a vizsgált évek átlagában.....</i>	42
5.1.3. <i>Alap- és fejtrágyázás, az öntözés, valamint a fenológiai fázisok hatása a kukorica klorofill-koncentrációjára különböző évjáratokban.....</i>	44
5.2. AZ ALAP- ÉS FEJTRÁGYÁZÁS, AZ ÉVJÁRAT, VALAMINT AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICATERMÉSRE.....	68
5.2.1. <i>Az alap- és fejtrágyázás, az öntözés, valamint a genotípus hatása a kukorica termésére 2012-ben .....</i>	68
5.2.2. <i>Az alap- és fejtrágyázás, az öntözés, valamint a genotípus hatása a kukorica termésére 2013-ban.....</i>	72
5.2.3. <i>Az alap- és fejtrágyázás, az öntözés, valamint a genotípus hatása a kukorica termésére 2014-ben .....</i>	76
5.2.4. <i>Az alap- és fejtrágyás, valamint évjárat hatása a kukoricatermésre .....</i>	79
5.3. RELATÍV KLOROFILLTARTALOM ÉS A TERMÉS KAPCSOLATÁNAK VIZSGÁLATA .....	82
5.3.1. <i>A különböző fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata .....</i>	82
5.3.2. <i>Eltérő fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata 2012-ben.....</i>	83
5.3.3. <i>Eltérő fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata 2013-ban.....</i>	84
5.3.4. <i>Eltérő fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata 2014-ben.....</i>	86

5.4. N-TRÁGYÁZÁSI SZAKTANÁCSADÁS REFERENCIA TERÜLETEKEN MÉRT SPAD-MÉRÉSEK ALAPJÁN.....	87
5.5. A KÍSÉRLETBEN SZEREPLŐ N-MŰTRÁGYA KEZELÉSEK ÖKONÓMIÁJA .....	91
5.6. SZÁNTÓFÖLDI TARTAMKÍSÉRLETEK ADATAINAK TÉRBELI ÉS IDŐBELI TÁROLÁSÁNAK FEJLESZTÉSE .....	94
<b>6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....</b>	<b>97</b>
<b>7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....</b>	<b>100</b>
<b>8. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA.....</b>	<b>101</b>
<b>9. ÖSSZEFOGLALÁS.....</b>	<b>102</b>
<b>10. SUMMARY .....</b>	<b>107</b>
<b>11. IRODALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>112</b>
<b>12. MELLÉKLETEK .....</b>	<b>132</b>
<b>13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....</b>	<b>149</b>
<b>14. NYILATKOZAT .....</b>	<b>150</b>
<b>15. NYILATKOZAT .....</b>	<b>150</b>

## 1. BEVEZETÉS

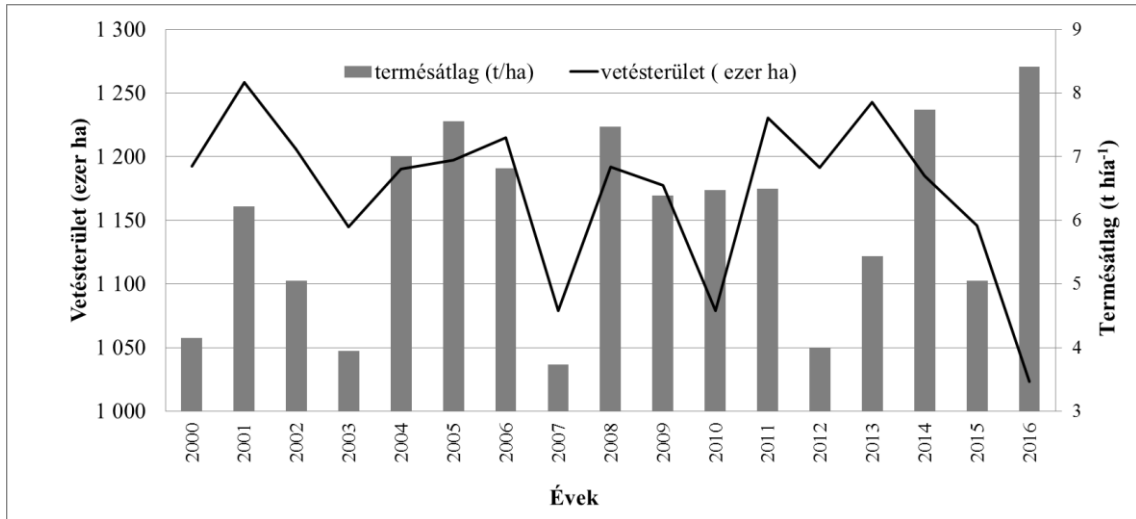
A szántóföldi növénytermesztés alapvető fontosságú az emberiség élelmezése szempontjából. A gazdasági növények a napsugárzás fényenergiájából a humán és haszonállat táplálkozáshoz nélkülözhetetlen szénhidrátokat, fehérjéket és olajokat szintetizálnak. A táplálék előállításával az iparilag fejlett országokban a népesség egyre kisebb hányada foglalkozik.

A világon 1400 millió hektár szántóterületen folytatnak növénytermesztést, amely a szárazföld 10%-a (Antal, 2005). Gabonaféléket 2012-ben 705,1 millió hektáron, azaz Magyarország területének 76-szorosán termeltek (Statisztikai tükör, 2014). A búza és a kukorica együtt a gabonafélék összes termésének 60%-át adta (KSH Gyorstájékoztató, 2014), amiből az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezetének a FAO-nak 2012-es adatai szerint a világ kukorica termése 872,8 millió tonna volt (Statisztikai tükör, 2014).

Magyarország a természeti adottságainál fogva mezőgazdasági ország, így az egyik legjelentősebb kincsünk a mezőgazdasági termelésre alkalmas termőföld. Hazánk 9,3 millió hektár területéből 2014-ben ennek 48,7 %-a, azaz 4,333 millió hektár volt szántó terület és ebből 1,23 millió hektáron termeltek kukoricát (Statisztikai Tükör, 2014). A Központi Statisztikai hivatal gyorstájékoztatója (KSH Gyorstájékoztató, 2014) szerint 2014-ben kukoricából 1,2 millió hektárról, azaz az előző évhez képest 4,6%-kal kisebb területről, 9,2 millió tonnát, azaz 36%-kal többet takarítottak be. Az országos termésátlag  $7740 \text{ kg ha}^{-1}$  volt 2014-ben, ami 42%-os növekedést jelent az előző évhez képest (KSH Gyorstájékoztató, 2014). 2015-ben 3,4%-kal kisebb területről takarították be a kukoricát, a termésátlag 27%-kal volt alacsonyabb, mint 2014-ben (KSH Gyorstájékoztató, 2015). A kukorica termésátlaga 2016-ban rekordot döntött, meghaladta a  $8,6 \text{ t ha}^{-1}$ -t (1. ábra), előző évhez képest a vetésterülete 11 %-kal kisebb volt (KSH Gyorstájékoztató, 2016).

A mezőgazdasági termelés növelése elkerülhetetlen a világ lakosságának élelmezése szempontjából, amely egyre növekvő öntözővíz és ásványi trágyamennyiséggel biztosítható (Yang et al., 2006). A Föld lakossága 2005 és 2012 között 8,7%-kal növekedett, és 2014-ben 7,08 milliárd fő volt (Statisztikai tükör, 2014), így a gabonanövények, köztük a kukorica növekvő hozamaira, valamint a termésbiztonság növelésére is egyre nagyobb szükség van. Emellett természetesen a minőségi tényezőket is szem előtt kell tartani, mivel táplálkozási értékét a beltartalmi összetétel határozza

meg. A növekvő hozamokat megfelelő tápanyag-gazdálkodással lehet elérni, viszont a termésbiztonság kérdését a megfelelő vízgazdálkodással lehet csak biztosítani.



**1. ábra:** Magyarország kukorica vetésterülete és termésátlaga 2000-2016

(Forrás: KSH, 2017)

A trágyázás célja a növények tápelem ellátása, a talajok termékenységének védelme, a termés hozamok szinten tartása, növelése és beltartalmi minőségének javítása. Azonban a nem megfelelő tápanyag-visszapótlás miatt kimosódó nitrogén szennyezheti a felszíni vizeket, és a felszín alatti vízkészletet (*OECD, 1982; Smith, 1998; Barton és Colmer, 2006; Aparicio et al., 2008*). Világszerte a nitrátszennyezés az egyik legnagyobb probléma, mivel az ivóvíz magas nitráttartalma káros az emberi egészségre (*Weisenburger, 1991*). A magas nitráttartalmú víz fogyasztása methemoglobinémiát, vagy „Kék baba tünetet (Blue Child Syndrome)” (*Sasson, 1993*), spontán vetélést (*Nolan, 1999*) és különböző rákformákat (*Weisenburger, 1991*) okozhat. Ezért fontos a termőhelynek, növénynek és évjáratnak megfelelő műtrágya-adagok meghatározása.

Az utóbbi időben a nemesítők munkájának köszönhetően növekedett a kukoricahibridek tápanyagfeltáró és hasznosító képessége, valamint javult a műtrágya-reakciójuk (*Marton et al., 2005*). Napjainkban sokféle különböző kukoricahibrid közül választhat a termelő, ám a választásnál fontos az is, hogy melyik hibridnek milyen a tápanyag-reakciója, valamint a klímaváltozás miatt egyre nagyobb szükség lesz az öntözésre is. Ezért fontos a tápanyag-hasznosulás megállapítása az adott terület vízellátottsága mellett. A kimosódás csökkentése miatt szükség van a nitrogéntrágyák megosztására. A

megfelelő alap- és fejtrágya dózisok meghatározása nemcsak környezetvédelmi, hanem gazdaságossági szempontból is egyre fontosabb.

Tartamkísérletekre a tápanyag-hasznosulás, valamint a klímaváltozás tartamhatásainak megfigyelése miatt is szükség van. A mezőgazdaságban a döntéshozatal nagy mennyiségű adatot igényel (*Milics, 2015*). Az adatok térbeli és időbeli kezelésének hatékony módja a térinformatika (*Dobos et al., 2004*). A termőhely talajára vonatkozó információs igény a mezőgazdaság tudományos kutatásával azonos korú (*Pásztor és Szabó, 2006*). A hozamtérképek alapján következtetni lehet a talajadottságokra is, valamint segítségükkel tartamkísérletekben munkahipotézis állítható fel.

## 2. CÉLKITŰZÉSEK

A növénytermesztés és ezen belül a kukoricatermesztés hatékonyságát a genotípus mellett, elsősorban a víz- és tápanyag-ellátottság, valamint a tápanyag kijuttatásának ideje és megosztása határozza meg. A szakszerű műtrágyázás az optimális növénytermesztés egyik alapfeltétele, hiszen ha pontosan ismerjük is a talajban lejátszódó jelenségeket, a talaj tápanyag-szolgáltató képességét befolyásoló tényezőket, mégsem kapunk a növény tápláltsági állapotára teljeskörű választ. Ezért nélkülözhetetlen a talaj mellett a növény vizsgálata is. Az öntözés, a tápanyag-hasznosulás, az évjáráthatás és a klímaváltozás hatásainak elemzésére tartamkísérletekre van szükség, melyekkel mindez monitorozható. A vizsgálatok mellett a tartamkísérleten belül az egyes parcellához tartozó adatok térbeli megjelenítésére is szükség lehet akár a talaj heterogenitás vizsgálat, vagy akár prezentáció céljából.

A vizsgálataim legfontosabb célkitűzései:

- alap- és fejtrágya hasznosulásának vizsgálata SPAD mérésekkel eltérő öntözési változatokban, újszerű statisztikai módszerrel;
- a fenológiai fázisok és az öntözés hatásainak vizsgálata kukorica növényre SPAD mérésekkel;
- alap- és fejtrágya, az öntözés, valamint a genotípus hogyan hatottak a kukorica termésére;
- a műtrágyázás és az évjárat hatásának vizsgálata a termésre újszerű módszerrel;
- a műtrágyázási szaktanácsadás módszertanának fejlesztése;
- új és használható módszer létrehozása a szántóföldi tartamkísérletek adatainak megfelelő térbeli és időbeli tárolására és megjelenítésére.

### 3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A kukorica, a rizs és a búza mellett az emberiség egyik legfontosabb növénye (Nagy és Sárvári, 2005). A kukorica az egyszikűek (Monocotyledones) osztályának, pelyvások rendjének, pázsitfűvek családján belül, a *Zea* nemzetség egyetlen faja (*Zea mays* L.) (Tuzson, 1926; Berzsenyi, 2012). A kukorica Kolumbusz közvetítésével jutott 1493-ban Európába, hazánkban a XVI. században kezdődött a termesztése, azonban a XVII. században terjedt el (Bocz et al., 1996). Magyarországon az őszi búza mellett meghatározó növényünk, az összes szántóterület 28-33%-án termesztjük.

#### 3.1. A KUKORICA MORFOLÓGIÁJA ÉS KÖRNYEZETI IGÉNYE

##### 3.1.1. A kukorica alaktani jellemzői

A kukorica (*Zea mays* L.) a legtöbb fűféléhez hasonlóan bojtos gyökérrzel rendelkezik, amely elsődleges és járulékos gyökerekből áll (Bocz et al., 1996). A járulékos gyökereknek háromféle keletkezésük lehet: mellék-, korona-, és harmatgyökerek (Tavčar és Lieber, 1939). Az elsődleges gyökér a talajban mélyre törekszik, meghaladhatja akár a 2 méteres mélységet (Menyhért, 1985; Bocz et al., 1996), valamint vízszintesen 0,7-1 méteres távolságra is eljut (Menyhért, 1985). A másodlagos gyökerek keletkezési helye a szikközépi szár, és a gabonafélékhez hasonlóan elágazó bojtos gyökérrzetet képeznek. A talaj felszínéhez közel fekvő hajszálgökerek a csapadékot, akár a harmatot is hasznosítják. A másodlagos, vagy más néven járulékos gyökérrzet egy része mélyre hatol, és a korábban felhalmozódott csapadék felvételében játszik szerepet. A növény a tenyészideje alatt a talajfelszínhez közeli 2-3., illetve késői fajtákon akár a 6-7. nóduszokból is járulékos gyökereket fejleszt. A föld feletti, magasabb csomókról eredő harmatgyökerek általában csökevényesek maradnak, ezek pányvássá ki az egyre magasabbra növő szárat, védve az eldőléstől (Bocz et al., 1996).

Berzsenyi (2012) szerint a hajtásrendszer tengelye a főhajtás, amely talajszinten mellékajtásokra ágazhat el, ezek a főhajtáshoz hasonlóak. A szár, a lehetséges oldalajtásokkal, a címerrel és csővel, valamint a levelekkel együtt a hajtásrendszer (Nagy, 2007). A kukoricánál fajra jellemző a fattyasodási hajlam (Tavčar és Lieber, 1939). A fajtára jellemző, hogy a magas tőszámmal termesztett hibridek alig bokrosodnak (Bocz et al., 1996), azonban jó tápanyag ellátottság mellett, csapadékos évjáratban a kevésbé hajlamos fajták is fattyasodhatnak (Láng, 1976). A kukorica szára

hengeres, felálló erőteljes merev, vastag kórós, ami náduszból (szárcsomók) és internódiumokból (szártagok) áll (Berzsenyi, 2012). Magassága és vastagsága a fajtától és a körülményektől függ (Nagy, 2007). A szár fejlettségétől függ a növény magassága, amely a hazai termesztett fajtáknál Györffy (1965) szerint 120-300, Berzsenyi (2012) szerint 130-350 cm közötti. A szár vastagsága 1-6 cm között változik, alulról felfelé vékonyodik, egész hosszában tömött (Berzsenyi, 2012). A kukorica levele két fő részből, a levéllemezből és a levélhüvelyből áll, a főrészek érintkezésénél található a nyelvcske, más néven a ligula (Nagy, 2007). A levélhüvely erősen fejlett, a csomó feletti szarát majdnem teljesen takarja, és ezáltal növeli a szárszilárdságot (Berzsenyi, 2012). A levele a többi pázsitfűféléhez hasonló, de a levéllemez szélessége és hosszúsága nagyobb (Bocz et al., 1996). A kukorica a CO<sub>2</sub>-ot a négy szénatomos szerves savakban köti meg, azaz C<sub>4</sub>-es növény, valamint száraz napsütéses időben majdnem teljesen zárva tartja a gázcsere nyílásait, így hatékonyabb szervesanyag előállításra képes. Levelei két átellenes sorban váltakoznak, mennyiségük a felszín feletti csomók számától függően változik, minél hosszabb a fajta tenyészideje, annál több nádusz, ezáltal több levél található a növényen (Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2007). A levelek száma 8-14 (Nagy és Sárvári, 2005), a hazai fajtákon a levélszám 9-12 (Nagy, 2007), a náduszból származó 8-18-38 (Berzsenyi, 2012) között változik. Bocz et al. (1996) szerint a levélfelület nagysága és a szemtermés között összefüggés van, öntözött állományban a tőszám függvényében a LAI (levélterület index) 3,5, Nagy és Sárvári (2005) szerint 5-5,5 LAI értékig lineárisan, majd 6-7 értékig gyengébben növekszik. A levélterület a Montgomery (1911) képlettel is számolható:

$$\text{Levélterület} = \frac{3 \times \text{levélhosszúság} \times \text{levélszélesség}}{4}$$

A kukoricaszáron emeletenként a levelek eltérő mennyiségben asszimilálnak, a felső levelek 40%-át, a középső levelek 35%-át, az alsók 25%-át adják az asszimilációnak (Bocz et al., 1996; Nagy és Sárvári, 2005). Petr et al. (1985) kutatásai szerint a kukorica felső levelei, amelyek 120-200 cm szinten helyezkednek el, termelik a legtöbb asszimilátát. Beauchamp et al. (1976) is hasonlóan vélekedik, szerinte a szemkitelítődés alatti transzlokáció fő forrásai a felső levelek.

A kukorica egylaki, váltivarú növény, a fűfélék között egyedülállóan a hímvirág (címer) a nővirágtól (cső) külön található (Bocz et al., 1996; Nagy és Sárvári, 2005). A címer

bugavirágzat, a cső a levélhóonalji rügyből fejlődő torzsavirágzat (Nagy, 2007; Berzsényi, 2012). Ezek a rügyek a felső 2-4 levél kivételével minden levél hóonaljában előfordulnak. A hazai termesztésben levő hibrideknél 1-2, ritkán 3 nővirág fejlődik egy növényen (Nagy, 2007). A csövön, azaz a torzsavirágzat tengelyén párosával helyezkednek el a két nővirágból álló kalászkák (Bocz et al., 1996; Berzsényi, 2012). Bocz et al. (1996), valamint Nagy és Sárvári (2005) szerint a régi fajtáknál 4-12, a jelenlegi hibrideknél 2-4 nappal jelenik meg hamarabb a címer a csőnél (protandria). A címer megjelenése után a hímvirágzás 3-13, átlagosan 9 nappal követi, ez az idő magasabb hőmérséklet mellett 1-2 nappal rövidülhet (Berzsényi-Janosits, 1958). A bibe kifejlődése után a címerből nagy mennyiségű pollen képződik, ez biztosítja az öntermékenyülés elkerülését (Bocz et al., 1996). Először a cső tövénél levő virágok nyílnak, majd a virágzás, valamint a termékenyülés a cső hegye felé halad (Nagy és Sárvári, 2005).

A megtermékenyült torzsavirágzat a kukoricacső, melynek hossza Berzsényi (2012) szerint 10-30 cm között, Nagy (2007) szerint 3-50 cm között változik és a csövön 600-1000 db szem található (Surányi, 1957).

A kukoricánál a növény legértékesebb része a kukoricaszem, amely száraz, zárt egymagvú termés, ahol a terméshéj és a maghéj szorosan összenőtt. A szemek hosszúsága 2,8-23 mm; szélessége és vastagsága 2,7-18 mm között változik (Nagy, 2007; Berzsényi, 2012). A kukorica ezerszem tömege 200-430 g (Pető et al., 1991).

### **3.1.2. A kukorica éghajlat igénye**

A kukorica a hazai növények között a melegigényesebb szántóföldi növények közé tartozik (Bocz et al., 1996; Nagy és Sárvári, 2005). Termeszthetőségének minimális éjszakai hőmérséklete havi átlagban 13°C, nappali minimális havi átlag hőmérséklete 19°C (Nagy, 2007). Az optimális hőmérséklet nappal 25-33°C, éjjel 17-23°C között változik. 10 és 30°C között fejlődése arányos a hőmérséklettel, elviseli a rövid ideig tartó 0°C körüli és 45°C feletti hőmérsékletet. A növekedési korlátja 5°C alatt és 35°C felett van (Berzsényi, 2012). A kukorica a legnagyobb termést akkor éri el, ha a nyári hónapokban az átlaghőmérséklet 21-27°C (Bocz et al., 1996), illetve 20-22°C (Berzsényi (2012). A meleg égöv növénye, így a hőmérséklet mellett a vízellátottságra is érzékeny (Nagy, 2007). A Newman-féle hőösszeg számításnál (1. képlet) április 1-jétől szeptember 30-ig a napi átlaghőmérsékletekből levonunk 10°C-ot és a kapott

értéket az egész tenyészidőben összesítjük. Ez a levont 10°C a kukorica asszimilációs küszöbértéke (Bocz et al., 1996). A hőösszeg számításnál nem kell figyelembe venni a 30°C-nál magasabb hőmérsékleti értékeket (Nagy és Sárvári, 2005). A hazánkban termesztett hibridek jellemzően 1100-1400°C halmozott hasznos hőösszeget igényelnek a tenyészidőben (1. táblázat).

$$\text{A napi hasznos hőösszeg (Heath Unit)} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1. képlet Napi hasznos hőösszeg (Forrás: Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2007)

1. táblázat: **Magyarországon előforduló hibridek FAO száma és hasznos hőösszege**

Érésidő	FAO szám	Tenyészidő (nap)	HU (°C)
Igen korai	200-299	125-140	1028-1088
Korai	300-399	140-145	1138-1194
Középerésű	400-499	145-150	1250-1305
Későiérésű	500-599	150-165	1361-1417
Igen későiérésű	600-699	165-175	1472-1528

Forrás: Nagy és Sárvári, 2005

A világon termesztett kukorica fajták alapvetően a meleg éghajlathoz alkalmazkodtak. Eredendően rövidnappalos növény, azonban az évszázados nemesítésnek köszönhetően jól alkalmazkodott a hosszúnappalos termőhelyekhez is, mivel az asszimilációs küszöbértéke alacsonyabbá vált (Bocz et al., 1996; Nagy és Sárvári, 2005; Berzsényi, 2012). Az ökológiai potenciálja révén termesztethető a mérsékelt égövi területeken is. Ezt mutatja az elterjedése is, mivel silótakarmányként a skandináv államok térségéig termesztik (Berzsényi, 2012).

### 3.1.3. A kukorica talajigénye

Nagy víz és tápanyag igényű, azonban szárazságtűrő növény (Nagy és Sárvári, 2005). Mély termőrétegű, humuszban gazdag, közép-kötött vályogtalajon termesztethető nagy biztonsággal, mivel a gabonafélék között a legigényesebb a talaj minőségére, kultúrállapotára és a búzánál magasabb az ökológiai érzékenysége (Győrffy, 1958; Bocz et al., 1996; Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2007). Az ilyen talajokon a gyökerei mélyre hatolnak és még aszályos évjáratokban is biztos termést ad (Nagy, 2007). Jó

vízgazdálkodású talajon lényegesen csökkenthető az időjárási kockázat (*Debreczeni, 1969; Várallyay et al., 1980; Győrffy, 1988*). Eltérő talajtípusokon termesztik, de kiemelkedően jó termést csak jó vízgazdálkodású, mély termőrétegű, könnyen felmelegedő csernozjom, réti csernozjom, barna erdő, csernozjom barna, réti talajokon lehet vele elérni. Termesztéséhez a legalkalmasabb a 6,6-7,5 talaj pH, azonban az 5,5-8 pH-t is képes elviselni (*Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2007*). Fontos a kukorica termőtalajok kalciummal való telítettsége, ennek fenntartásáról folyamatosan gondoskodni kell, hogy a talajok tápanyag-szolgáltató képességét is növeljük (*Menyhért, 1985; Bocz et al., 1996*).

#### **3.1.4. A kukorica vízigénye**

A kukorica alapvető fiziológiás funkcióiban meghatározó a hőmérséklet, azonban az ehhez tartozó nagy terméspotenciálja miatt a vízigénye is magas (*Bocz et al., 1996*). *Nagy és Sárvári (2007)* szerint a kukorica vízigénye 450-550 mm, a napi vízfogyasztása 4,5-5,5 mm ha<sup>-1</sup>; *Bocz et al. (1996)*, valamint *Berzsényi (2012)* szerint a vízigénye 460–580 mm. A legtöbb nedvességre címerhányás előtt egy hónapig van szüksége, mivel a növény a szárazanyagának 80%-át ekkor halmozza fel (*Berzsényi, 2012*). Magyarországon az egyik legnagyobb terméslimitáló faktor a kontinentális éghajlaton a megfelelő vízellátottság hiánya (*Nagy, 2007*). Hiába van a talajban optimális mennyiségű tápanyag, ha a növény nem tudja azt felvenni víz hiányában (*Olson, 1972; Debreczeni és Debreczeniné, 1983*). Hazai termesztési feltételeink közül a víz a limitáló tényező, annak ellenére, hogy a kukorica C<sub>4</sub>-es növény, amely alapvetően jó hő- és szárazságtűrésű, nehezen viseli el a szélsőségesebben aszályos évjáratokat (*Berzsényi, 2012*).

#### **3.1.5. A kukorica tápanyag igénye**

Számos kutató szerint nagymennyiségű tápanyagot igényel és tápanyag-hasznosító képessége is magas (*Menyhért, 1985; Ruzsányi, 1992; Berzsényi-Janosits, 1993; Pepó et al., 2000; Pepó, 2001, Pakurár et al., 2004*). Az ásványi elemek közül a nitrogént igényli legnagyobb mértékben (*Nagy és Sárvári, 2005*). A kukorica szemterméshez, illetve a hozzátartozó, légszáraz szárhoz az alábbi tápanyagokat veszi fel a talajból tonnánként:

*Antal (1999)* szerint 28 kg t<sup>-1</sup> N, 11 kg t<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg t<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, 8 kg t<sup>-1</sup> CaO, 3 kg t<sup>-1</sup> MgO; *Berzsényi (2012)* szerint 20-25 kg t<sup>-1</sup> N, 9-11 kg t<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 16-20 kg t<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O; *Menyhért (1979)* kísérletei alapján a kukorica 11 t ha<sup>-1</sup> terméshez 264 kg N-t, 110 kg

$P_2O_5$ -t, és 264 kg  $K_2O$ -t vesz fel a teljes tenyésztési időszakban; azaz 24 kg N-t, 10  $P_2O_5$ -t, 24 kg  $K_2O$ -t tonnánként.

### 3.2. A TÁPANYAG-GAZDÁLKODÁS ÉS A TALAJNEDVESSÉG KAPCSOLATA

A trágyázás közvetlenül a termesztett növények tápanyaggal való ellátását, közvetve a talajok termékenységének növelését szolgálja (Schmidt, 2001). A növények számára a tápanyag- és vízellátás létfontosságú, a növekedési szezon kezdetekor a talajprofilban tárolt víz szignifikáns részét teszi ki a növényi transzspiráció teljes vízkészletének (Loomis és Connor, 1992). Bocz (1976) és Debreczeniné (1999) szerint a műtrágyák hatóanyagainak, elsősorban a nitrogénnek a hasznosulásánál a vízellátottság játszik kiemelkedő szerepet. Azonban a szántóföldi növénytermesztési térben a pillanatnyi vízháztartási helyzet számos egymással kölcsönhatásban levő tényezőtől függ (Csajbók, 2004). A trágyahatás az optimális vízellátottsághoz közeledve növekszik, azonban a rendelkezésre álló víz gyakran limitálja a termés mennyiségét az öntözés nélküli gazdálkodásban (Ogola et al., 2002). Aszályos évjáratban magas nitrogén dózisok mellett, a nagy só koncentráció miatt tapasztalt terméseszkökenést Debreczeni és Debreczeniné (1983). A csapadék és a talaj nedvességtartalma jelentősen befolyásolja a műtrágya szükségletet, valamint a műtrágyahatást (Nagy et al., 2004). Számos külföldi kutatás szerint is szorosan összefügg a víz- és tápanyag-ellátottság a növény növekedésével és a terméssel (Russelle et al., 1981; Martin et al., 1982; Eck, 1984; Fan és MacKenzie, 1994; Sexton et al., 1996; Spalding et al., 2001; Al-Kaisi és Yin, 2003; Gehl et al., 2005). Optimális nedvesség ellátottság mellett a műtrágyahatás nő, azonban amikor eléri a káros nedvesség szintet, akkor csökken a műtrágyák hatása (Szász, 1972; Bocz, 1976; Nagy et al., 2004). A növények a környezetből felvett anyagok közül a vízből igénylik a legtöbbet, ennek aránya a növényben elérheti a 95%-ot (Debreczeniné, 1999). A növény vízellátottsága a lehullott csapadék mellett az agrotechnika, a talajművelés, a trágyázás, az öntözés és a tőszám függvénye (Huzsvai és Nagy, 2003; Nagy, 2005). Nagy (1996, 1998, 1999) multifaktoriális tartamkísérleti eredményei alapján megállapította, hogy az agrotechnikai tényezők a következő arányban növelik a termést: trágyázás 48%, öntözés 28%, talajművelés 18%, növényszám 6%. Győrffy (1976) szerint ez az arány: trágyázás 31%, genotípus 27%, növényápolás 23%, növényszám 20%, mélyművelés 3%. Az intenzív trágyázás nélkülözhetetlen a növekvő hozamok biztosításához. Számos nemzetközi és hazai kutatás szerint a N trágya

felhasználása hatással van a növényi produkcióra (*Berzsenyi és Győrffy, 1995; Manuel et al., 2000; Ványiné et al., 2011, 2012b; Ványiné és Nagy, 2012*). Az optimális műtrágya-adag nagyon sok tényezőtől függ, a legnagyobb befolyásoló tényező a víz- és a tápanyagellátás mértéke (*Al-Kaisi és Yin, 2003; Gehl et al., 2005; Huzsvai és Ványiné, 2009; Ványiné et al., 2012a*). A talaj nedvességtartalmának emelkedése növeli a nitrogén (N) trágya hozzájárulását a terméshez, különösen magas N-adagok mellett (*Burman et al., 1962; Martin et al., 1982*). *Frank (1969), Márton (1969) és Szlovák (1986)* öntözési és műtrágyázási kísérleteikkel igazolták, hogy az öntözés növeli a műtrágyázás hatékonyságát. *Sun et al. (2009)* szerint az optimalizált gazdálkodás alapja a legmagasabb vízfelhasználási és tápanyag-felhasználási hatásfok elérése. A nagy hatékonyságú gabonatermeléshez a fél-száraz (semi-arid) és száraz (arid) régiókban szükség van elegendő víz- és tápanyag-utánpótlásra (*Sun et al., 2009*). A fő tápelemek és a víz, valamint ezek interakciójának pontos ismerete fontos a mezőgazdasági gyakorlatnak (*Obreza és Rhoads, 1988*). Hasonlóan, az elegendő tápanyag növelheti a vízhasznosulási tényezőt, végül növeli a növény szárazságtűrő-képességét (*Viets, 1962; Olsen et al., 1964*), ezáltal azonos mennyiségű vízfelhasználásra nagyobb termés jut. *Nagy és Huzsvai (1995)* vizsgálták az évjárat hatását a trágyázás hatékonyságára, és tizennégy éves adatsor felhasználásával megállapították, hogy a jobb tápláltság a tenyészidőszakban hullott csapadék hasznosulását nagyobb mértékben javította, mint a téli félévben lehullott csapadékét. A műtrágyázás abszolút értékben is javítja a víz hasznosulását (*Széles és Sedlák, 2006*). *Csathó et al. (1991), Kádár (1993; 1997)*, valamint *Jolánkai et al. (1999)* szoros kapcsolatot állapítottak meg az évjárat, a tápanyag-ellátottság, valamint a termésmennyiség között. *Berzsenyi és Győrffy (1997)* szerint alacsonyabb műtrágya-dózisnak száraz évjáratban, magas műtrágya-dózisnak csapadékosabb évjáratban nagyobb a stabilitása. *Bálint (1977)* kísérleti eredményei alapján rámutatott, hogy csak a jó tápanyaghasznosító hibridek tudnak megfelelő vízellátottság mellett növekvő N dózisokra a fotoszintetikus aktivitásukat növelni. *Berényi (1956)* kutatási eredményei alapján megállapította, hogy 55-75%-ban határozza meg a természetes vízellátás a termések mennyiségét. *Huzsvai és Nagy (2003)* kísérleti eredményei alapján kijelentette, hogy öntözés mellett a termésszint magasabb, azonos tápanyag szint mellett, és öntözés mellett a műtrágya nagyobb mértékben növelte a termést, mint öntözés nélkül. Az öntözéses gazdálkodás mérsékli az évjáráthatást, csökkenti a termésingadozást, a műtrágya-reakció ingadozását, így nagyobb biztonsággal tervezhető a tápanyag-visszapótlás (*Huzsvai és Nagy, 2003*). *Várallyay*

(2002) eredményei alapján kijelenti, hogy a talajok vízgazdálkodása jelentősen befolyásolta a talajok tápanyagkészletének érvényesülését. A talajnedvesség-tartalom a foszformozgás sebességét és a gyökérparamétereket is befolyásolja, így jelentős hatása van a foszfor felvételre (Végh *et al.*, 1990; Végh, 1991).

### **3.3. TÁPELEMEK HATÁSA A KUKORICÁRA**

A tápelemek döntő hányadát a növény a talajból veszi fel, melyet a talaj tápanyagszolgáltató képessége határoz meg. A makroelemek közül a nitrogén 95-99%-a, a foszfor 30-50%-a szerves formában van jelen, a kálium mennyiségét az ásványi kolloidok befolyásolják (Csajbók, 2004).

#### **3.3.1. Nitrogén hatása a kukoricára**

A nitrogén nem ásványi eredetű elem, azonban mégis főleg ásványi formában veszi fel a növény, bár képes kismolekulájú szerves vegyületek felvételére is (Debreczeniné és Sárdi, 1999a; Nagy 2007). A növények számára kiemelkedő a szerepe, mivel a többi elemhez képest feltűnő hajtás és termésnövelő hatást okoz (Debreczeniné és Sárdi, 1999a). A növényen belül a mozgása zavartalan, így a hiánya elsősorban az idős leveleken jelentkezik. A nitrogénhiányos növények klorofilltartalma csökken, a merisztéma működés lassul, a sejtek idő előtt öregednek (Nagy, 2007). Magyarországon a három makroelem közül a nitrogén mennyisége határozza meg elsődlegesen a kukorica terméstöbbletét (Bocz, 1976). A kukorica jól reagál a nitrogéntrágyázásra (Pepó, 2004), azonban a nitrogéntrágyázás hatása annál nagyobb, minél jobb a növények többi tápelemmel való ellátottsága (Debreczeniné és Sárdi, 1999a). Megfelelő N-trágyázás esetén a kukorica levélterülete gyorsabban nő, és az optimális LAI érték is hosszabb ideig fennmarad, ami a termésképzésnél előnyt jelent (Anderson *et al.*, 1985; Berzsenyi-Janosits, 1993). Anda (1987) kísérleteiben kimutatta, hogy a nagyobb N dózisonál növekszik a növény magassága, asszimilációs felülete, ezáltal a hozam is. Egyoldalú vagy nitrogén túltrágyázás esetén csökken a termésbiztonság, a többi tápelemhez viszonyított túlsúly ugyanúgy káros, mint a túltrágyázás, hiszen a növény luxus felhalmozást végez nitrogénből, aminek nincs hatása már a termésre (Blackmer és Schepers, 1996). A nitrogénnel túltrágyázott növények hajlamosak a megdőlésre és érzékenyebbek a betegségekre (Nagy, 2007), valamint a szárazsággal szemben kevésbé lesznek ellenállóak (Sárdi, 1999b). Bennett *et al.* (1953) eredményei szerint az egyre magasabb N adagok csökkentették a szem foszfor koncentrációját, azonban a kálium koncentrációra csak kevésbé hatottak. Ezzel szemben Latkovicsné (1979) eredményei

alapján kijelentette, hogy a nitrogén ellátottság nem befolyásolta a szemtermés  $P_2O_5$  és  $K_2O$  koncentrációját. *Ahmadi et al.* (1993) szerint a foszfortartalmat nem befolyásolta a növekvő dózisú N trágyázás, azonban a kálium tartalmat csökkentette. Hiányában a növény világoszöld, az idősebb levelek elsárgulnak, majd megbarnulnak és elhalnak, a növény növekedése lassul, nagyban csökken a termés mennyisége (*Sárdi, 1999b; Nagy, 2007*).

#### *Nitrogén tápelem felvételi dinamika*

A kukorica csírázáskor a szem-tartalék fehérjét használja fel és viszonylag kis mennyiségű nitrogént vesz fel a talajból, de ez a felvétel intenzív (*Nagy, 2006*). A kelés utáni első három hétben a növény kevesebb, mint  $0,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ -t vesz fel naponta az időjárástól és talajtól függően (*Blackmer et al., 1989; Schröder et al., 1993; Schröder, 1999*). A fiatal kukorica növénynek bőséges N ellátásra van szüksége az akadálytalan növekedéshez (*Blackmer és Schepers, 1996; Schröder, 1999*). Ez a relatív nagy igény magyarázza a kukorica startertrágya reakcióját (*Schröder et al. 1997; Van Dijk és Brouwer, 1998*). Kedvező nitrogén és víz ellátottság mellett a virágzás 2-3 nappal hamarabb kezdődik, azonban a túlzott N ellátás megnyújtja a hím- és nővirágzás közötti időszakot. A 30 napos kukorica  $3,8$ ; a 40 napos növény  $16,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ -t vesz fel összesen a talajból. Éréskor a felvett N  $2/3$ -a a szemtermésbe kerül, ennek a fele a hajtásrendszerbe korábban beépített N-ből származik (*Nagy, 2006*).

#### *Nitrogéntrágyázás*

*Kováts és Antal* (1996) szerint a nitrogén évenkénti kijuttatása javasolt alap- és kiegészítő trágyázásként. Az ammónium-nitrátot alap- és kiegészítő, a kalcium-nitrátot pedig csak kiegészítő trágyának célszerű felhasználni. Nagyobb dózisoknál különösen csapadékosabb időjárás mellett mind őszi, mind tavaszi vetésű növényeknél is célszerű megosztva kijuttatni. Környezetvédelmi okokból egyes nyugat-európai országokban betiltották az őszi kijuttatását. Hazánkban akkor akadályozható meg a kimosódás, ha az őszi nitrogéntrágyázást elhagyjuk, és tavasszal három menetben juttatjuk ki. *Csathó* (2003) szerint általában nem szükséges a kukorica fejtrágyázása, azonban a kultivátorozásnál kijuttatott N termésmenvelő hatású lehet. Az őszi alaptrágyázástól jobb tavasszal a sorok közé, a felszín alá kijuttatott N (*Timmons és Cruse, 1990*).

### **3.3.2. Foszfor hatása a kukoricára**

A foszfor a fotoszintézisben, légzésben, és a sejt energiatermelő folyamataiban, valamint a DNS- és RNS-ben található meg. Nélkülözhetetlen a növények számára, de a nitrogénhez képest kevésbé növeli a termést, mivel nem gyarapítja a vegetatív szerveket (Debreczeniné és Sárdi, 1999b). A foszfor szoros kapcsolatban van a nitrogénnel és a fehérje vegyületekkel, a generatív szervek foszfortartalma 3-6 szorosa a vegetatív szervekének (Nagy, 2007).

A növényeknek a kezdeti fejlődéshez nagy szükségük van a foszforra, így ezt a hiányt már nem lehet pótolni később (Debreczeniné és Sárdi, 1999b). Hiányában a növény növekedése lelassul, satnyává válik, az idősebb levelek bíborlilák lesznek, a termés jelentősen csökken (Sárdi, 1999b). Szinte minden növényi anyagcsere folyamatban szerepel, így a növény a hiányára anyagcserezavarral reagál, késlelteti a virágzást, valamint az érést (Loch és Nosticzius, 1983; Debreczeniné és Sárdi, 1999b). A foszforral jól ellátott növények szárazságtűrése általában jobb, vagyis hiányában nő az aszályérzékenység (Loch és Nosticzius, 1983). A kukorica egyik legfontosabb tápanyaga a foszfor, ettől függ a virágzás ideje és a szemtermés nagysága (Debreczeniné és Sárdi, 1999b). 84 hazai szabadföldi kísérlet átlagában Csathó (2004) megállapította, hogy a gazdaságos kukoricatermesztéshez szükséges  $P_2O_5$  adag  $22 \text{ kg ha}^{-1}$ . A P kontroll parcellák termése  $6,26 \text{ t ha}^{-1}$ , terméstoppleten a hatás  $0,25 \text{ t ha}^{-1}$  volt. A szántóföldi növények az első évben a kiadott foszfor 5-10%-át veszik fel (Greenwood et al., 1980), a felvétel 90%-a a talajban levő „reziduális” foszforból származik, ezáltal frissen kijuttatva nem tudja ellensúlyozni a talaj alacsony foszforellátottságát (Johnston et al., 1986). Nyiri (1997) szerint a tavaszi sekély „P-bekeveréstől” hatás nem várható.

#### *Foszfor tápelem felvételi dinamika*

A foszforfelvétel már 3-6 leveles korban meghatározza a végső produkciót, a tenyészidő elején a foszforfelvétel nagyobb, mint a szárazanyag felhalmozás. Később párhuzamosan halad vele, szeptember elejére megszűnik a P felvétel (Nagy, 2006). A nitrogénhiány hat legjobban a foszfor felvételére, mivel N hiány esetén  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ , K hiánykor  $29 \text{ kg ha}^{-1}$ , P hiánykor  $23 \text{ kg ha}^{-1}$ , ezzel szemben kedvező NPK ellátás mellett  $33 \text{ kg ha}^{-1}$  volt a foszfor felvétel. A szemképződéshez fontos, hogy a kritikus 4-6 leveles időszakban, és az érésig rendelkezésre álljon (Arnon, 1975). A foszfor felhasználásának mértékét a talaj P feltöltöttsége határozza meg. A P-trágyát a talajba egyenletesen kell

elkeverni, valamint a legmegfelelőbb ősszel kiszórni és alpműveléssel bedolgozni (Kováts és Antal, 1996).

### **3.3.3. Kálium hatása a kukoricára**

A kálium a növények ásványi táplálkozásában játszik fiziológiai, valamint biokémiai szerepet. A növények vegetatív fázisban veszik fel legnagyobb mértékben, egyértékű kation formájában. Nagymértékben javítja a növények vízfelhasználási tényezőit, azaz egységnyi szárazanyagot, kevesebb víz felhasználásával hoznak létre. Elsődleges szerepet játszik a sztómák nyílásának és záródásának szabályozásában is (Sárdi, 1999a). Emellett a sejtekben számos anyagcsere folyamatban enzimaktiváló szerepű, 60 enzimreakciót aktivál, elősegíti a frissen szintetizált asszimiláták szállítódását, valamint fokozza a növények fagyűrő képességét (Zsigrai, 1994; Sárdi, 1999a).

Hiányában a növények turgorállapota és fagyűrőse romlik, az idősebb leveleken égéshez hasonló tünetek láthatók, a fiatal levelek pirosasan elszíneződnek, esetleg az erek között klorotikussá válnak (Sárdi, 1999b). Sárvári (1986) kísérletben kimutatta, hogy a kálium volt a legfontosabb elem a nitrogén mellett, a kálium megfelelő nitrogén és foszfor dózis mellett a termést 3-4 t ha<sup>-1</sup>-ral növelte. Csathó (2004) szerint a kálium műtrágyázás mélyfekvésű humuszos homokon 1,9 t ha<sup>-1</sup>, homokos vályogon 0,7 t ha<sup>-1</sup>, vályogon 1,1 t ha<sup>-1</sup>, agyagos vályogon 0,2 t ha<sup>-1</sup>-ral növelte a termést, agyag talajokon nem volt igazolható hatása. Debreczeni (1990) is hasonló eredményre jutott. A kálium fokozza a fotoszintetikus aktivitást, ezért befolyásolja a termés mennyiségét és minőségét.

#### *Kálium tápelem felvételi dinamika*

A makro tápelemek közül a kálium felvétele előzi meg leginkább a szárazanyag felhalmozódást, címerhányásig eléri a maximumot (Nagy, 2006). A kálium felhasználásának mértékét a talaj K feltöltöttsége határozza meg. A foszforműtrágyától eltérően a talajban kisebb mértékben kötődik meg, adagjának meghatározásakor a talaj fizikai tulajdonságait is figyelembe kell venni (Kováts és Antal, 1996). Hazánk talajainak nagy része káliummal jól ellátottnak mondható (Kádár, 1993).

## **3.4. AZ ALAP- ÉS FEJTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICA KLOROFILL-TARTALMÁRA**

Kováts és Antal (1996) szerint a műtrágyázás módja alapján megkülönböztethetünk alap-, és kiegészítő trágyázást. Az alpműtrágyát vetés előtt juttatjuk a talajba, amit a

talaj mélyebb rétegeibe dolgozunk. A kiegészítő trágyázás során a vetéssel egyidőben, vagy a tenyészidő során juttatjuk ki a tápanyagot. A növény a Napból származó elektromágneses sugárzást a klorofill segítségével hasznosítja, így állítja elő minden produktumát.

*Csajbók* (2005) vizsgálta a tápanyagellátás és az asszimiláció közötti összefüggéseket kukoricában, és a műtrágyázás szignifikáns különbségeket okozott a hibridek CO<sub>2</sub> asszimilációjában. *Lawlor* (1994) szerint a fotoszintézis függ a levelek N-tartalmától, azaz a N hiány közvetetten hatással lehet a növekedésre. A kukorica zöld színének intenzitása függ a klorofilltartalomtól, amit több tényező határoz meg (*Pakurár et al.*, 2003). Ezt az összefüggést számos kutató vizsgálja, ami alapján műtrágyázási javaslatok dolgozhatóak ki (*Scharf és Lory*, 2002). Környezetvédelmi és gazdaságossági szempontból is nő a jelentősége a növény igényeihez igazodó, jól időzített N-műtrágyázásnak (*Gastal és Lemaire*, 2002). A rizs nitrogénellátottságának vizsgálatára SPAD készüléket fejlesztettek ki Japánban (*Chubachi et al.*, 1986). Kutatók tesztelték búzában, burgonyában, gyapotban, kukoricában, valamint kertészeti kultúrákban (*Piekielek et al.* 1995; *Chapman és Barreto*, 1997; *Rajcan et al.*, 1999; *Ványiné* 2008, 2010) is.

*Yadava* (1986), *Piekielek és Fox* (1992), *Feil et al.* (1997) valamint *Berzsenyi és Dang* (2001) a kukoricában a környezetbarát nitrogéntrágyázási dózisok meghatározásánál jól hasznosítható eszköznek tartja a klorofill mérőt. *Berzsenyi és Lap* (2003b) SPAD-502 készülékkel kísérletben vizsgálta a kukorica N-ellátottságát és pontosan jellemezni tudta a N kezelések hatását a kukoricánövényre. A növény nitrogén ellátottságát jól tükrözték a SPAD értékek, melyek utalnak a klorofilltartalomra (*Berzsenyi et al.*, 2006). *Schepers et al.* (1992) szoros összefüggést mutatott ki a SPAD értékek és a növény N-ellátottsága között. *Bullock és Anderson* (1998) több helyszínen végeztek kísérletet, 4 műtrágya szinttel (0, 90, 180 és 270 kg N ha<sup>-1</sup>). Kísérletükben a környezet, a hibrid és azok kölcsönhatása is kiemelekedő volt a mérési eredményeik értékelésekor. A N-trágyázás kísérletükben is hatással volt a SPAD értékekre, valamint a levél és szem N-tartalomra. *Ványiné* (2010) kísérleti eredményei alapján a hibrid és a műtrágyázás külön-külön szignifikánsan befolyásolta a SPAD értéket, a kettő kölcsönhatása nem volt igazolható. *Csajbók és Kutasy* (2002a) fotoszintetikus aktivitás vizsgálatuk során szignifikáns eltérést tapasztaltak a genotípusok és a műtrágya szintek között. *Montemurro et al.* (2006) vizsgálataiban a vegetációs periódusokban mért SPAD értékek jól és szignifikánsan korreláltak a terméssel. *Micskei et al.* (2009) kísérleti eredményei alapján

kimutatta, hogy szoros volt az összefüggés a termésmennyiség és SPAD értékek között, azonban laza az összefüggés az évjáráttal. *Berenguer et al.* (2008) bizonyította, hogy a SPAD értékekre hatott az évjárat, átlagos értékei 48-51-ig változtak. Megállapította, hogy a szemtermés mennyiségére és a levél klorofilltartalmára is szignifikáns hatása van az évjáratnak. *Ványiné* (2009) kísérlete alapján kijelentette, hogy az évjárat nagymértékben befolyásolta a műtrágyázás és a SPAD értékek kapcsolatát, átlagos csapadékú évben szoros volt a kapcsolat, száraz évben gyengébb. Száraz évjáratban, a tenyészidőszakban a SPAD értékek csökkentek, átlagos évjáratban pedig növekedtek. *Lemaire et al* (2008) szerint a levél nitrogén-, klorofilltartalom, termés és SPAD értékek közötti kapcsolatok vizsgálata során nem szabad figyelmen kívül hagyni az évjárat mellett a genotípus hatását. *Pakurár et al.* (2003) igazolta, hogy a műtrágyázás jelentősen befolyásolta a SPAD értékeket, az öntözésnek nem volt jelentős hatása a különböző tápanyagszinteken. Ezzel szemben *Nagy* (2005), valamint *Csajbók és Kutasy* (2002b) adatai bizonyították, hogy az öntözés csökkent a nitrogénkoncentrációt, és ezáltal a levél klorofilltartalmát is. *Berenguer et al.* (2009) kísérletben, 3 időpontban, vetés előtt, V3-V4 és V5-V6 fenológiai fázisban juttattak ki N műtrágyát ammónium-nitrát formájában. Ezen kísérlet eredményeként megállapították, hogy 53 SPAD érték felett már nem reagál a kukorica a nitrogén többletre, ehhez hasonlóan *Piekielek et al.* (1995) 52-56 SPAD értéket állapított meg. *Schmidt et al.* (2009) lineáris kapcsolatot ( $r^2 = 0,72$ ) talált a gazdaságos nitrogén mennyiség és a klorofill mérő (SPAD) értékei között kukorica V6 fenológiai fázisban. A SPAD értékek és a kukorica hozam között szoros lineáris kapcsolatot mutatott ki *Berzsenyi és Lap*, (2003a); valamint *Pakurár et al.*, (2003), melyet *Montemurro et al.* (2006) kísérleti eredményei alapján  $r^2=0,60$  értéknek határozott meg. A kukorica levél szárazanyagban mért nitrogéntartalma és relatív-klorofilltartalma között lineáris korreláció van, melynek értéke  $r^2=0,81$  (*Chapman és Barreto*, 1997). A kukorica fejtrágyázása leginkább a V6 stádiumban lehetséges, mivel nincs szükség speciális eszközökre a néhány centiméteres növénynél (*Jaynes*, 2013). Azonban a növény szenzorok gyakran képtelenek leginkább a V6 állapotban kimutatni N-hiányt a talajban lezajló mineralizáció miatt, ami rövid ideig kiküszöböli a nitrát kimosódás és denitrifikáció hatását, így a N-hiány csak később következik be (*Piekielek és Fox*, 1992; *Blackmer és Schepers*, 1995, *Ziadi et al.*, 2008; *Samborski et al.*, 2009). Ez a helyzet különösen igaz, ha a talaj nitrogén tartalma közel optimális (*Zhang et al.*, 2008), esetleg alap N-trágyát is juttattak ki vetés előtt (*Scharf és Lory*, 2002; *Dellinger et al.*, 2008).

### 3.5. AZ ALAP- ÉS FEJTRÁGYÁZÁS HATÁSA A KUKORICATERMÉSRE

A megfelelő tápanyag-visszapótlás a modern növénytermesztés alapja, nélküle nem lenne biztosítható a megfelelő termésszint. Több kutató szerint a N-trágyázás befolyásolja legnagyobb mértékben a termés nagyságát (*Györffy et al.*, 1965; *Láng*, 1973), azonban a túltrágyázás *Adiscott et al.* (1991) szerint nitrátszennyezést okoz. A műtrágyázás hatását az időjárás, a talajtulajdonságok, az elővetemény, a vízellátás és a talajművelés, valamint a termesztett növény tápanyag reakciója határozza meg (*Nagy* 2007). *Sárvári és El Hallof* (2005) szerint az évjárat nagyban befolyásolja az NPK műtrágyák hatását. *Széles és Sedlák* (2006) megállapították, hogy az évjárat és a műtrágyázás hatása szoros összefüggést mutatott a terméseredményekkel. *Sun et al.* (2009) kísérlete alapján megállapította, hogy félszáraz klimatikus viszonyok mellett a kukoricatermeszre a legnagyobb hatása a nitrogénnek van, majd a víznek és a legkisebb hatása a foszfor műtrágyázásnak, valamint ezek között a tényezők között szignifikáns szinergikus kapcsolatot állapított meg. *Berzsenyi et al.* (2006) kísérlete alapján bizonyította, hogy a vizsgált évjáratokban szignifikáns hatása volt a nitrogéntrágyázásnak a termésre. *Pepó* (2001) eredményeiből azonban az is egyértelmű, hogy a műtrágyázás nem csak a termést, hanem a termésbiztonságot is növelheti. A műtrágya használat felső határát a gazdaságosságnak kell meghatároznia (*Debreczeni*, 1982). Műtrágyázási tartamkísérleteik alapján *Széll és Kovácsné* (1993) megállapították, hogy 5 év átlagában a kontrollhoz képest  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  34%;  $200 \text{ kg N ha}^{-1}$  50% terméstöbbletet jelent. *Sárvári és Boros* (2009) szerint a 1970–80-as években a kukorica agroökológiai optimuma  $180 \text{ kg N ha}^{-1}$  hatóanyag volt, napjainkban ez az érték  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$ . *Sárvári* (1993) szerint a kukorica hektáronkénti nitrogén adagja figyelembe véve a jövedelmezőségi és környezetvédelmi szempontokat  $60\text{-}120 \text{ kg}$ . *Pepó és Nagy* (1997) száraz gazdálkodásban  $100\text{-}110 \text{ kg N ha}^{-1}$ , öntözött körülmények között  $140 \text{ kg N ha}^{-1}$  hatóanyagot javasol kukorica alá a műtrágyázás x öntözés pozitív kölcsönhatása miatt. *Pepó et al.* (2006) szerint az agronómiailag indokolható műtrágya-dózis monokultúrában  $60\text{-}120 \text{ kg N ha}^{-1} + \text{PK}$ . *Széles és Sedlák* (2006) 3 éves eredményei alapján ez az érték  $90\text{-}150 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Száraz évben kis, maximum  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$ , megfelelő vízellátottság mellett  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  dózis használata javasolható (*Nagy*, 2009). Száraz évjáratban igazolható hatása *Árendás et al.* (2009) szerint csak a foszforral és káliummal együtt kijuttatott nitrogénnek volt. *Árendás et al.* (2003) 22 év tartamkísérleti eredményeit feldolgozva megállapította, hogy nitrogénnel együtt trágyázott kezelésekből a P-hatásokat öt, a K-hatásokat négy évben lehetett kimutatni.

*Berzsenyi és Lap* (2003b) kísérletében 10 év átlagában kedvező évben a 120 kg ha<sup>-1</sup>, kedvezőtlen évjárat esetében a 60 kg N ha<sup>-1</sup> dózisonál érték el a legnagyobb termést. *El Hallof és Sárvári* (2006) eredményei alapján N120, P75, K90 kg ha<sup>-1</sup> dózisokat állapít meg agroökológiai optimumnak. Azonban ebben a kísérletben a legnagyobb terméshozadékot a N40, P25, K30 kg ha<sup>-1</sup> mellett állapították meg. Monokultúrában, az 1970-2002 időszakban a kukorica szemtermése a különböző műtrágya-adagok mellett a következőképpen alakult (t ha<sup>-1</sup>) N<sub>0</sub>: 3,69; N<sub>80</sub>: 6,97; N<sub>160</sub>: 8,33; N<sub>240</sub>: 8,34. Ebben a kísérletben a szemtermés és termésbiztonság a 160 kg ha<sup>-1</sup> dózisonál volt a legnagyobb (*Berzsenyi*, 2012). A 150-200 kg ha<sup>-1</sup> tápanyag-dózisok szükségtelenek, gazdaságtalanok és szennyeznek a környezetet (*Sárvári*, 1995). *Berzsenyi és Lap* (2003b) 10 év átlagában vizsgálta a N-műtrágyázás hatását kísérletében, mely 9 évben szignifikáns volt, a legalacsonyabb termést a műtrágyázatlan parcellákon érték el, a termés nőtt a 60 és 120 kg ha<sup>-1</sup> nitrogén dózis hatására, majd a 240 kg ha<sup>-1</sup> N dózisonál szignifikánsan csökkent. *Sárvári* (2005) kísérletében a legtöbb termést N<sub>40</sub>+PK, valamint N<sub>120</sub>+PK tápanyagszint mellett érte el, a trágyázás agroökológiai optima N<sub>120</sub>, P<sub>75</sub>, K<sub>90</sub> kg dózisonál jelentkezett. *Jakab et al.* (2005) kísérletében 1999-2000 évben N<sub>120</sub>+PK, valamint N<sub>200</sub>+PK kg ha<sup>-1</sup> műtrágya-adag mellett érte el a legnagyobb termést. A kukorica jobban reagált *Árendás et al.* (1998) szerint a K-ra, mint a P-trágyázásra, azonban a terméshozadék nem volt szignifikáns. Az évjárattól és a hibridtől függően a gazdaságos és megbízható terméshozadékot az alacsonyabb műtrágyaszintek adták (*Sárvári és El Hallof*, 2005). *Berenguer et al.* (2009) vetés előtt, V3-V4 és V5-V6 fenológiai fázisban végzett N-műtrágyázási kísérletében az ammónium-nitrát adagja és a termés kapcsolata pozitív volt, a maximális terméshez kapcsolható műtrágya-adag évről évre változott, azonban soha nem haladta meg a 159 kg N ha<sup>-1</sup>-t. Száraz évjáratban *Árendás et al.* (2000) szerint romlik a tápelemek felvehetősége, így kisebb a terméshozadék. Ha a nedvességtartalom nem korlátozó tényező, akkor 100-120 kg N ha<sup>-1</sup> dózisonál meredeken nő a termés, és a hozam maximális értéke 160-170 kg N ha<sup>-1</sup> műtrágya-adagnál alakult ki. A különböző kukoricahibridek N-reakciója eltérő (*Széles és Sedlák*, 2006), és az eltérő genotípusú hibridek máshogy hasznosítják a talaj tápanyagkészletét, valamint, az évente kiadott nitrogén hatóanyagot is (*Széll és Makhajda*, 2003). Számos kutató (*Ferguson et al.*, 1991; *Zebarth et al.*, 1996; *Nevens és Reheul*, 2005, *Berenguer et al.*, 2008) szerint évjárattól és a talaj nitrogén-ellátottságától függ az optimális nitrogén műtrágya-adag.

*Jaynes és Colvin* (2006) Iowában 10%-os termésnövekedést mutatott ki V16-os fenológiai fázisig késleltetett, és a folyamatosan, egyenlően adagolt N műtrágyázás között. Hasonló eredményt, azaz 0,5 t ha<sup>-1</sup> termésnövekedést tapasztalt *Ruiz Diaz et al.* (2008) amikor az alap- és korai fejtrágyázás helyett V13 fenológiai fázisban észlelt stressz után fejtrágyáztak. Az alacsonyabb hozamon túl *Jaynes és Colvin* (2006) a szezon közepén elvégzett fejtrágyázással nagyobb nitrát kimosódást tapasztaltak, mint a vetés időpontjához közelebbi esetében. A szezon közepén végzett fejtrágyázás nem teljes mértékben felvehető a növény számára (*Jaynes*, 2013). A legjobb műtrágya hasznosulást és a legkisebb kimosódást szenzorok által vezérelve a V6 fázis után és a V16 fázis előtt elvégzett fejtrágyázással lehetett elérni. Szerinte a korai fejtrágyázás jó stratégia a hozamok optimalizálására, és a nitrát veszteség csökkentésére, hiszen nem talált különbséget sem termésben, sem kimosódásban a V2, V6 és V12 fenológiai fázisokban végrehajtott fejtrágyázások között.

## 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 4.1. A TERMŐHELY BEMUTATÁSA

#### 4.1.1. Termőhely

A méréseket a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Kísérleti Telepén ( $47^{\circ} 33' \text{ É}$ ,  $21^{\circ} 26' \text{ K}$ , 111 m), mérsékelt meleg és száraz természetési körzetben a 2012-2014-es években végeztük (2. ábra).



**2. ábra:** A kísérlet földrajzi elhelyezkedése  
(*Forrás:* Google Earth, KML réteg saját szerkesztés)

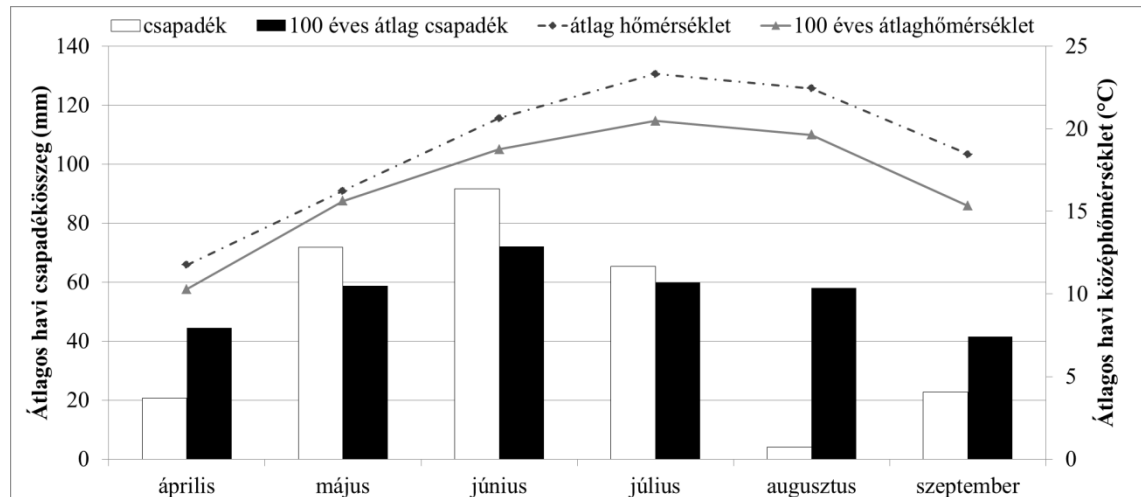
A talaj típusa szerint mély humuszos rétegű, középötött, alföldi mészlepedékes csernozjom. A 2012-es talajvizsgálati eredmények alapján a talaj átlagos  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), ami a növények tápanyagfelvétele szempontjából optimális. A talaj felső (0-20 cm) rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 39, a vízben oldható sók (anionok és kationok) összes mennyisége 0,04%, amely kis sótartalmat jelent. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében 0% körül van (mészhiányos), de 100 cm-től 12% (közepesen meszes). A szervesanyag-tartalom a talaj felső 20 cm-es rétegében 2,3%, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,00%-ot. A talaj kálium ellátottsága jó, P-ellátottsága közepes.

### 4.1.2. Időjárás

Az időjárást a kísérleti területen elhelyezett automata időjárás állomás által mért és rögzített adatok – levegő (°C), csapadék mennyiség (mm), szélsébség ( $m s^{-1}$ ) és relatív páratartalom (%) – alapján értékeltük, amit a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság - Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet, Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központ Agrometeorológiai Obszervatóriuma (Debrecen-Látókép állomás) biztosított számunkra. A 100 éves debreceni adatok az Országos Meteorológiai Szolgálatól (OMSZ) származnak.

A **2012**-es év vegetációs időszaka (3. ábra) áprilisban  $1,4^{\circ}C$ -kal, májusban  $0,6^{\circ}C$ -kal volt melegebb az átlagosnál. Júniusban nőtt a különbség  $1,8^{\circ}C$ -kal, júliusban pedig már  $2,8^{\circ}C$ -kal haladta meg a havi középhőmérséklet a 100 éves átlagot. Augusztusban az előző hónaphoz hasonlóan  $2,8^{\circ}C$ -kal, azonban szeptember már  $3,1^{\circ}C$ -kal volt melegebb az átlagnál.

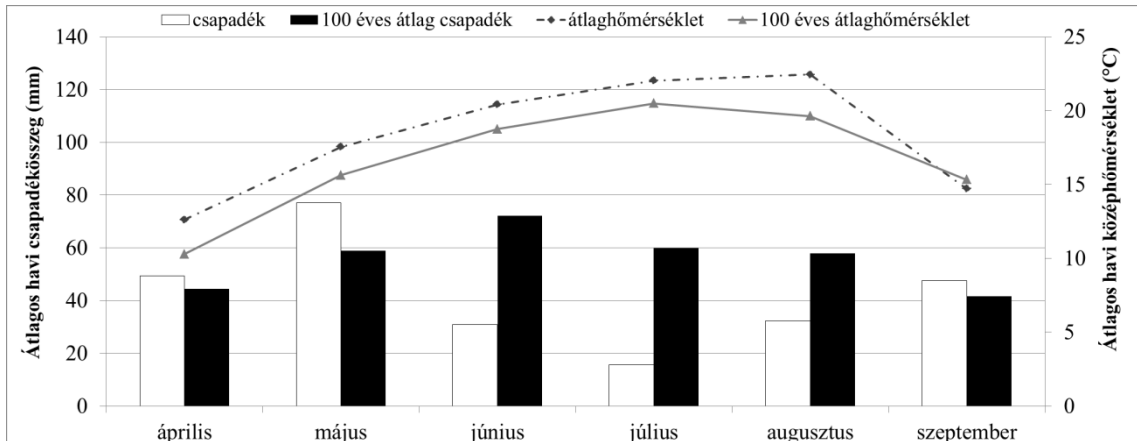
Csapadék szempontjából ugyan az április szárazabb volt  $23,7$  mm-rel, azonban a május, június csapadékosabb volt az átlagosnál. Míg augusztusban  $53,8$  mm-rel, addig szeptemberben  $18,8$  mm-rel hullott kevesebb csapadék a 100 éves átlagnál. Összességében a vegetációs periódus alatt  $263,8$  mm csapadék hullott, ami  $71$  mm-rel kevesebb az átlagos  $334$  mm-nél.



3. ábra: A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékösszeg (Látókép, 2012)

A **2013.** évi vegetációs időszakban az április  $2,3^{\circ}C$ -kal, a május  $1,9^{\circ}C$ -kal, a június hónap pedig  $1,6^{\circ}C$ -kal volt melegebb a sokéves átlagnál (4. ábra). A július  $1,5^{\circ}C$ -kal, az augusztus  $2,8^{\circ}C$ -kal volt melegebb, szeptemberben  $0,6^{\circ}C$ -kal volt hűvösebb az átlagnál.

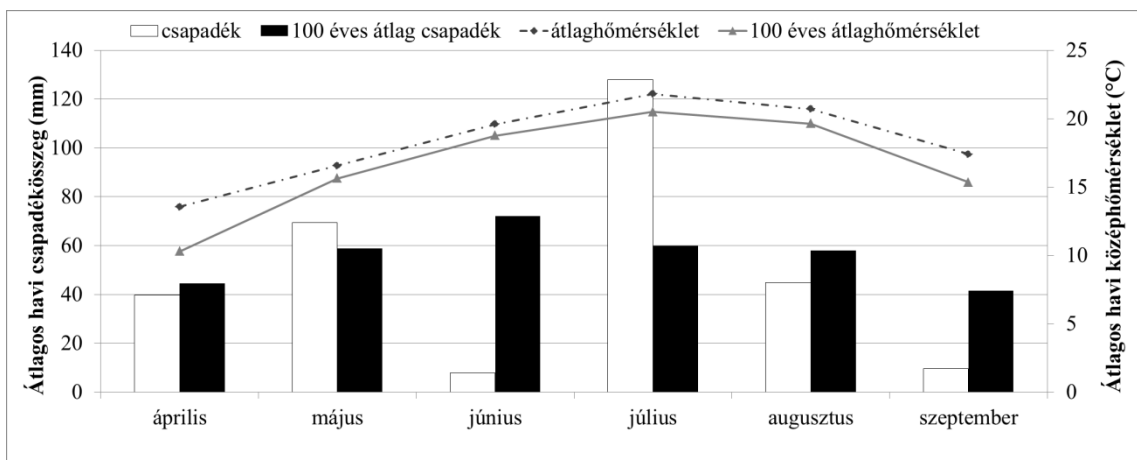
Csapadék szempontjából a 100 éves átlagnál csapadékosabb áprilist (+4,8 mm) és májust (+18,1 mm), aszályos júniust (-41,3 mm), júliust (-44,3 mm) és augusztust (-25,7) követte. A szeptemberi hónap 6 mm-rel haladta meg az átlagot, így összesen az erre az időszakra jellemző 334 mm csapadéktól 82,3 mm-rel kevesebb (252,5 mm) hullott.



4. ábra: A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékösszeg (Látókép, 2013)

A 2014-es év áprilisa az átlagostól 3,2°C-kal, májusa 0,9°C-kal, júniusa 0,8°C-kal volt melegebb a 100 éves átlagnál (5. ábra). Júliusban (+1,3°C), augusztusban (+1°C) és szeptemberben (+2,1°C) is magasabb volt a hőmérséklet az átlagosnál.

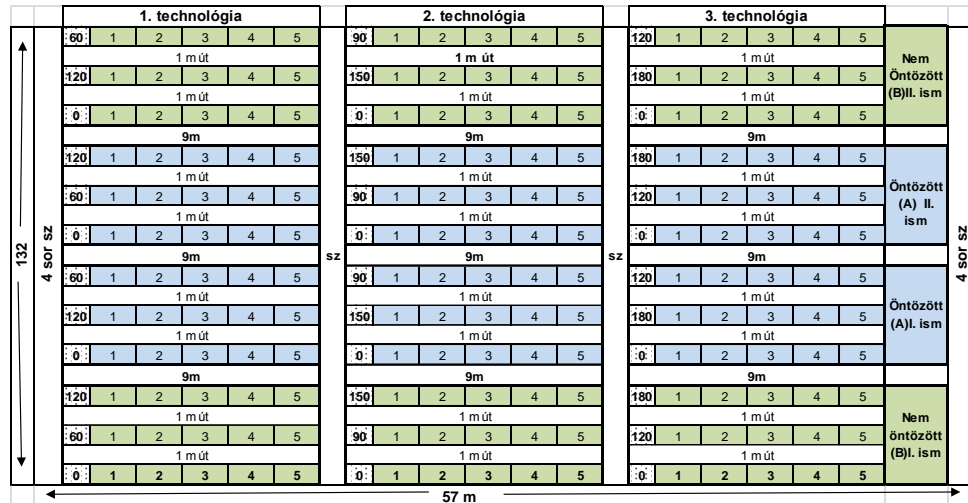
Ebben az évben a május 10 mm-rel, a július 68 mm-rel haladta meg az átlagot. Április (-4,8 mm), június (-64,2 mm) és augusztus (-13,1 mm), valamint szeptember (-31,9 mm) csapadék mérlege azonban alacsonyabb volt a sokéves átlagtól. A csapadék mennyisége ebben a periódusban 35,5 mm-rel maradt el a 100 éves átlagtól.



5. ábra: A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékösszeg (Látókép, 2014)

### 4.1.3. A kísérlet kezelései

A kísérlet osztott sávos (split-strip-plot) elrendezésű, kétismétléses. A főparcellákon a hibridek, osztó parcellákon az öntözési változatok (öntözött, nem öntözött), valamint az osztó-osztóparcellákon a műtrágyadózisok szerepelnek (6. ábra). A növényszámot 73 ezer növény ha<sup>-1</sup>-ra állítottuk be. Az elővetemény kukorica volt minden vizsgált évben.



6. ábra: A kísérlet elrendezése (Látókép, 2012-2014)

A kísérletben minden évben öt eltérő érésidejű hibridet vizsgáltuk (2. táblázat).

2. táblázat: A kísérletben szereplő hibridek éves bontásban

	2012		2013		2014	
	Hibrid	FAO szám	Hibrid	FAO szám	Hibrid	FAO szám
1	Debreceni 377	350	Debreceni 285	290	Debreceni 285	290
2	Mikolt	410	Mikolt	410	ES Sensor	390
3	P 9578	320	P 9175	330	Phileaxx	390
4	ES Sensor	390	ES Sensor	390	DKC 5007	450
5	DKC 5007	450	DKC 5007	450	Mv 255	290

Hasonlóan *Ritchie et al.* (1997), valamint *Berenguer et al.* (2009) kísérletéhez a műtrágya-adagokat megosztottuk alap- és fejtrágya-kezelésekre.

–Alaptrágyázás: A<sub>(0)</sub>=kezeletlen kontroll; A<sub>(60)</sub>=60 kg N ha<sup>-1</sup>; A<sub>(120)</sub>= 120 kg N ha<sup>-1</sup>,

–Fejtrágyázás V6 fenofázisban: V<sub>6(90)</sub>=A<sub>(60)</sub>+30 kg N ha<sup>-1</sup>; V<sub>6(150)</sub>=A<sub>(120)</sub>+30 kg N ha<sup>-1</sup>,

–Fejtrágyázás V12 fenofázisban: V<sub>12(120)</sub>=V<sub>6(90)</sub>+30 kg N ha<sup>-1</sup>; V<sub>12(180)</sub>=V<sub>6(150)</sub>+30 kg N ha<sup>-1</sup>.

A kijuttatott műtrágya minden évjáratban 27%-os MAS (Genesis Pétisó) volt, azaz kémiaiilag  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Pontos összetétele: 27% nitrogen (N) ammónia ( $\text{NH}_4$ ) és nitrát ( $\text{NO}_3$ ) formában 1:1 arányban 5% kalcium (Ca), ami kalciumoxidban kifejezve 7% CaO, 3% magnézium (Mg), ami magnéziumoxidban kifejezve 5% MgO. A kísérlet öntözését Valley típusú lineár biztosította (7. ábra), az évjárat igényeinek megfelelő víznormával. A 2012-es évjáratban július 14-én történt az öntözéskezelés 25 mm víznormával. 2013. július 15-én és július 31-én mind két esetben 35 mm, valamint 2014. június 24-én és július 4-én 35-35 mm víz lett kijuttatva. Az öntözés időzítése a gyakorlatot követte, miszerint a korai növekedés szakaszában a növény gyökere fejlődjön intenzíven és érje el a nedvesebb talajrétegeket. Az öntözés kezelése a pollenszórás idejére voltak időzítve.



7. ábra: Valley típusú lineár (Forrás: saját felvétel)

## 4.2. MÉRŐ ESZKÖZÖK ÉS VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

### 4.2.1. SPAD-502 klorofill mérőműszer

Számos más kutatóhoz (Yadava, 1986; Piekielek és Fox, 1992; Schepers *et al.*, 1992; Berzsenyi és Lap, 2003b; Ványiné, 2008) hasonlóan, a relatív klorofilltartalom méréseket SPAD-502 klorofill mérővel végeztük (8. ábra). Minden parcellán három növényt mértünk, a méréseket V6 (Ritchie *et al.*, 1997) és V12 fázisban a legfelső kifejlett levélen, az R1 fázisban a csővel átellenes levélen végeztük (Costa *et al.*, 2001). Minden esetben, minden parcella balról második sorának 6., 7. és 8. növényén mértük.



**8. ábra:** SPAD-502 klorofill mérő (*Forrás: saját felvétel*)

A Minolta cég által gyártott SPAD-502-es (Minolta Camera Co., Osaka, Japan) műszer a levél „zöldességét” méri (Minolta, 1990). Ezt a „zöldességet” és a spektrofotométerben mért acetonos kivonatú klorofilltartalmak közötti összefüggést Marquard és Tipton (1987) vizsgálták, megállapították, hogy az értékek között szignifikáns összefüggés volt.

Működési elvét Inada (1963) fejlesztette ki, alapja, hogy a műszer meghatározza a 650, valamint a 940 nm-es hullámhosszon a fény áthatolását a levélen. Méri a levél 2 x 3 mm-es felületén áthaladó vörös és közeli infravörös spektrum hányadát (Schröder et al. 2000). A kibocsátott és beérkező fény intenzitásából a műszer relatív klorofilltartalmat azaz SPAD értéket számol, mely 1-100 között változhat.

Ezáltal  $SPAD = NIR/RED$ , ahol,  $NIR$  = a levélen áthaladt közeli infravörös (940 nm) fény intenzitása és  $RED$  = a levélen áthaladó vörös (650 nm) fény intenzitása (Minolta Camera Co. Ltd., 1990).

#### **4.2.2. Szemtermés és nedvességmérés**

A kísérletet Sampo 2010 típusú kombájnnal takarítottuk be (9. ábra), melyben a beépített mérleggel történt a parcellánkénti hozamok mérése, valamint a későbbi beltartalom méréshez történő mintavétel. A hozamok kilogramm/parcella értékeit 15%-os nedvesség tartalom mellett tonna/hektár mértékegységre számoltuk át.



**9. ábra:** Sampo 2010 típusú kombájn (*Forrás: saját felvétel*)

A betakarított minták nedvességtartalmát és hektoliter tömegét DICKEY-John GAC 2100 típusú (10. ábra) gabona analizátorral végeztük, amely kapacitív és vezetőképesség elven működik, 5-45% nedvességtartományon belül, terménytől függően.



**10. ábra:** Dickey-John GAC 2100 gabona analizátor (*Forrás: saját felvétel*)

#### **4.2.3. Kísérleti adatok statisztikai értékelése**

A statisztikai vizsgálatot R 3.2.4. statisztikai környezetben (*R Core Team, 2016*) RStudio (*RStudio Team, 2016*) grafikus felülettel, "gplots" (*Warnes et. al., 2015*), "car" (*Fox és Weisberg, 2011*) és "agricolae" (*de Mendiburu, 2016*) csomagok felhasználásával végeztük. A grafikonokat Ms Excel 2010 programmal készítettük.

A mezőgazdaságban előforduló sok biológiai és környezeti változó miatt az elsőfajú hibát 10%-nak ( $\alpha = 0,1$ ) választottuk, így csökkentve a másodfajú hiba

elkövetésének valószínűségét. Ezáltal nagyobb eséllyel lehet különbségeket kimutatni a kezelések hatásai között.

A műtrágyázás és a SPAD értékek összefüggésének, valamint az öntözés és a SPAD értékek vizsgálatára ismételt mérési modellt alkottunk *Huzsvai és Balogh (2015)* példája alapján. Az ismételt mérési modell példa kódja R statisztikai környezetben:

```
modell<-  
aov(ismételt_mérési_változó~kezelés*mérési_időpontok+Error(egyedi_azonosító/mérés  
i_időpontok), data=forrás_adatbázis))  
summary(modell)
```

Az ismételt mérési változó ebben a modellben a mért SPAD érték, a kezelés jelöli a műtrágya dózisokat, a mérési időpont az egyes fenológiai stádiumokat, azaz a V6, V12, R1 fázisokat. A +Error definiálja a modell hibáját, amely magában foglalja a minden évben vizsgált növények egyedi azonosítóját, valamint a fenológiai fázisokat, a data= pedig a forrás adatbázist jelöli. A summary parancs jeleníti meg a modell varianciaanalízis eredményét.

Az évjáratok termésre gyakorolt hatásának elemzésére szintén ismételt mérési modellt használtunk a dolgozatban, ahol az időtényező az egyes vizsgálati évek:

```
modell<-  
aov(ismételt_mérési_változó~kezelés*év+Error(egyedi_azonosító/mérési_időpontok),  
data=forrás_adatbázis))  
summary(modell)
```

A műtrágyázás és a termés kapcsolatához varianciaanalízist végeztünk, *Huzsvai (2013)* modelljét felhasználva. A split-strip plot varianciaanalízis példája R statisztikai környezetben:

```
model<- aov(vizsgált_változó ~ (főparcella*osztó_parcella*osztó-osztó_parcella) +  
Error(ismétlés/főparcella/(osztó_parcella*osztó-osztó_parcella),  
data=forrás_adatbázis))  
summary(modell)
```

Ahol a vizsgált változó a mért termés értékek, a ~ jel után pedig az osztott sávós (split-strip plot) kísérleti elrendezést figyelembe véve kísérleti főparcellaként a hibridet, osztóparcellaként az öntözést és osztó-osztó parcellaként a műtrágyázást vizsgáltuk, amellyel a műtrágyázás hatását lehet nagyobb pontossággal becsülni. A +Error itt is a modell hibáját definiálja, amelyben a kísérleti ismétlést követi a főparcella, valamint az elrendezésnek megfelelő fő-, osztó-, és osztó-osztó parcella.

Külön öntözetlen és öntözött körülmények között a műtrágyák és hibridek hatását a termésre osztott parcellás kísérleti elrendezés (split-plot) mellett végeztük.

A split plot varianciaanalízis példája R statisztikai környezetben:

```
modell<-aov(vizsgált_változó~főparcella*osztó_parcella+Error(ismetles/főparcella),  
data=forrás_adatbázis)  
summary(modell)
```

A mért SPAD értékek és a termés adatok középérték összehasonlítását Student-Newman-Keuls (SNK) módszerével végeztük, amelyben meghatároztuk a legkisebb szignifikáns differenciát. A módszer elsőfajú hibája összehasonlításonként rögzített, így a teljes vizsgálat elsőfajú hibája az elemszámmal nő, azonban ez a módszer szigorúbb, mint a Duncan teszt (Huzsvai, 2013). R statisztikai környezetben az ismételt mérési modell, valamint a split-strip varianciaanalízis minden egyes post hoc tesztjéhez a szabadsági fokokat (df) és a négyzetösszeg hibákat (MSE) egyedileg lehet definiálni, melyet a következő kóddal végeztük minden modellre külön-külön (Huzsvai és Balogh, 2015):

```
df=df.residual(modell$"hiba:hiba")  
mse=deviance(modell$"hiba:hiba")/df  
SNK <- with(adatbázis, SNK.test(függő_változó, modellből_a_szignifikáns_hatás, df,  
mse, console = T))
```

Lineáris regresszióanalízist végeztünk a mért SPAD értékek és a termés kapcsolatának vizsgálatára, melynek kódja az R statisztikai környezetben a következő:

```
model <- with(adatbázis, lm(termes ~ SPAD értékek))  
summary(model)  
anova(model)
```

### 4.3. ÖKONÓMIAI SZÁMÍTÁSOK

A kísérletben felhasznált műtrágya dózisok és terméseredmények alapján ökonómiai vizsgálatokat is végeztünk. A számításokat 2016. novemberi üzemi árak mellett végeztük és figyelembe vettük a közvetett költségeket is. Tekintettel arra, hogy a kutató intézet költségei aránytalanul magasak a nagyfokú rezsi- és élőmunka költségek miatt, így az ágazatra jellemző általános költségeket vettük alapul.

A közvetlen költségek az anyagjellegű költségek, a gépi munka költségek, a személyi jellegű költségek és az egyéb költségek összegeként számolhatóak. Számítási módja:

**Közvetlen költség** = Anyag jellegű + Gépi munkák + Személyjellegű + Egyéb

Az általános költség a közvetlen költségek 10%-aként került megállapításra:

**Általános költségek** = Közvetlen költségek \* 0,1

A termelési költség az általános költségek és a közvetlen költségek összege:

**Termelési költség** = Általános költségek + Közvetlen költségek

A költségarányos jövedelem megmutatja, hogy a bemutatott modellszámítás egy hektárjára jutó termelési költség hány százalékát teszi ki az ugyanezen az egy hektáron képződött jövedelem. Vagyis, száz egység termelési költséggel hány egység jövedelem állítható elő. Számítási módja:

$$\text{Költségarányos jövedelem} = \frac{\text{Jövedelem} \left( \frac{Ft}{ha} \right)}{\text{Termelési költség} \left( \frac{Ft}{ha} \right)} * 100$$

A költségszint mutató segítségével határoztuk meg, hogy az egy hektáron megtermelt termelési érték hány százalékát teszik ki a termelési költségek. A mutató kifejezi, hogy a termelési érték mekkora része termelési költség:

$$\text{Költségszint} (\%) = \frac{\text{Termelési költség} \left( \frac{Ft}{ha} \right)}{\text{Termelési érték} \left( \frac{Ft}{ha} \right)} * 100$$

Az önköltségszámítás egy termékegységre vetítve mutatja meg annak termelési költségét. Számítási módja:

$$\text{Önköltség} \left( \frac{\text{Ft}}{\text{kg}} \right) = \frac{\text{Termelési költség} \left( \frac{\text{Ft}}{\text{ha}} \right)}{\text{Hozam} \left( \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right)}$$

Az árbevétel az értékesített termés hozama és az eladási ár szorzata:

$$\text{Árbevétel} = \text{Hozam} * \text{Piaci ár}$$

A termelési érték számítása során az árbevétel mellett a külön hozamtartalommal nem rendelkező tényezőket is figyelembe kell venni, például terület alapú támogatást. A számításunk 70000 Ft támogatással kalkulál:

$$\text{Termelési érték} = \text{Árbevétel} + \text{Egyéb hozamtartalommal nem rendelkező tényezők}$$

A jövedelem számítása során meghatározzuk, hogy a gazdaság nyereséges, vagy veszteséges, azaz az eredményét az adott termesztési ciklust tekintve, amely a termelési érték és a termelési költségek különbözete:

$$\text{Jövedelem} = \text{Termelési érték} - \text{Termelési költségek}$$

A tevékenységi jövedelem mutatja meg, hogy csupán a termelésből – támogatások és egyéb hozamtartalommal nem rendelkező bevételek (pl. biztosítási kártérítés) nélkül – mekkora jövedelmet ér el a gazdaság.

$$\text{Tevékenységi jövedelem} = \text{Árbevétel} - \text{Termelési költségek}$$

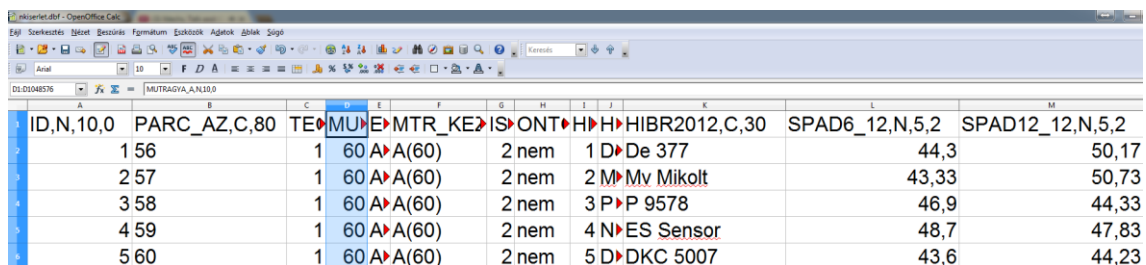
A fedezeti pont az adott piaci árak között meghatározza azt a hozamot, mely mellett egy hektáron már nem termel a gazdaság veszteséget, de még nyereséget sem tud realizálni. Számítási módja:

$$\text{Fedezeti pont} \left( \frac{\text{t}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Termelési költség} \left( \frac{\text{Ft}}{\text{ha}} \right) - \text{Terület alapú támogatás} \left( \frac{\text{Ft}}{\text{ha}} \right)}{\text{Hozam piaci ára} \left( \frac{\text{Ft}}{\text{t}} \right)}$$

#### 4.4. A KÍSÉRLETI ADATOK TÉRINFORMATIKAI MEGJELÉNÍTÉSE

A térinformatikai környezetben való adatbevitelre, és ezek megjelenítésére a Quantum GIS-t (*Quantum GIS Development Team, 2016*) használtuk. A parcellák körvonalait GPS segítségével felvételeztük és Quantum GIS 2.8.1. térinformatikai program, valamint ennek a segítségével készítettük el az egyes parcellákra az eloszlási térképet. Az adatok bevitelére az OpenOffice Calc programot alkalmaztuk, ami ingyenes alternatívája az Ms Excelnek.

**Térinformatikai adatbázis létrehozás módszere:** Az általunk használt *long* típusú adatbázisból alakítottuk át GIS tárolási módra az adatbázist, melyhez egy R scriptet készítettünk (1. mellékletben). Ez a kód évekre lebontva megfelelően rendezi az adatbázist, és így az minden évre külön egy-egy csv kiterjesztésű kimeneti fájlt készít. Az egyes parcellákhoz tartozó adatsorok megkeresése egyedi azonosító bevezetésével történt, azaz minden parcellához egyedi azonosítót rendeltünk, és ugyanezt az adatbázisban is bevezettük. OpenOffice Calc program egyszerűen és megfelelően kezeli a dbf fájlokat, valamint a csv fájlok megnyitásakor is egyedileg megadható az oszlop és a tizedes elválasztó. Ennek segítségével a parcella körvonalakhoz tartozó dbf adatbázis soraihoz megfelelő sorrendben csatoltuk az eredeti adatbázisból leszűrt adatsorokat (11. ábra).



ID,N,10,0	PARC_AZ,C,80	TE	MUN	E	MTR	KE	IS	ONT	H	H	HIBR	SPAD6_12,N,5,2	SPAD12_12,N,5,2
1	56	1	60	A	A(60)	2	nem	1	D	De	377	44,3	50,17
2	57	1	60	A	A(60)	2	nem	2	M	Mv	Mikolt	43,33	50,73
3	58	1	60	A	A(60)	2	nem	3	P	P	9578	46,9	44,33
4	59	1	60	A	A(60)	2	nem	4	N	ES	Sensor	48,7	47,83
5	60	1	60	A	A(60)	2	nem	5	D	DKC	5007	43,6	44,23

11. ábra: A Quantum GIS-hez megfelelő adatbázis szerkezet OpenOffice Calc-ban  
(Forrás: saját felvétel)

Így a QGIS adatbeviteli felületét megkerülve, nagymennyiségű adat csatolható az egyes parcella körvonalakhoz.

**Térképi megjelenítés:** Az eloszlási térképeket a QGIS beépített kategorizálásával, a megfelelő attribútum oszlop felhasználásával készítettük, amelyeket azután \*.png kiterjesztésű képekként használtunk fel a dolgozatban.

## 5. EREDMÉNYEK

### 5.1. AZ ALAP- ÉS FEJTRÁGYÁZÁS, A FENOLÓGIAI FÁZIS ÉS AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICA KLOROFILLTARTALMÁRA

A kutatás során arra szerettünk volna választ kapni, hogy az alap- és fejtrágyázás, a fenológiai fázis, az öntözés, valamint az évjárat hogyan befolyásolják a kukorica állományban különböző fenológiai fázisaiban mért SPAD értéket.

#### 5.1.1. Az alap- és fejtrágyázás, valamint a fenológiai fázisok hatása a kukorica klorofill-koncentrációjára eltérő öntözési változatokban

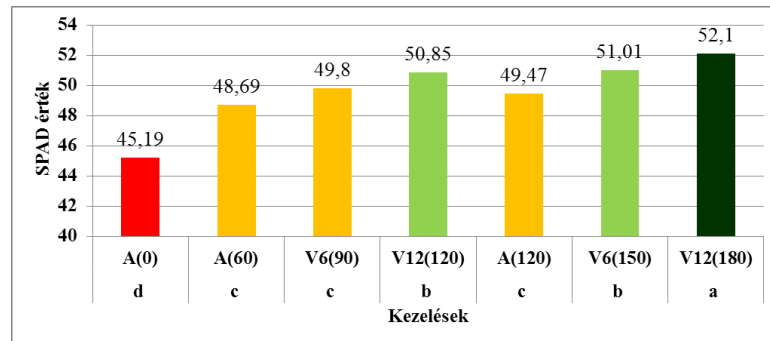
Elemeztük a műtrágyázás hatását a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között. A vizsgált három év átlagában az ismételt mérési modell eredményei alapján Schepers et al. (1996) és Berenguer et al. (2008), valamint Berenguer et al. (2009) és Mansouri-Far et al. (2010) eredményeihez hasonlóan, a műtrágya-dózis növekedése 0,1% szignifikancia szint mellett befolyásolta SPAD értékeket. Emellett a fenológiai fázis, valamint ezek kölcsönhatásai is szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) befolyásolták a SPAD értékeket (3. táblázat) szárazgazdálkodás mellett.

**3. táblázat:** A N-műtrágyázás és a fenológiai fázis hatás a SPAD értékekre a vizsgált évek és genotípusok átlagában, öntözetlen körülmények mellett (Látókép, 2012-2014)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
Kezelés	6	16259	2709,9	53,72	$< 2 * 10^{-16} ***$
Maradék	803	40506	50,4		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
Fenológiai fázis	2	15284	7642	377,9	$< 2 * 10^{-16} ***$
Kezelés x Fenológiai fázis	12	6519	543	26,86	$< 2 * 10^{-16} ***$
Maradék	1606	32477	20		
Szignifikancia: *** 0,1%					

A kezelések relatív klorofilltartalomra gyakorolt hatását post hoc teszttel vizsgáltuk, amely során 4 homogén csoportot kaptunk eredményül, melyek egymástól szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) különböztek (12. ábra). A trágyázatlan parcelláktól valamennyi műtrágya-dózis SPAD értéke eltért. A legnagyobb SPAD értéket –öntözetlen körülmények között– a V12<sub>(180)</sub> kezelés mellett mértük, melynek értéke átlagosan 52,1 SPAD érték volt. A V12<sub>(120)</sub> kezelés szignifikánsan, átlagosan 1,38-cal

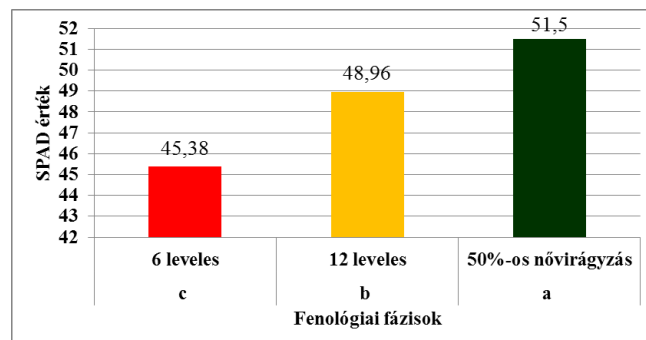
nagyobb SPAD értékeket eredményezett, mint az A<sub>(120)</sub>. Így a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap-+30+30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya szignifikánsan jobban növelte a SPAD értékeket, mint a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya öntözetlen körülmények mellett. *Schepers et al.* (1996), *Berenguer et al.* (2008) és *Berenguer et al.* (2009) eredményeihez hasonló tendenciát figyeltünk meg a SPAD értékekben, a műtrágya szintek emelkedésével öntözetlen körülmények között. Hasonlóan *Nagy* (2010) eredményeihez, a legkisebb klorofilltartalmat a műtrágyázatlan kontroll parcellákon mértük.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**12. ábra:** A N-műtrágya kezelések hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között genotípusok és fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2012-2014)

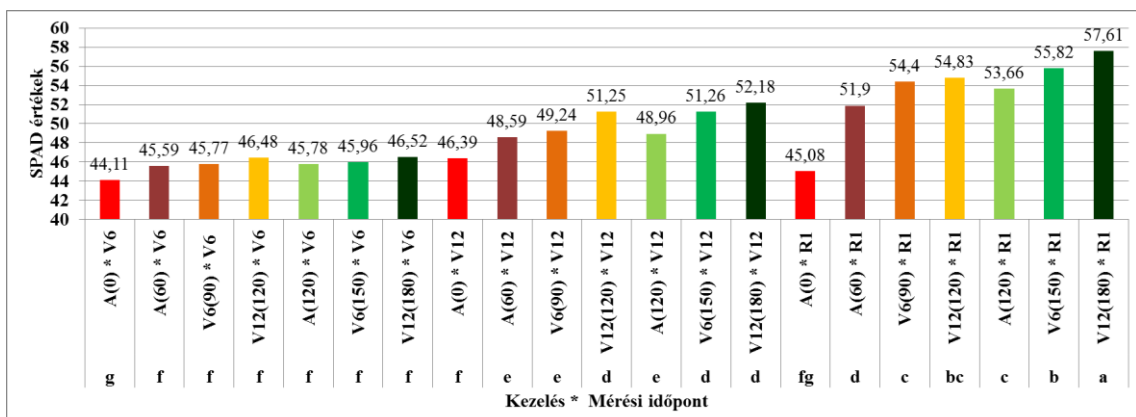
A SPAD értékeket a fenológiai fázis is befolyásolta, melynek hatását a 13. ábra mutatja be. A post hoc teszt során három homogén csoportot kaptunk eredményül, melyek szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) különböztek egymástól. A legnagyobb, átlagosan 51,50 SPAD értéket az 50%-os nővirágzás (R1) mellett mértük. Ettől az értéktől 2,64 SPAD értékkel volt kisebb a 12 leveles (V12) állapotban mért 48,96 SPAD érték. A legkisebb átlagosan 45,38 SPAD értéket 6 leveles (V6) állapotban mértük az öntözetlen parcellákon.



Jelmagyarázat: Az eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

**13. ábra:** A mérések időzítésének hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között, N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2012-2014)

A műtrágyázás és a fenológiai fázis kölcsönhatása is szignifikánsan befolyásolta a mért SPAD értékeket. A műtrágya szintek emelkedésével növekedtek az egyes időpontokban mért SPAD értékek, kivéve a műtrágyázatlan parcellákon, amely esetben a legnagyobb klorofill-koncentrációt a 12 leveles (V12) állapotban mértük (14 ábra). A műtrágyázatlan parcellák 50%-os nővirágzásban mért SPAD érték csökkenése nyitja a „SPAD – ollót”, a legnagyobb SPAD értéket (57,61) R1 fenofázisban, a V12<sub>(180)</sub> kezelés mellett mértük, mely szignifikánsan különbözött az 50%-os nővirágzásban mért V6<sub>(150)</sub> kezelés melletti értéktől. A legkisebb (44,11) SPAD értéket 6 leveles (V6) állapotban a 2011 óta műtrágyázatlan kontroll parcellán mértük, amelytől nem különbözött szignifikánsan az R1 stádiumban a kontroll parcellákon mért 45,08 SPAD érték. Az A<sub>(120)</sub> kezelés 50%-os nővirágzásban 1,48 SPAD értékkel maradt el a V12<sub>(180)</sub> kezelés 12 leveles állapotban mért értékétől. 12 leveles állapotban a kontroll parcellákon mért 46,39 értékhez képest 50%-os nővirágzáskor 45,08 SPAD értéket mértünk, mely csak 0,97-tel haladta meg a legkisebb 44,11-es SPAD értéket, ami nem szignifikáns különbség.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

**14. ábra:** A N-műtrágya és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között genotípus átlagában (Látókép, 2012-2014)

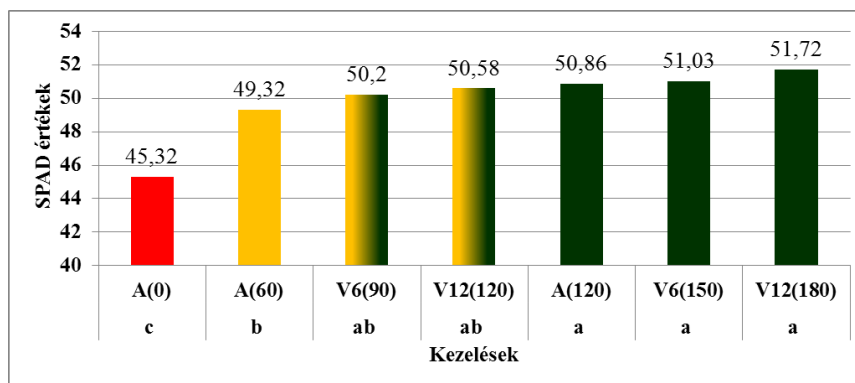
Vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a SPAD értékekre *öntözött* körülmények között is, amely alapján a vizsgált három év átlagában *Schepers et al.* (1996), *Berenguer et al.* (2008) *Berenguer et al.* (2009), valamint *Ványiné et al.* (2012a) és *Mansouri-Far et al.* (2010) eredményeihez hasonlóan a műtrágya-adagok szignifikánsan hatottak a SPAD értékekre. A fenológiai fázisok, valamint a két tényező kölcsönhatása is szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) befolyásolták a SPAD értékeket (4. táblázat).

**4. táblázat:** A N-műtrágyázás és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények mellett, a vizsgált évek és genotípusok átlagában (Látókép, 2012-2014)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Kezelés</b>	6	16061	2676,9	45,7	$<2*10^{-16}***$
<b>Maradék</b>	803	47033	58,6		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	22074	11037	594,4	$<2*10^{-16}***$
<b>Kezelés x Fenológiai fázis</b>	12	6039	503	27,1	$<2*10^{-16}***$
<b>Maradék</b>	1606	29820	19		
Szignifikancia: *** 0,1%					

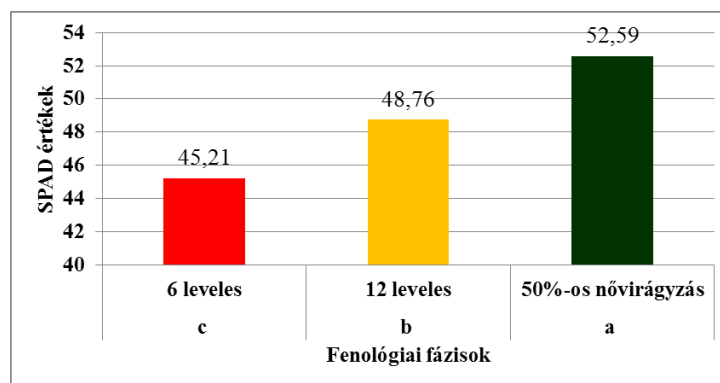
A kezelések SPAD értékekre gyakorolt hatását post hoc teszttel vizsgáltuk, mely során három homogén csoportot, valamint két nem elkülöníthető csoportot kaptunk eredményül. A különböző betűvel jelölt csoportok szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) különböznek egymástól. A legkisebb SPAD értéket a műtrágyázatlan kontrollban mértük, amelytől a többi műtrágya-kezelés szignifikánsan különbözött. A legnagyobb SPAD értéket a V12<sub>(180)</sub> kezelés mellett mértük (51,72), mely szignifikánsan különbözött az A<sub>(60)</sub> kezeléstől. A V12<sub>(120)</sub> és V6<sub>(90)</sub> nem különbözött megbízhatóan sem a V12<sub>(180)</sub>, V6<sub>(150)</sub>, A<sub>(120)</sub> csoporttól, sem pedig az A<sub>(60)</sub> kezeléstől. Ez alapján elmondható, hogy öntözött körülmények között a kisebb dózisú alap- (60 kg N ha<sup>-1</sup>), valamint alap- és fejtrágya (60+30 kg N ha<sup>-1</sup>) hatása a klorofill-koncentrációra nem különült el egymástól (15. ábra). A 120 kg N ha<sup>-1</sup> (A<sub>(120)</sub>) alaptrágya 0,28 SPAD értékkel nagyobb volt, mint a 60 alap- + 30 + 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya-kezelés (V12<sub>(120)</sub>). A V12<sub>(180)</sub>, V6<sub>(150)</sub> és A<sub>(120)</sub> kezelés nem különbözött egymástól, azaz 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya feletti dózisok már nem növelték öntözött körülmények között a SPAD értéket. *Schepers et al.* (1996), *Berenguer et al.* (2008) és *Berenguer et al.* (2009) eredményeihez hasonló tendenciát figyeltünk meg a SPAD értékekben a műtrágya szintek emelkedésével öntözött körülmények között.

A különböző fenológiai fázisokban mért SPAD értékek szignifikánsan különböztek egymástól. A legnagyobb SPAD értéket (52,59) 50%-os növirágzásban mértük, ettől 3,83 értékkel volt kisebb a 12 leveles állapotban (48,76) mért érték. A legkisebb 45,21 SPAD érték 6 leveles állapotban volt (16. ábra).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**15. ábra:** A N-műtrágya kezelések hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között, genotípusok és fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2012-2014)

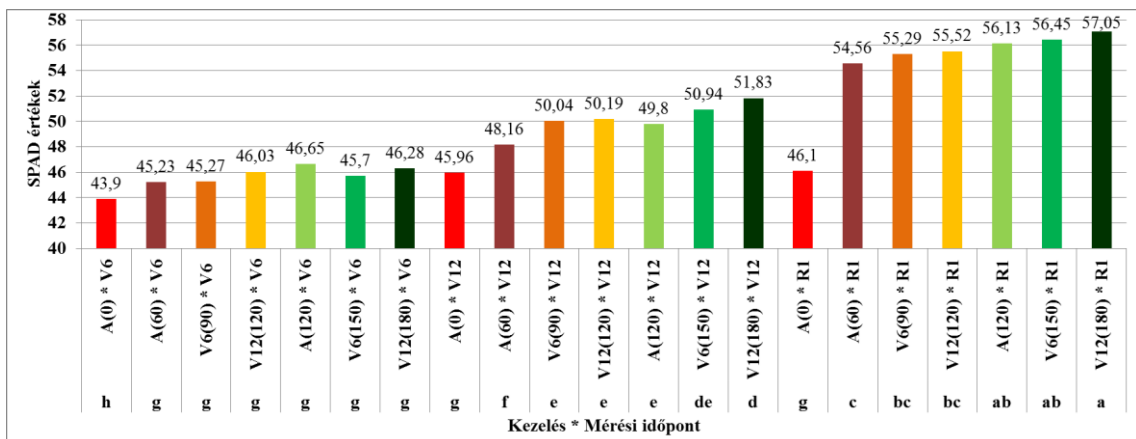


Jelmagyarázat: Eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

**16. ábra:** A mérések időzítésének hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között, N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2012-2014)

A műtrágyázás és a fenológiai fázis interakciója is befolyásolta a SPAD értékeket öntözött körülmények között. A kukorica növekedésének előre haladtával itt is növekedtek az egyes műtrágyaszintekre vonatkozó SPAD értékek. A legkisebb érték a kontroll parcellán 6 leveles állapotban (43,90) volt, melytől a többi műtrágya-dózis és fenológiai fázis kapcsolat szignifikánsan eltért. A legnagyobb 57,05 SPAD értéket az öntözetlen kezeléshez hasonlóan a V12<sub>(180)</sub> kezelés mellett 50%-os nővirágzásban mértük. Azonban ezt nem lehetett statisztikailag elkülöníteni a szintén 50%-os nővirágzásban mért V6<sub>(150)</sub> kezeléstől (56,45) és A<sub>(120)</sub> kezelés mellett mért 56,13-as értéktől. A V6<sub>(150)</sub> és A<sub>(120)</sub> értékei nem különböztek sem egymástól, sem a V12<sub>(120)</sub> és V6<sub>(90)</sub> kezeléstől 50%-os nővirágzás állapotában. Az A<sub>(60)</sub> kezelés SPAD értéke nem volt elkülöníthető a V12<sub>(120)</sub>, valamint V6<sub>(90)</sub> kezeléstől az 50%-os nővirágzásban.

Azonban az  $A_{(60)}$  kezelés 50%-os növirágzásban szignifikánsan nagyobb (54,56) volt, mint 12 leveles állapotban a  $V12_{(180)}$  kezelés SPAD értéke. 12 leveles állapotban a  $V12_{(180)}$  kezelésben 0,89 SPAD értékkel nagyobb értéket mértünk, mint a  $V6_{(150)}$  kezelésben (50,19), azonban ez nem volt statisztikailag szignifikáns különbség (17. ábra). A  $V6_{(150)}$  kezelésben kapott érték 0,75-tel volt nagyobb, mint  $V12_{(120)}$  kezelés SPAD értéke (50,19) 12 leveles állapotban. A  $V12_{(120)}$ ,  $V6_{(90)}$  és az  $A_{(120)}$  műtrágya-kezelés nem különbözött szignifikánsan egymástól 12 leveles állapotban, azonban ezektől eltért az  $A_{(60)}$  kezelés.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

**17. ábra:** A N-műtrágya és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között, genotípusok átlagában (Látókép, 2012-2014)

### 5.1.2. Az öntözés és a fenológiai fázisok hatása a relatív klorofilltartalomra a vizsgált évek átlagában

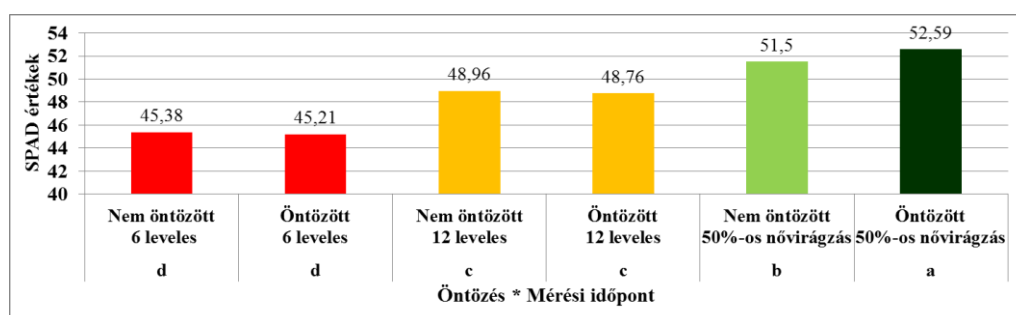
A vizsgált évek és műtrágya-kezelések átlagában elemeztük az öntözés hatását, aminek Nagy (2010) eredményeivel ellentétben nem volt statisztikailag igazolható hatása a relatív klorofilltartalomra. A fenológiai fázis ( $P < 0,001$ ) valamint az öntözés és a fenológiai fázis kapcsolata is ( $P < 0,001$ ) szignifikánsan befolyásolta a SPAD értékeket (5. táblázat).

A fenológiai fázisok közül – az évek átlagában – a legnagyobb SPAD értékeket (52,04) R1 szakaszban mértük, ami szignifikánsan nagyobb volt mind a 12 leveles (48,86), mind a 6 leveles (45,3) állapotban mért értékektől.

**5. táblázat:** Az öntözés és fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre évek, kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2012-2014)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Öntözés</b>	1	69	69,00	0,931	0,335 <sup>ns</sup>
<b>Maradék</b>	1618	119859	74,08		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	36915	18458	797,910	2*10 <sup>-16</sup> ***
<b>Öntözés x Fenológiai fázis</b>	2	443	221	9,575	7,14*10 <sup>-5</sup> ***
<b>Maradék</b>	3236	74856	23		
Szignifikancia: ns = nem szignifikáns, *** 0,1%					

Vizsgáltuk az öntözés és a fenofázis interakcióját ( $P < 0,001$ ), az egyes fenofázisok között volt statisztikai ( $P < 0,001$ ) különbség, azonban az öntözés-kezelések között csak R1 szakaszban szignifikáns ( $P < 0,001$ ) a különbség (18. ábra). A műtrágya-kezelések átlagában nem volt kimutatható öntözéshatás, eltérően *Mansouri-Far et al.* (2010) eredményeitől. Azonban ennek oka, hogy a kísérlet öntözése V12 és R1 fenofázis közötti időintervallumban történt, így R1 időpontban figyelhető meg az öntözés relatív klorofilltartalom növelő hatása. Eredményeink megegyeztek *Schepers et al.* (1996), valamint *Brevedan és Egli* (2003) eredményeivel, miszerint a vízhiány csökkentette a SPAD értéket.



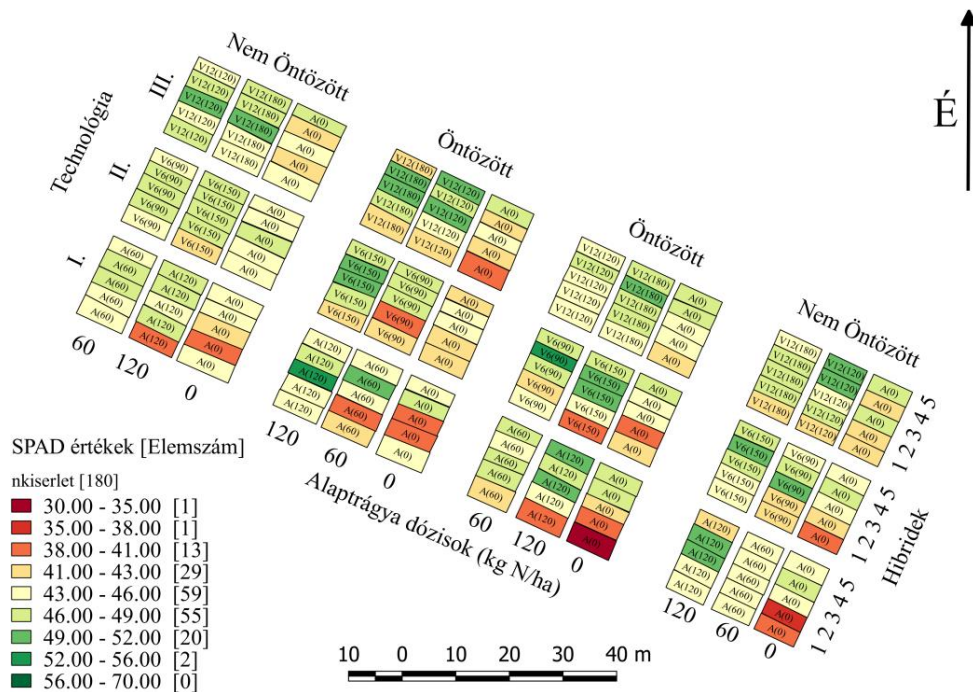
Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**18. ábra:** Az öntözés és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2012-2014)

### 5.1.3. Alap- és fejtrágyázás, az öntözés, valamint a fenológiai fázisok hatása a kukorica klorofill-koncentrációjára különböző évjáratokban

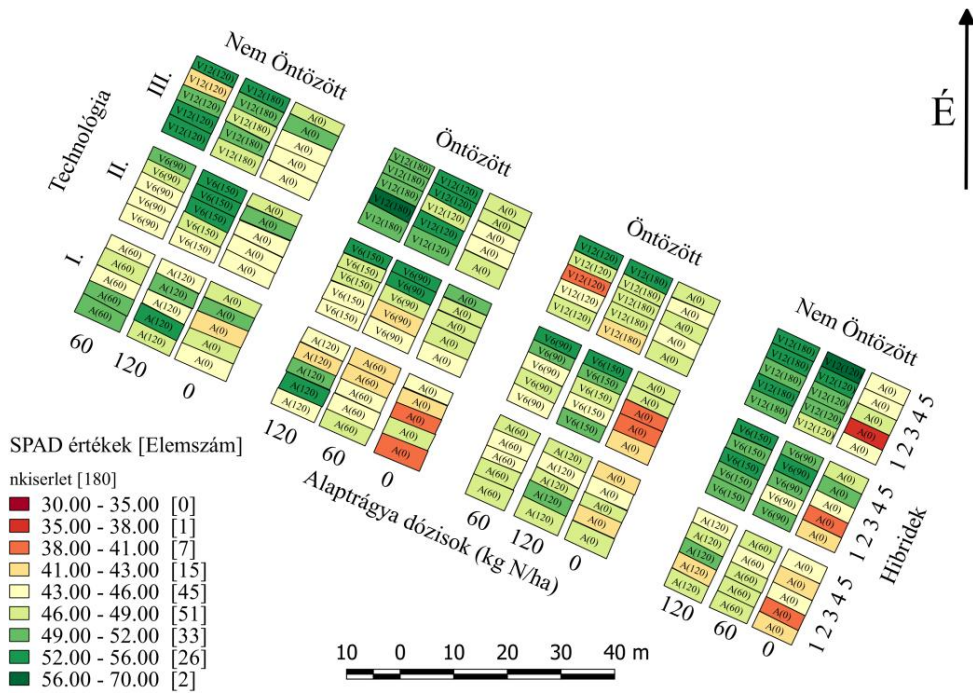
A műtrágyázás hatását a SPAD értékekre eltérő csapadékelátottságú évjáratokban vizsgáltuk. Az eredményeket évenként elemeztük és fenológiai fázisonként parcellánkénti eloszlástérképpel szemléltettük.

**2012.** évben 6 leveles fenológiai fázisban a műtrágyázatlan kontroll parcellákon kisebb SPAD értékeket mértünk, mint a műtrágyával kezelt parcellákon (19. ábra). Öntözetlen körülmények mellett nem figyelhető meg különbség a műtrágyával kezelt parcellák SPAD értékei között. Öntözött körülmények között viszont, a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya dózissal kezelt parcellák SPAD értékei nagyobbak.



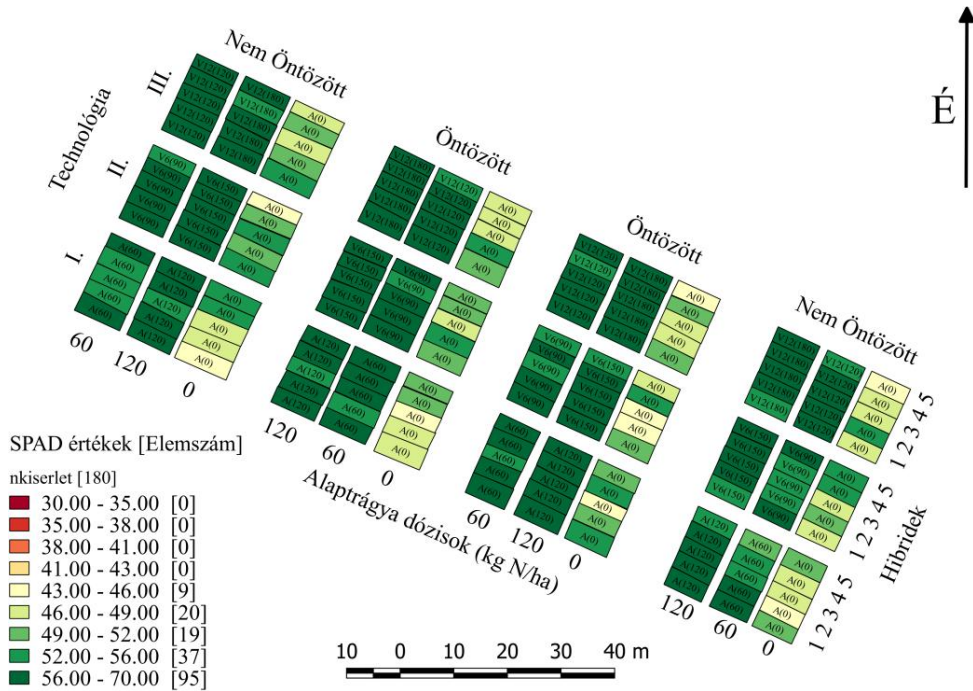
**19. ábra:** SPAD értékek térbeli eloszlása 6 leveles állapotban (Látókép, 2012)

**12 leveles** állapotban a nagyobb dózisu fejtrágyázott kezelések mellett nagyobb SPAD értéket figyeltünk meg. Azonban a 12 leveles állapotban kijuttatott fejtrágyák hatása itt figyelhető meg a legjobban, mivel a mérések és a fejtrágyázás időpontja között eltelt idő alatt még nem hasznosult (20. ábra).



20. ábra: SPAD értékek térbeli eloszlása 12 leveles állapotban (Látókép, 2012)

A 2012-es évjáratban, az R1 növekedési szakaszban már a térképen is megfigyelhető a 12 leveles állapotban kijuttatott fejtrágyázás relatív klorofilltartalom növelő hatása. Az A<sub>(60)</sub>, azaz a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágyával kezelt parcellákon a mért SPAD értékek jól elkülöníthetők a nagyobb műtrágya-kezelésektől (21. ábra). A 120 kg N ha<sup>-1</sup> feletti műtrágya-kezelésekben nagyobb SPAD értékeket mértünk.



21. ábra: SPAD értékek térbeli eloszlása 50%-os nővirágzás állapotban (Látókép, 2012)

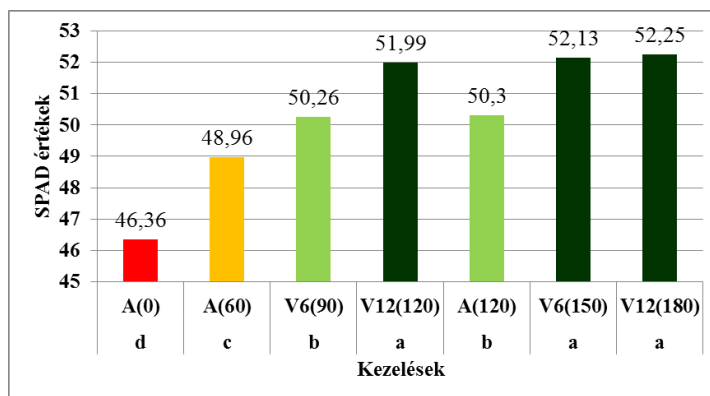
A statisztikai elemzés során külön vizsgáltuk a műtrágya-kezelések hatását öntözetlen és öntözött körülmények között a SPAD értékekre 2012-ben. Az öntözetlen parcellákon a műtrágya-kezelések, a fenológiai fázis, valamint ezek kölcsönhatásai is szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) befolyásolták a SPAD értékeket (6. táblázat).

**6. táblázat:** A N-műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között, genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Kezelés</b>	6	4658	776,3	43,22	$< 2 * 10^{-16} ***$
<b>Maradék</b>	263	4724	18		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	13461	6731	481,575	$< 2 * 10^{-16} ***$
<b>Kezelés x Fenológiai fázis</b>	12	1254	105	7,479	$8,29 * 10^{-13} ***$
<b>Maradék</b>	526	7351	14		
Szignifikancia: *** 0,1%					

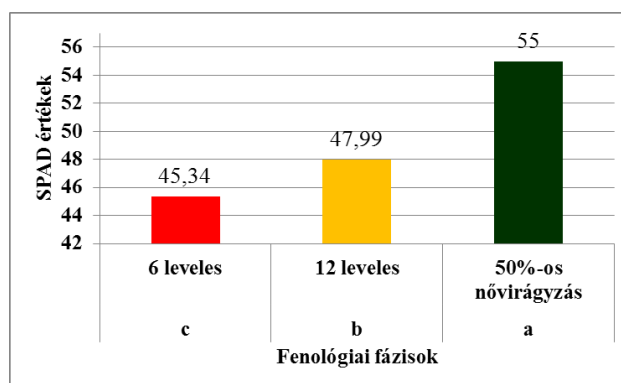
A post hoc teszt alapján elmondható, hogy 2012-ben minden kezelés szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) növelte a klorofill-koncentrációt a műtrágyázatlan kontrollhoz képest. Az  $A_{(60)}$  kezelésben 2,6 értékkel mértünk nagyobb SPAD értékeket, mint a kontroll parcellákon. A  $V6_{(90)}$  kezelésben szignifikánsan nagyobb (1,3) klorofilltartalmat mértünk, mint az  $A_{(60)}$  kezelésben. A  $V6_{(90)}$  és az  $A_{(120)}$  kezelés között nem volt statisztikailag kimutatható különbség. Külön csoportot alkotott a  $V12_{(120)}$ ,  $V6_{(150)}$  és a  $V12_{(180)}$  kezelés, melyek egymástól nem, azonban minden más műtrágya-kezeléstől szignifikánsan különböztek. A legnagyobb SPAD értéket (52,25) a  $V12_{(180)}$  kezelésben, azaz a legnagyobb dózisu 120 kg N ha<sup>-1</sup> alap-+30+30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya mellett mértük. A  $V12_{(120)}$  kezelés szignifikánsan, átlagosan 1,69 SPAD értékkel növelte a klorofill-koncentrációt az  $A_{(120)}$  kezeléshez képest. Ezek alapján a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap- +30 +30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya jobban hasznosult öntözetlen körülmények között, mint a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya (22. ábra).

A post hoc teszt által is igazolt módon a növény növekedésével növekedett a klorofill-koncentráció a levelekben, a legkisebb SPAD értéket (45,34) 6 leveles állapotban mértük. A 12 leveles állapotban mért relatív klorofill-koncentrációk statisztikailag igazolhatóan 2,65 SPAD értékkel voltak nagyobbak, mint a 6 leveles állapotban mért értékek. A legnagyobb értéket az R1 fenofázisban mértük, mely szignifikánsan nagyobb volt, mint a másik két fenológiai fázisban mért érték (23. ábra).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**22. ábra:** A N-műtrágya kezelések hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között, genotípusok és fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2012)

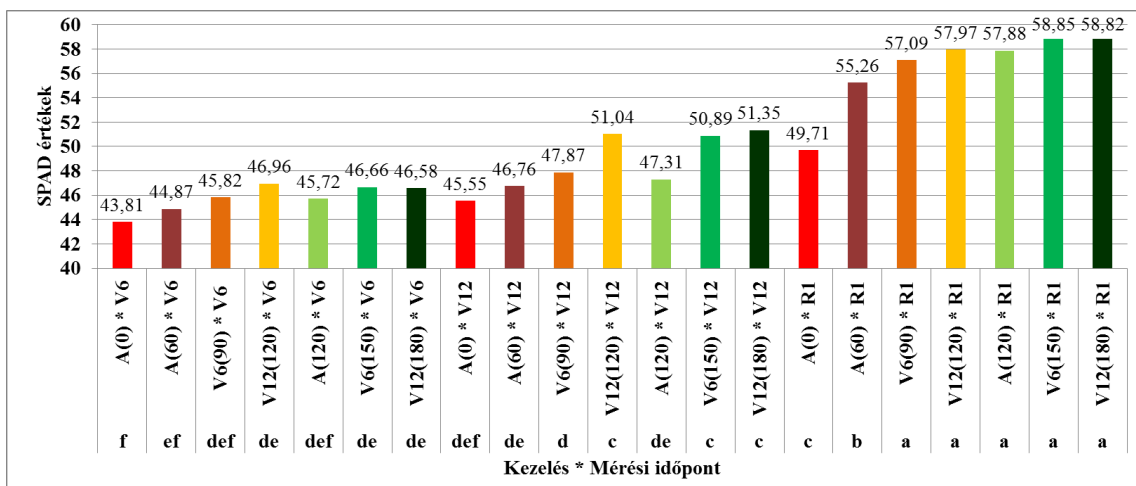


Jelmagyarázat: Eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

**23. ábra:** A mérések időzítésének hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények mellett, N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

Vizsgáltuk a fenológiai fázis és műtrágyázás hatását a SPAD értékekre. A vegetációs idő előrehaladtával a relatív klorofilltartalom a levelekben növekedett (24. ábra), így az eltérő fenológiai fázisokban azonos kezelés mellett is emelkedik a növény fejlődésével a klorofill-koncentráció. A post hoc teszt alapján minden műtrágya-kezelés különbözik a kezeletlen kontroll parcelláktól mindhárom fenológiai fázisban. A grafikonon jól látható, hogy a fenológiai fázis jobban befolyásolta a klorofill-koncentrációkat, mint a műtrágyázás. A legkisebb SPAD értéket (43,81) 6 leveles állapotban  $A_{(0)}$  kezelés mellett mértük, ami nem különbözött szignifikánsan az  $A_{(60)}$ ,  $A_{(120)}$ ,  $V6_{(90)}$  műtrágya-kezelésektől. Külön csoportot alkot 6 leveles fenológiai fázisban a  $V12_{(180)}$ , a  $V6_{(150)}$  és a  $V12_{(120)}$  kezelés, ez a csoport statisztikailag igazolhatóan különbözik a műtrágyázatlan kontroll parcelláktól. 12 leveles állapotban a legkisebb SPAD értéket (45,55) a

műtrágyázatlan parcellákon mértük. Ez az érték nem különbözik szignifikánsan a szintén 12 leveles állapotban mért  $A_{(60)}$ ,  $A_{(120)}$  és  $V6_{(90)}$  kezelésektől. A  $V6_{(150)}$ ,  $V12_{(120)}$  és  $V12_{(180)}$  kezelés csoport azonban statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint az  $A_{(60)}$ ,  $A_{(120)}$  és  $V6_{(90)}$  kezelés csoport. A  $V6_{(150)}$ ,  $V12_{(120)}$  és  $V12_{(180)}$  kezelés csoport 12 leveles állapotban mért értékei azonban nem különböztek az R1 fázisban a kontroll parcellákon mért értékektől. A nagyobb SPAD értékeket 50%-os nővirágzásban mértük, kivéve a műtrágyázatlan kontroll parcellákat. A legnagyobb SPAD értéket (58,85) a  $V6_{(150)}$  kezelés mellett kaptuk, amely nem különbözött szignifikánsan  $V12_{(180)}$ ,  $V12_{(120)}$ ,  $A_{(120)}$ , és a  $V6_{(90)}$  kezelésektől, azaz egy csoportot alkottak a Student – Newman – Keuls testben. Az R1 fenofázisban ettől a csoporttól szignifikánsan eltért az  $A_{(60)}$  kezelés. Ebben a műtrágya-kezelésben mért értékek (55,26) tartoztak a *Piekielek et al.* (1995) által ajánlott maximális 52-56 SPAD érték tartományba, amikor a kukoricának már nincs válaszreakciója a többlet nitrogén trágya hatására. Azaz ez a kezelés tekinthető ebben az évjáratban öntözetlen körülmények között a legjobbnak.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

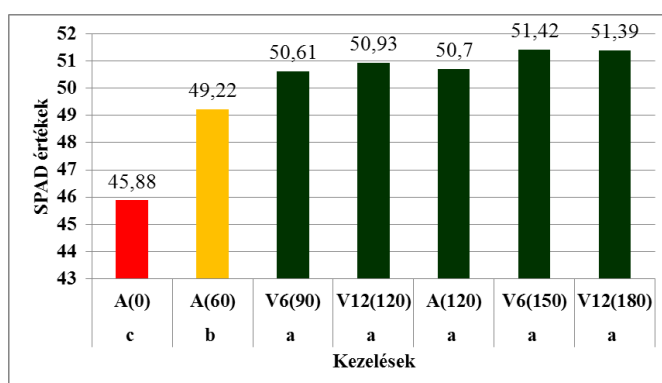
**24. ábra:** A műtrágyázás és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

A 2012-es évjáratban öntözött körülmények között az alap- és fejtrágyázás, a fenológiai fázis, valamint ezek kölcsönhatásai is 0,1% szignifikancia szinten befolyásolták a kukorica relatív klorofill-koncentrációját (7. táblázat).

**7. táblázat:** A N-műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények mellett, genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Kezelés</b>	6	4491	748,5	36,59	$<2*10^{-16}***$
<b>Maradék</b>	263	5381	20,5		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	14155	7078	441,543	$<2*10^{-16}***$
<b>Kezelés x Fenológiai fázis</b>	12	1610	134	8,373	$1,41*10^{-14}***$
<b>Maradék</b>	526	8431	16		
Szignifikancia: *** 0,1%					

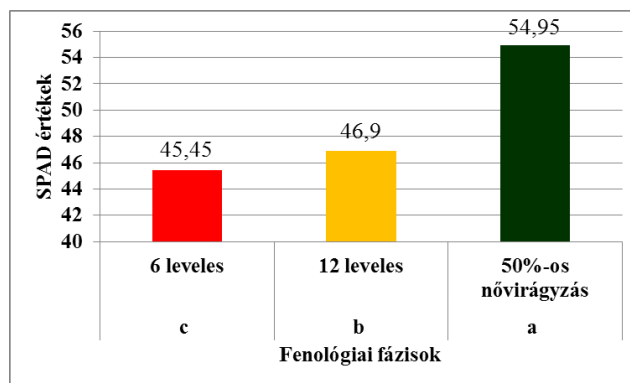
A Student – Newman – Keuls teszt alapján a mért SPAD érték minden műtrágyakezelésben szignifikánsan ( $P<0,001$ ) nagyobb volt, mint a kezeletlen parcellán (25. ábra). Az  $A_{(60)}$  műtrágya-kezelés volt statisztikailag elkülöníthető a többi kezeléstől. A  $V6_{(150)}$ ,  $V12_{(180)}$ ,  $V12_{(120)}$ ,  $A_{(120)}$  és  $V6_{(90)}$  kezelés nem különbözött szignifikánsan egymástól.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**25. ábra:** A N-műtrágya kezelések hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között, genotípusok és fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2012)

A legnagyobb SPAD értéket R1 fenológiai fázisban mértük (54,95), ez szignifikánsan ( $P<0,001$ ) nagyobb volt a többi fenológiai fázisban mért értékektől (26. ábra). A legkisebb statisztikailag is igazolt SPAD értékeket 6 leveles állapotban (45,45) mértük.



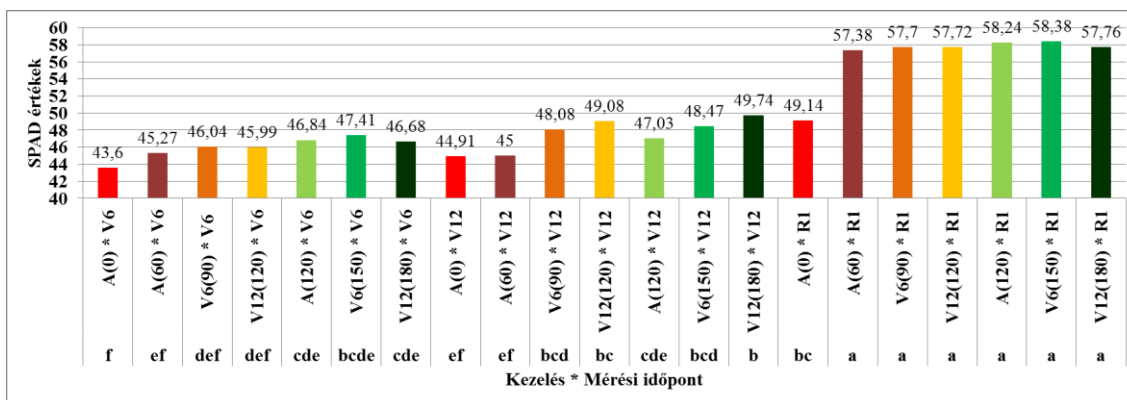
Jelmagyarázat: Eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

**26. ábra:** A mérések időzítésének hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények mellett N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

A műtrágyázás és a fenológiai fázis kapcsolata is hatással volt a SPAD értékekre, a nagyobb értékeket R1 fenofázisban mértük (27. ábra). A legkisebb SPAD értéket 6 leveles állapotban  $A_{(0)}$  kezelés mellett figyeltük meg, amely nem különbözött szignifikánsan a 6 leveles állapotban mért  $A_{(60)}$ ,  $V6_{(90)}$  és  $V12_{(120)}$  kezeléstől. A műtrágyázott kezelések, azaz az  $A_{(60)}$ ,  $V6_{(90)}$ ,  $A_{(120)}$ ,  $V12_{(120)}$ ,  $V6_{(150)}$  és  $V12_{(180)}$  kezelések ebben a fázisban nem különböztek egymástól. 12 leveles állapotban az  $A_{(0)}$ ,  $A_{(60)}$  és  $A_{(120)}$  kezelés között igazolható különbség nem volt kimutatható. Azonban ebben a fenológiai fázisban a fejtrágyázott, azaz a  $V6_{(90)}$ ,  $V12_{(120)}$ ,  $V6_{(150)}$  és  $V12_{(180)}$  műtrágya-dózissal kezelt parcellákon statisztikailag igazolhatóan nagyobb SPAD értékeket mértünk, mint az  $A_{(0)}$  kezelés mellett. Az R1 fenológiai fázisban a műtrágya-kezelések statisztailag igazolhatóan ( $P < 0,001$ ) különböztek a kontroll parcellán mért SPAD értékektől, így nyílt a „SPAD – olló”, azonban a műtrágya-dózisok között nem volt kimutatható a különbség. A legnagyobb SPAD érték  $V6_{(150)}$  kezelés mellett volt (58,38).

Az R1 fenofázisban minden műtrágyakezelés mellett mért SPAD értékek nagyobbak voltak, mint a *Piekielek et al.* (1995) által ajánlott maximális 52-56 SPAD értékek. Azaz ebben az évben a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  műtrágya-dózistól kevesebb is elegendő lett volna az optimális relatív klorofilltartalom eléréséhez.

Vizsgáltuk továbbá a *vízellátottság és a fenológiai fázis hatását* a kezelések átlagában a SPAD értékekre. A statisztikai elemzés alapján a fenológiai fázis ( $P < 0,001$ ), valamint az öntözés és a fenológiai fázis kölcsönhatása ( $P < 0,05$ ) is szignifikánsan befolyásolta a kukorica relatív klorofill-koncentrációját (8. táblázat). Az öntözésnek a kezelések átlagában nem volt kimutatható hatása a relatív klorofilltartalomra.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

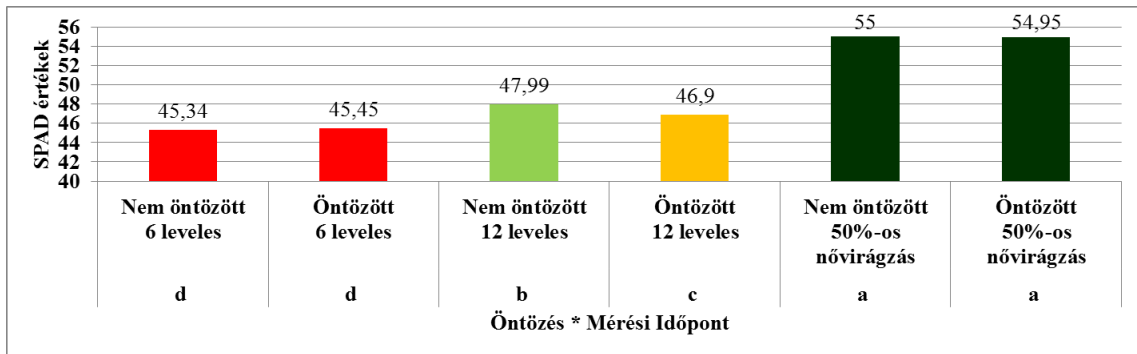
**27. ábra:** A műtrágyázás és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

**8. táblázat:** Az öntözés és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre N-műtrágya kezelés és genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Öntözés</b>	1	47	46,75	1,306	0,254 <sup>ns</sup>
<b>Maradék</b>	538	19254	35,79		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	27502	13751	793,460	<2*10 <sup>-16</sup> ***
<b>Öntözés x Fenológiai fázis</b>	2	114	57	3,292	0,0376*
<b>Maradék</b>	1076	18648	17		
Szignifikancia: ns = nem szignifikáns, *** 0,1%					

A post hoc teszt alapján elmondható, hogy 6 leveles állapotban volt a legkisebb (45,39) érték, ettől a 12 leveles állapotban mért érték 2,05 SPAD értékkel volt nagyobb. A legnagyobb SPAD értékeket 50%-os növirágzás mellett mértük (54,98), ezek szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) különböztek a másik két fenológiai fázisban mért értékektől.

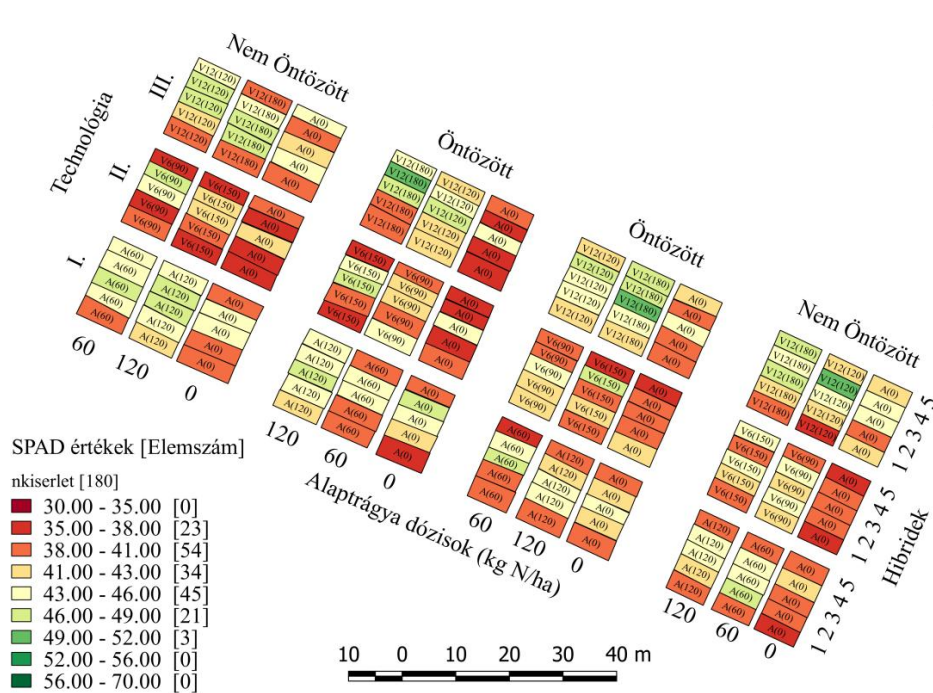
Az öntözés és a fenológiai fázis interakciója is befolyásolta a SPAD értékeket. 6 leveles állapotban, valamint R1 szakaszban nem volt statisztikailag igazolható különbség az öntözött és öntözetlen kezelések között. Azonban 12 leveles állapotban az öntözetlen parcellákon mért SPAD értékek statisztikailag is igazolhatóan nagyobbak voltak, mint az öntözött parcellákon, amit a post hoc teszt is alátámaszt (28. ábra).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

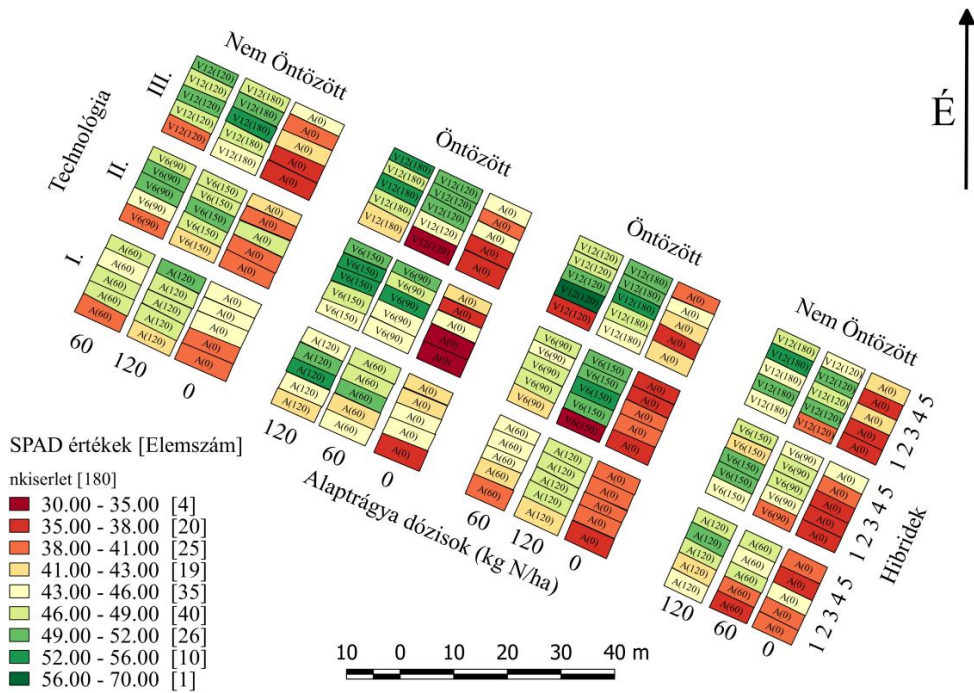
**28. ábra:** A fenológiai fázis és az öntözés hatása a SPAD értékekre N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

A 2013-as évjáratban - 6 leveles fenológiai fázisban - a műtrágyázatlan kontroll parcellákon kisebb SPAD értéket mértünk, mint a műtrágyával kezelt parcellákon (29. ábra). Azonban a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya kezelések kevésbé különböztek a kontroll parcelláktól, mint a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágyával kezelt parcellák.



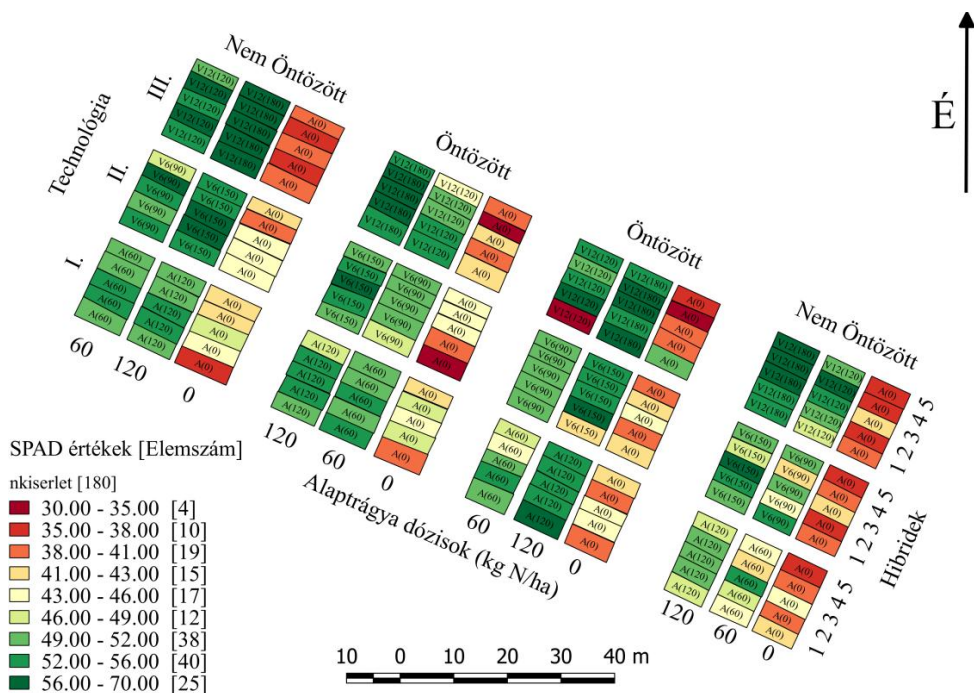
**29. ábra:** SPAD értékek térbeli eloszlása 6 leveles állapotban (Látókép, 2013)

A 12 leveles fenológiai fázisban a kontroll és a fejtrágyázás kezelések közötti különbség növekedett, így megfigyelhető a 6 leveles állapotban kijuttatott fejtrágya hatása is (30. ábra). A műtrágyázott parcellákon a legkisebb relatív klorofiltartalom az A<sub>(60)</sub>, a legnagyobb a V12<sub>(180)</sub> fejtrágya-kezelésnél volt.



30. ábra: SPAD értékek térbeli eloszlása 12 leveles állapotban (Látókép, 2013)

Az *RI* fenofázisban már a térképen is megfigyelhető a 12 leveles állapotban kijuttatott fejtrágya SPAD érték növelő hatása a kontrollhoz képest (31. ábra). A  $120 \text{ kg N ha}^{-1} + 60 \text{ kg N ha}^{-1} + 60 \text{ kg N ha}^{-1}$  jól megkülönböztethető ebben a fenofázisban a többi műtrágya-kezeléstől.



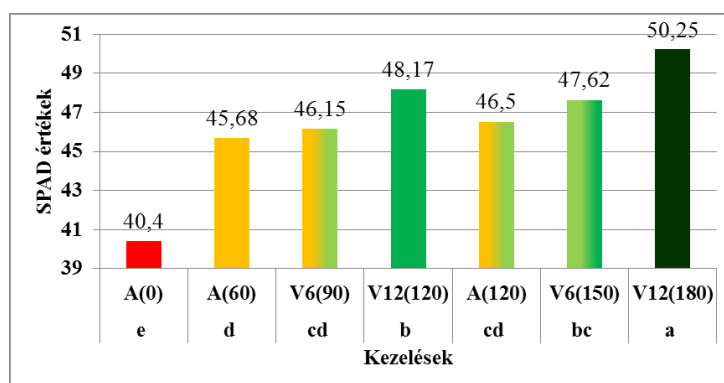
31. ábra: SPAD értékek térbeli eloszlása 50%-os nővirágzás állapotban (Látókép, 2013)

A statisztikai elemzés során az alap- és fejtrágyázás hatását külön vizsgáltuk öntözetlen és öntözött körülmények között a relatív klorofilltartalomra. Az *öntözetlen* parcellákon a műtrágya-kezelések, a fenológiai fázisok, valamint ezek kölcsönhatásai is szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) befolyásolták a levél klorofilltartalmakat (9. táblázat).

**9. táblázat:** A N-műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a SPAD értékekre nem öntözött körülmények mellett, genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Kezelés</b>	6	10068	1678	57,86	$< 2 * 10^{-16} ***$
<b>Maradék</b>	263	7627	29		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	6417	3209	237,72	$< 2 * 10^{-16} ***$
<b>Kezelés x Fenológiai fázis</b>	12	4085	340	25,22	$< 2 * 10^{-16} ***$
<b>Maradék</b>	526	7100	13		
Szignifikancia: *** 0,1%					

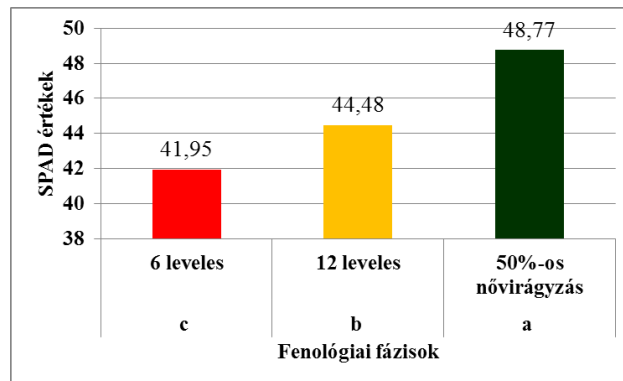
A post hoc teszt eredményei alapján megállapítható, hogy a legnagyobb SPAD értéket  $V_{12(180)}$  kezelés mellett mértük (50,25). Ettől szignifikánsan kisebb értéket (2,08) mértünk a  $V_{12(120)}$  kezelésnél. A  $V_{12(120)}$  és  $V_{6(150)}$  között nem volt statisztikailag kimutatható különbség. Azonban minden műtrágya-kezelésben mért érték szignifikánsan különbözött a műtrágyázatlan kontroll parcellákon mért átlagos értékektől (32. ábra).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**32. ábra:** A N-műtrágya kezelések hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között genotípusok és fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2013)

Az ismételt mérési modell eredménye alapján a növény növekedésével nőtt a klorofill-koncentráció a levelekben, a legkisebb értéket 6 leveles állapotban mértük (41,95). A 12 leveles állapotban mért értékek 2,53-al voltak nagyobbak, mint a 6 leveles állapotban mért értékek. A legnagyobb, SPAD értéket (48,77) 50%-os nővirágzáskor mértük, mely szignifikánsan nagyobb volt a másik két fenológiai fázisban mért relatív klorofilltartalomnál (33. ábra).

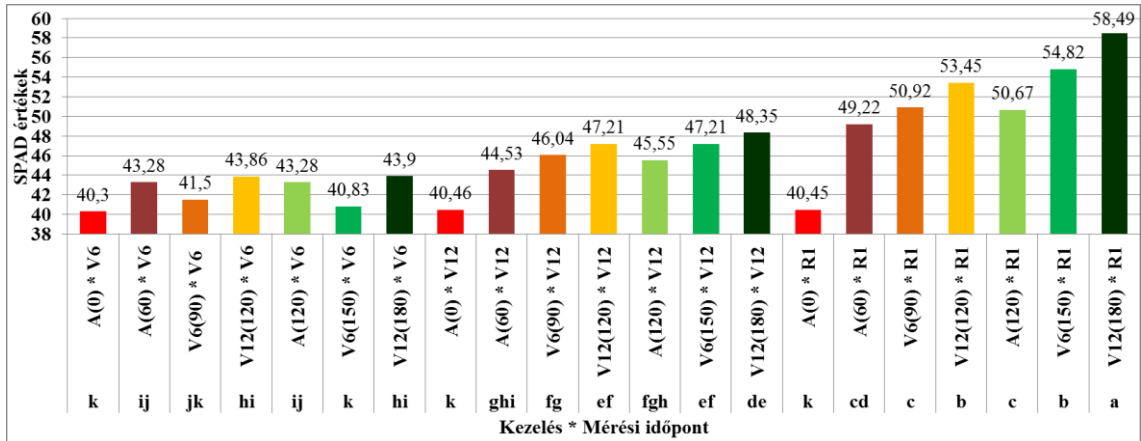


Jelmagyarázat: Eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

**33. ábra:** A mérések időzítésének hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények mellett, N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

A fenológiai fázis és műtrágyázás interakciója is szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) befolyásolta a SPAD értékeket. A legkisebb SPAD értéket (40,30) 6 leveles állapotban  $A_{(0)}$  kezelés mellett, azaz műtrágyázatlan kontroll parcellákon figyeltük meg. Ettől az értéktől, ebben a fenofázisban az  $A_{(60)}$ ,  $A_{(120)}$ ,  $V12_{(120)}$ , és  $V12_{(180)}$  kezelés csoportban mértünk nagyobb relatív klorofill-koncentrációt, a csoport tagjai között nem volt igazolható különbség. 12 leveles állapotban az  $A_{(0)}$  kezelésben szignifikánsan kisebb SPAD értéket mértünk, mint a különböző műtrágya-kezelésekben. Nagyobb értékeket R1 fenofázisban mértünk, ezek közül kivételt képez a műtrágyázatlan kontroll, ami gyakorlatilag igazolhatóan nem változott a vegetációs időszak folyamán (34. ábra). Így a kontroll és a műtrágyázott kezelések nyitották a „SPAD – ollót”. Legnagyobb értéket (58,49) R1 fázisban, a  $V12_{(180)}$  kezelés mellett mértük. Ettől szignifikánsan kisebb értéket mértünk  $V6_{(150)}$  kezelés mellett 50%-os nővirágzásban (54,82), ami nem különbözött szignifikánsan a  $V12_{(120)}$  kezelés mellett mért relatív klorofilltartalomtól (54,45). Külön csoportot alkotott a post hoc teszt szerint  $V6_{(90)}$  és az  $A_{(120)}$  kezelés, amelyben szignifikánsan kisebb SPAD értékeket figyeltünk meg. Az  $A_{(60)}$  kezelés nem volt elkülöníthető sem a  $V6_{(90)}$ , sem pedig az  $A_{(120)}$  kezelések R1 fázisban mért SPAD értékeiktől, valamint a

V12<sub>(180)</sub> kezelés 12 leveles állapotban mért értékeitől. Ez azzal magyarázható, hogy a V12<sub>(180)</sub> kezelésre 12 levelesen már 120 kg N ha<sup>-1</sup> alap- és 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágyát juttattunk ki.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

**34. ábra:** A műtrágyázás és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

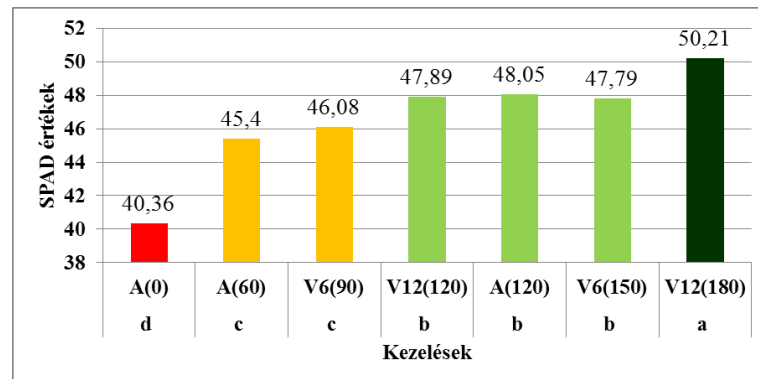
Öntözetlen körülmények között 2013-ban R1 fenofázisban a V12<sub>(120)</sub> és V6<sub>(150)</sub> kezelés mellett mért értékek tartoztak a *Piekielek et al.* (1995) által maximálisan ajánlott 52-56 SPAD érték tartományba.

Öntözött körülmények között **2013-ban** a műtrágya-dózisok, a fenológiai fázis, valamint ezek kölcsönhatásai is 0,1% szignifikancia szinten befolyásolták a kukorica levél relatív klorofill-koncentrációját (10. táblázat).

**10. táblázat:** A N-műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között a genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
Kezelés	6	10652	1775,3	67,78	<2*10 <sup>-16</sup> ***
Maradék	263	6889	26,2		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
Fenológiai fázis	2	6864	3432	231,84	<2*10 <sup>-16</sup> ***
Kezelés x Fenológiai fázis	12	2889	241	16,26	<2*10 <sup>-16</sup> ***
Maradék	526	7787	15		
Szignifikancia: *** 0,1%					

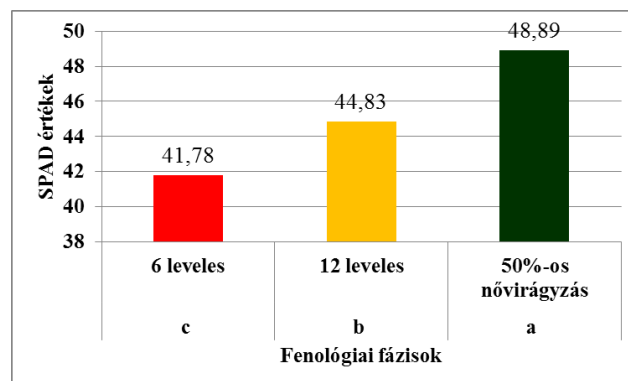
Ebben az évben öntözött kezelésben a legnagyobb SPAD értéket (50,21) a V12<sub>(180)</sub> kezelés, azaz a legnagyobb műtrágya-dózis mellett mértük, ez az érték igazolhatóan ( $P < 0,001$ ) különbözött az összes kezeléstől (35. ábra). Az A<sub>(120)</sub>, V12<sub>(120)</sub> és V6<sub>(150)</sub> kezelések között nem volt statisztikailag kimutatható különbség. Külön csoportot képeznek a kisebb alapműtrágya-dózisú V6<sub>(90)</sub> és A<sub>(60)</sub> műtrágya-kezelések. A legkisebb SPAD értéket a műtrágyázatlan kontroll parcellán mértük (40,36).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**35. ábra:** A N-műtrágya kezelések hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között genotípusok és fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2013)

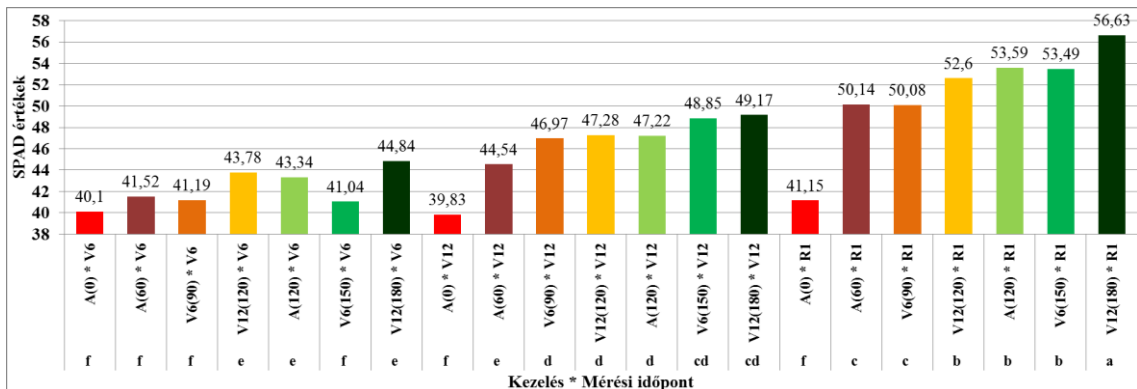
A fenológiai fázis is igazolhatóan, 0,1% szignifikancia szint mellett befolyásolta a mért SPAD értéket, R1 fenofázisban mértük a legnagyobbat (48,89) 2013-ban az öntözött parcellákon (36. ábra). Az egyes fenológiai fázisokban mért SPAD értékek igazolhatóan különböztek egymástól, a legkisebb érték 6 leveles állapotban (41,78) volt.



Jelmagyarázat: Eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

**36. ábra:** A mérések időzítésének hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények mellett N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

A műtrágyázás és a fenológiai fázis interakciója is igazolhatóan befolyásolta a SPAD értékeket. A vegetációs periódus előre haladásával a műtrágyázott parcellákon nagyobb SPAD értékeket mértünk a kontroll parcellákhoz képest, azaz a „SPAD – olló” nyílik (37. ábra). A legkisebb SPAD értékeket 6 leveles fenofázisban mértük, ahol az  $A_{(0)}$ ,  $A_{(60)}$ ,  $V6_{(90)}$  és  $V6_{(150)}$  kezelések nem voltak elkülöníthetőek sem egymástól, sem a 12 leveles és R1 fenofázisban a kontroll parcellákon mért értékektől. 6 leveles állapotban az  $A_{(120)}$ ,  $V12_{(180)}$  kezelés és 12 leveles állapotban az  $A_{(60)}$  kezelés mellett mért SPAD értékek között sem volt kimutatható különbség, azonban szignifikánsan különböztek a többi csoporttól. A legnagyobb SPAD értéket R1 fenológiai fázisban a legnagyobb műtrágya-dózisú  $V12_{(180)}$  kezelés mellett tapasztaltuk (56,63). R1 fenofázisban az  $A_{(120)}$ ,  $V12_{(120)}$  és  $V6_{(150)}$  kezelés külön csoportot alkotott és szignifikánsan különbözött a többi fenofázisban mért relatív klorofilltartalomtól.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

**37. ábra:** A műtrágyázás és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

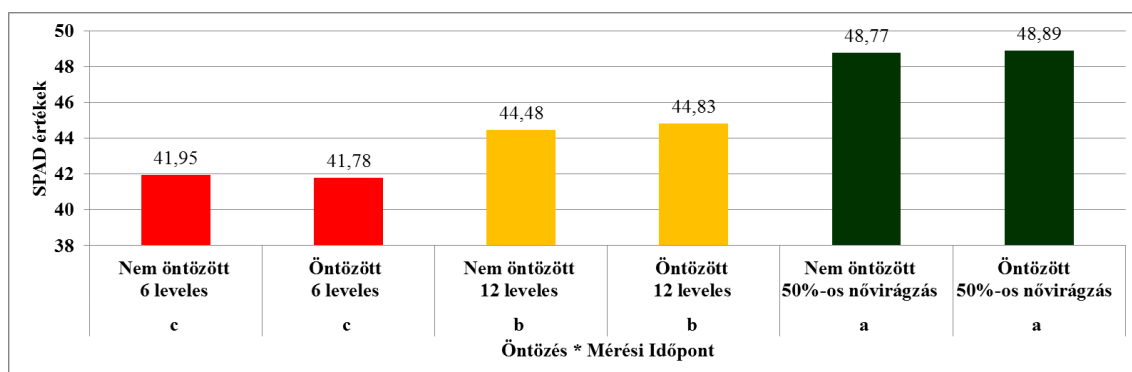
2013-ban R1 fenofázisban, – öntözött körülmények között – az  $A_{(120)}$ ,  $V12_{(120)}$  és  $V6_{(150)}$  kezelés mellett mért SPAD értékek tartoztak a *Piekielek et al.* (1995) által meghatározott 52-56 SPAD érték tartományba. Így ebben az évben öntözött körülmények között a 180 kg N ha<sup>-1</sup> dózis már túltrágyázásnak bizonyult.

A vizsgált 2013-as évben, a műtrágya-kezelések átlagában az öntözés, és az öntözés x fenológiai fázis interakciója sem befolyásolta statisztikailag igazolhatóan a SPAD értékekre (11. táblázat). Igazolható hatása 0,1% szignifikancia szint mellett csak a fenológiai fázisnak volt.

**11. táblázat:** Az öntözés és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Öntözés</b>	1	4	4,23	0,065	0,799 <sup>ns</sup>
<b>Maradék</b>	538	35236	65,50		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	13263	6631	326,410	<2*10 <sup>-16</sup> ***
<b>Öntözés x Fenológiai fázis</b>	2	19	9	0,467	0,627 <sup>ns</sup>
<b>Maradék</b>	1076	21860	20		
Szignifikancia: ns = nem szignifikáns, *** 0,1%					

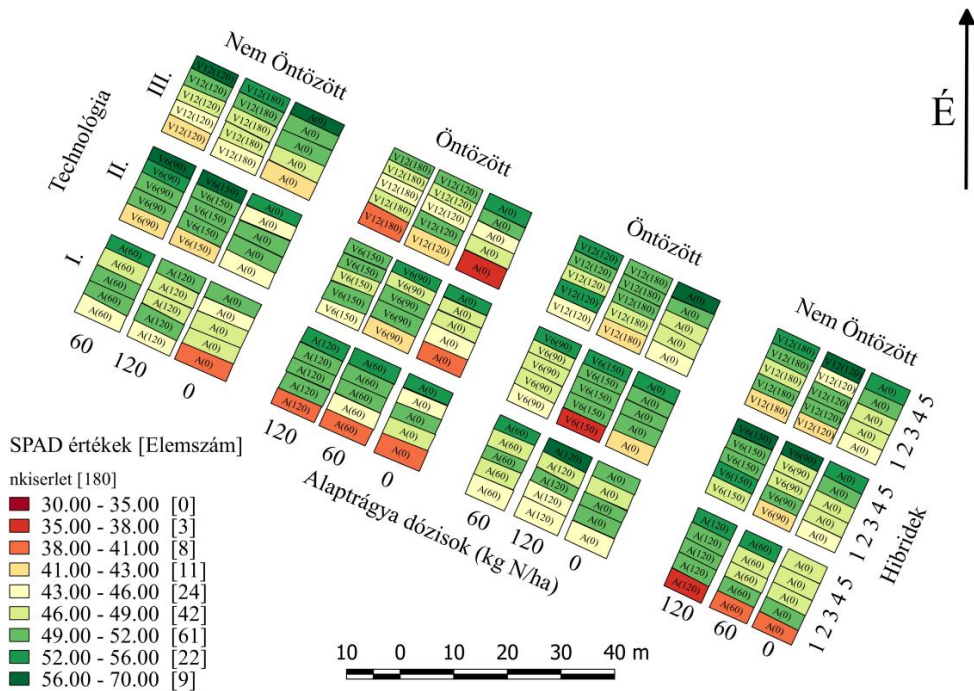
Minden fenológiai fázis szignifikánsan különbözött egymástól, legkisebb értéket 6 leveles állapotban mértük mind a nem öntözött (41,95), mind öntözött (41,78) változatban. A 12 leveles állapotban mért értékek átlagosan 2,8 SPAD értékkel voltak nagyobbak, mint a 6 leveles állapotban megfigyelt értékek (38. ábra). A legnagyobb értéket R1 fázisban mértük mind a nem öntözött (48,77), mind az öntözött (48,89) változatban. Az öntözés hatás hiányának egyik oka, hogy ebben az évjáratban az R1 fenológiai fázis után történt az öntözéskezelés.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

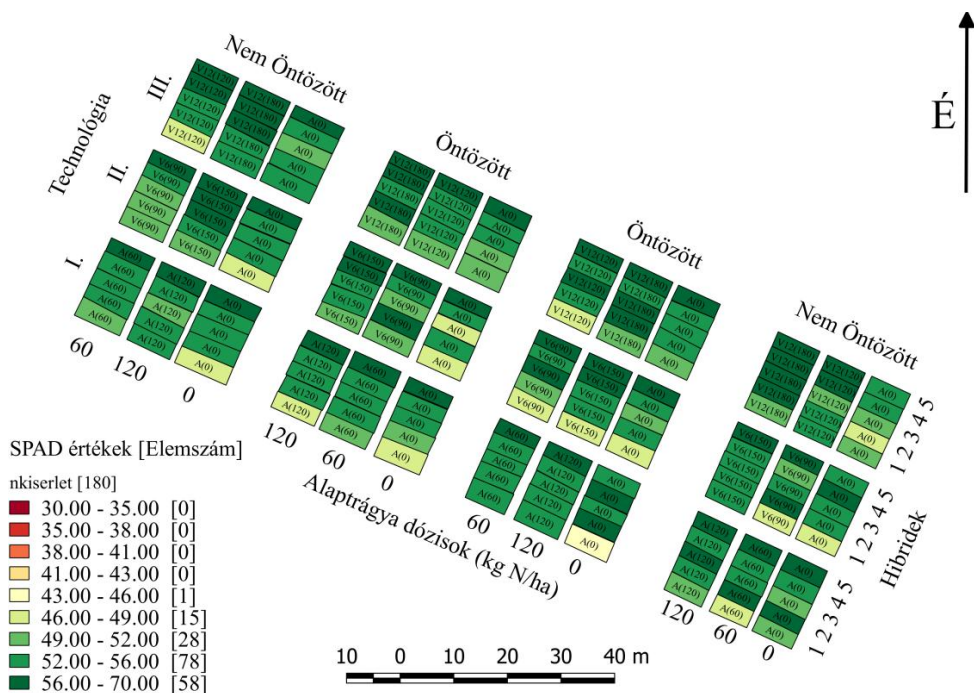
**38. ábra:** A fenológiai fázis és az öntözés hatása a SPAD értékekre N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

2014-ben – 6 leveles fenológiai fázisban – a műtrágyázatlan kontroll parcellákon kisebb SPAD értéket mértünk, mint a műtrágyával kezelt parcellákon (39. ábra). Leginkább a V<sub>6(150)</sub> és V<sub>6(90)</sub> fejtrágya-kezelésű parcellákon mért eredmények különíthetők el a kontroll parcelláktól. Az A<sub>(120)</sub> kezelés mellett viszont nem találtunk különbséget a kontroll parcellákhoz képest.



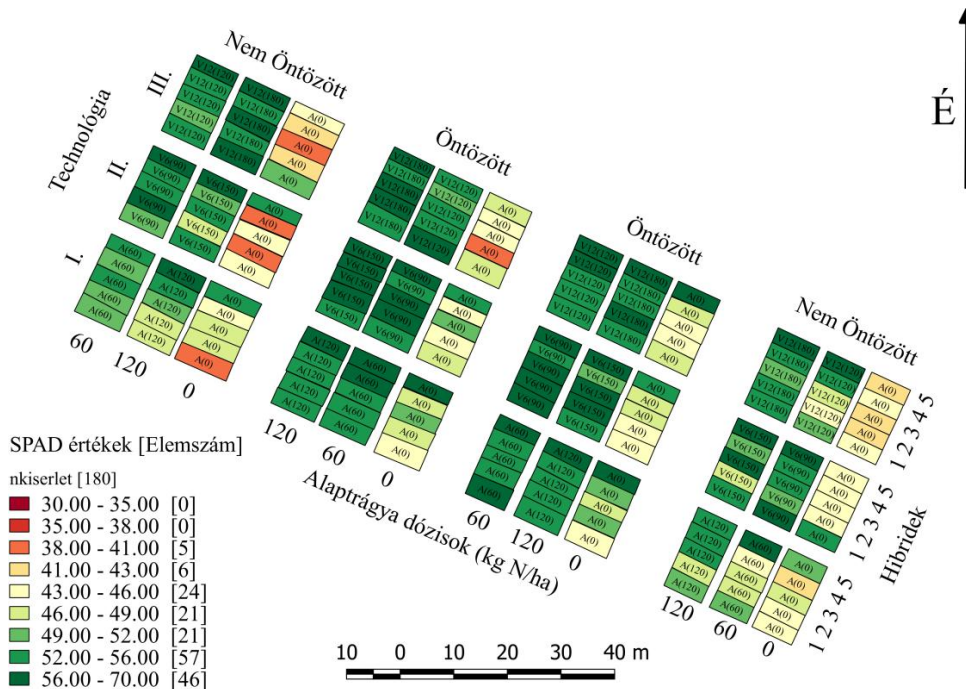
39. ábra: SPAD értékek térbeli eloszlása 6 leveles állapotban (Látókép, 2014)

A 12 leveles fenológiai fázisban a kontroll és a fejtrágyázás kezelések közötti különbség már látható, mivel itt már a 6 leveles állapotban kijuttatott fejtrágya hasznosult (40. ábra). A legnagyobb értékeket V12<sub>(180)</sub> kezelés mellett figyeltük meg, és ebben a kezelésben a többi kezeléshez viszonyítva kiugróan nagy SPAD értékeket mértünk.



40. ábra: SPAD értékek térbeli eloszlása 12 leveles állapotban (Látókép, 2014)

Az *RI* fenofázisban a  $V6_{(90)}$  műtrágya-kezelés mellett 12 leveles állapothoz képest tovább növekednek a mért SPAD értékek. Azonban minden más kezelésben csökkenés tapasztalható a SPAD értékekben, a legnagyobb mértékű csökkenést az  $A_{(0)}$  kezelés mellett figyeltük meg. A  $V6_{(90)}$  kezelésben a mért értékek hasonlóak a legnagyobb dózisu műtrágyával kezelt  $V12_{(180)}$  kezelésben megfigyelt értékekhez (41. ábra).



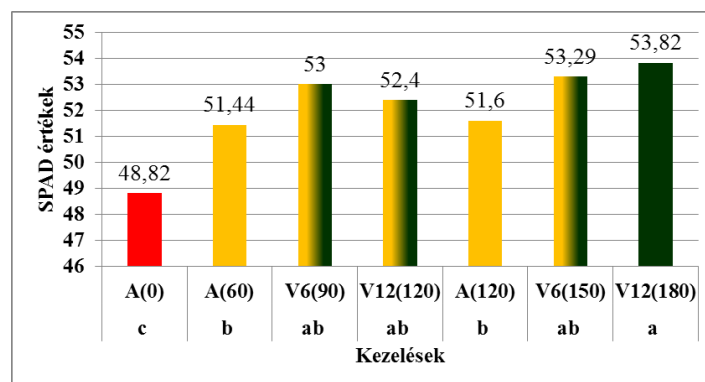
**41. ábra:** SPAD értékek térbeli eloszlása 50%-os nővirágzás állapotban (Látókép, 2014)

A statisztikai modell eredményei alapján a műtrágya-dózisok, fenológiai fázisok, valamint ezek kölcsönhatásai is 0,1% szignifikancia szinten befolyásolták a mért SPAD értékeket *öntözetlen* körülmények mellett (12. táblázat).

A post hoc teszt eredménye alapján a legnagyobb SPAD értéket ebben az évben – öntözetlen körülmények között – a  $V12_{(180)}$  kezeléssel kaptuk (53,82), amely szignifikánsan nagyobb volt, mint az  $A_{(120)}$ ,  $A_{(60)}$  és  $A_{(0)}$  kezelés SPAD értéke. A  $V6_{(150)}$ ,  $V6_{(90)}$  és  $V12_{(120)}$  műtrágya-kezelés mellett mért értékek nem különböztek szignifikánsan a  $V12_{(180)}$ , az  $A_{(120)}$  és  $A_{(60)}$  kezeléstől sem. A legkisebb statisztikailag is igazolható SPAD értéket (48,82) a kezeletlen kontroll parcellákon mértük (42. ábra).

**12. táblázat:** A N-műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények mellett, genotípusok átlagában (Látókép, 2014)

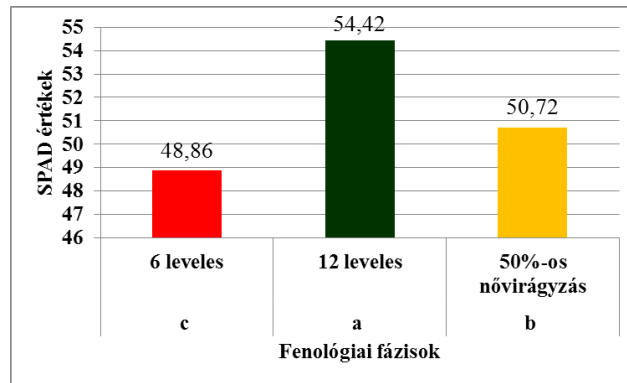
	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Kezelés</b>	6	2968	494	13,06	$6,3 \cdot 10^{-13}***$
<b>Maradék</b>	263	9965	37,9		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	4323	2161	142,64	$<2 \cdot 10^{-16}***$
<b>Kezelés x Fenológiai fázis</b>	12	2320	193,3	12,76	$<2 \cdot 10^{-16}***$
<b>Maradék</b>	526	7970	15,2		
Szignifikancia: *** 0,1%					



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**42 ábra:** A N-műtrágya kezelések hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között genotípusok és fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2014)

A fenológiai fázis is befolyásolta a SPAD értékeket. A legkisebb igazolható SPAD értékeket 6 leveles állapotban (48,86) mértük. A kukorica növény növekedésével nőtt a levelek klorofill-koncentrációja, a legnagyobb értéket 12 leveles állapotban érte el (54,42). Az 50%-os nővirágzás időpontjára azonban szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) csökkent a levelek klorofill-koncentrációja (50,72). Ez a jelenség a növény száradására utal, mivel a júniusi 6,7 mm csapadék még a kijuttatott 35,5 mm öntözővízzel is kevésnek bizonyult (43. ábra).

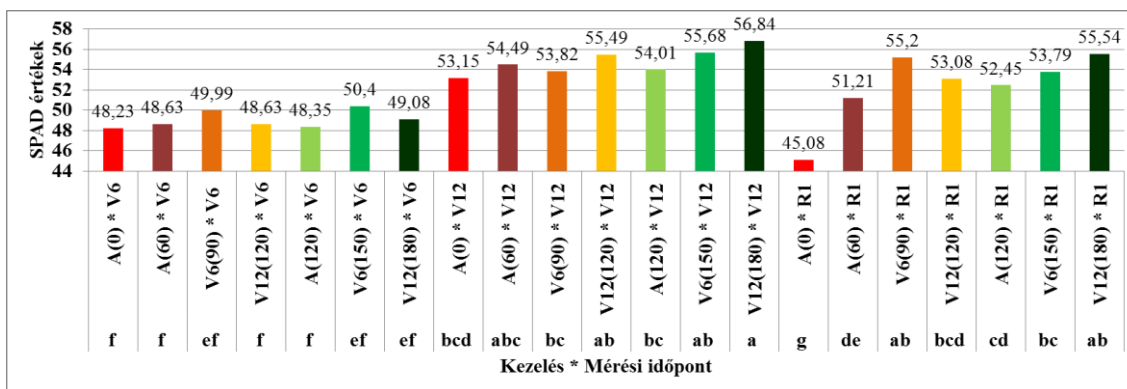


Jelmagyarázat: Eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

**43. ábra:** A mérések időzítésének hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények mellett, N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2014)

2014-ben szárazgazdálkodásban a SPAD értékek a 6 leveles állapottól, a 12 leveles állapotig növekedtek, majd a  $V_{6(90)}$  kezelés kivételével minden műtrágya-kezelésben és a kontroll parcellán is csökkentek. A legnagyobb klorofill-koncentrációt 12 leveles állapotban a  $V_{12(180)}$  kezelés, azaz a legnagyobb műtrágya-dózis mellett mértük (56,84). Azonban a  $V_{12(180)}$  kezelés mellett az értékek nem különböztek szignifikánsan sem a 12 leveles állapotban, a  $V_{6(150)}$ ,  $V_{12(120)}$ ,  $A_{(60)}$ ; sem az R1 fázisban a  $V_{12(180)}$  és  $V_{6(90)}$  kezelés mellett mért értékektől. Az  $A_{(60)}$ ,  $A_{(120)}$ ,  $V_{6(90)}$ ,  $A_{(0)}$  kezelések 12 leveles állapotban mért értékei szignifikánsan kisebbek voltak, mint a  $V_{12(180)}$  kezelés SPAD értékei. 6 leveles állapotban különböző műtrágya-kezelések mellett mért értékek nem voltak statisztikailag elkülöníthetőek egymástól (44. ábra). A legkisebb értékeket a műtrágyázatlan kontroll parcellákon, azonban az előző két évtől eltérően nem 6 leveles állapotban, hanem R1 fázisban mértünk (45,08). Ezek szignifikánsan különböztek a többi fenofázisban más kezelések mellett mért értékektől, valamint átlagosan 3,15 SPAD értékkel voltak kisebbek, mint az  $A_{(0)}$  kezelés 6 leveles állapotban mért értékei.

A szárazgazdálkodásban 2014-ben az R1 fenofázisban  $V_{6(90)}$  kezeléstől, azaz  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  és az attól nagyobb műtrágya-dózisok bizonyultak optimálisnak a *Piekielek et al.* (1995) által ajánlott 52-56 SPAD értéktartomány alapján. A vízhiány miatt csökkentek a SPAD értékek és a  $V_{6(90)}$  kezeléstől nagyobb műtrágya-dózisok már nem hasznosultak.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

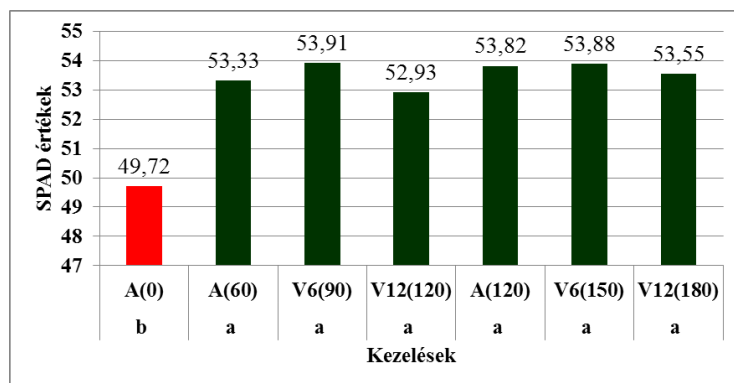
**44. ábra:** A műtrágyázás és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözetlen körülmények között (Látókép, 2014)

Öntözött körülmények között a műtrágya-kezelések, a fenológiai fázis és ezek interakciója is statisztikailag igazolhatóan ( $P < 0,001$ ) befolyásolta a SPAD értékeket (13. táblázat).

**13. táblázat:** A N-műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények mellett a genotípusok átlagában (Látókép, 2014)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Kezelés</b>	6	2744	457,4	9,757	$1,05 \cdot 10^{-9}***$
<b>Maradék</b>	263	12330	46,9		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	6185	3092,6	217,4	$< 2 \cdot 10^{-16}***$
<b>Kezelés x Fenológiai fázis</b>	12	2530	210,8	14,82	$< 2 \cdot 10^{-16}***$
<b>Maradék</b>	526	7482	14,2		
Szignifikancia: *** 0,1%					

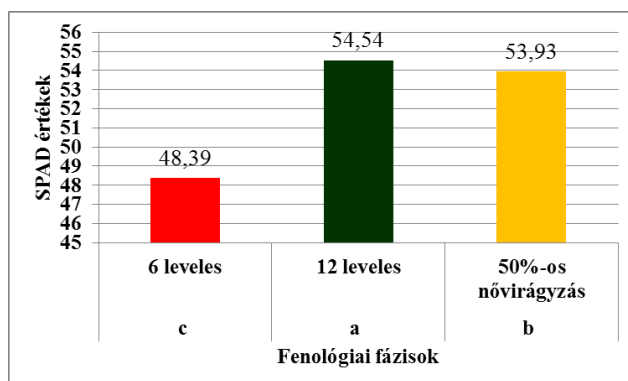
Ebben az évjáratban öntözés mellett az eltérő műtrágya-dózisok között nem volt kimutatható különbség. A kezeletlen kontroll parcelláktól szignifikánsan különböztek a műtrágyázott parcellák (45. ábra).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**45. ábra:** A N-műtrágya kezelések hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között, genotípusok és fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2014)

A legkisebb SPAD értéket (48,39) a többi évjárathoz hasonlóan 6 leveles állapotban mértük. A többi évjárattól eltérően azonban a legnagyobb SPAD értéket (54,54) itt, a 12 leveles állapotban figyeltük meg, ez az érték szignifikánsan különbözött a másik két időpontban mért értéktől. Az R1 fenofázisban visszaesést tapasztaltunk (46. ábra).

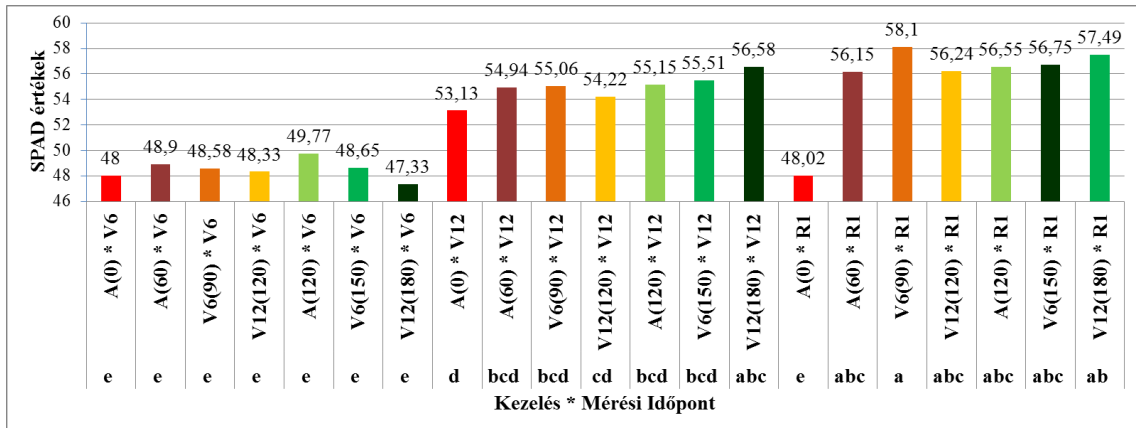


Jelmagyarázat: Eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

**46. ábra:** A mérések időzítésének hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények mellett, N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2014)

A műtrágya-dózisok és a fenológiai fázis interakciója is befolyásolta a SPAD értékeket, a V6 fenofázisban a kezelések között nem volt statisztikailag igazolható különbség (47. ábra). A 12 leveles állapotban A<sub>(0)</sub>, V12<sub>(120)</sub>, A<sub>(60)</sub>, V6<sub>(90)</sub>, A<sub>(120)</sub>, V6<sub>(150)</sub> kezelés mellett mért értékek egymástól nem voltak elkülöníthetőek. Ebben a fenofázisban csak V12<sub>(180)</sub> műtrágya-kezelésben figyeltünk meg statisztikailag is igazolhatóan nagyobb SPAD értékeket, mint az A<sub>(0)</sub> kezelés mellett. Az R1 fenofázisban minden műtrágya-kezelésnél szignifikánsan nagyobb levél relatív klorofill-koncentrációkat mértünk, mint a

kezeletlen kontroll parcellákon. A műtrágya-kezelések között R1 fenofázisban nem volt kimutatható különbség, a legnagyobb SPAD értéket (58,10) V<sub>6(90)</sub> kezelés mellett figyeltük meg.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

**47. ábra:** A műtrágyázás és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre öntözött körülmények között gentípusok átlagában (Látókép, 2014)

2014-ben – öntözött körülmények között – az R1 fenofázisban a SPAD értékek minden műtrágyaszinten meghaladták a *Piekielek et al.* (1995) által ajánlott 52-56 SPAD értéktartományt, azaz elegendő lett volna 60 kg N ha<sup>-1</sup>-től kevesebb műtrágyaszint is az optimális értékhez.

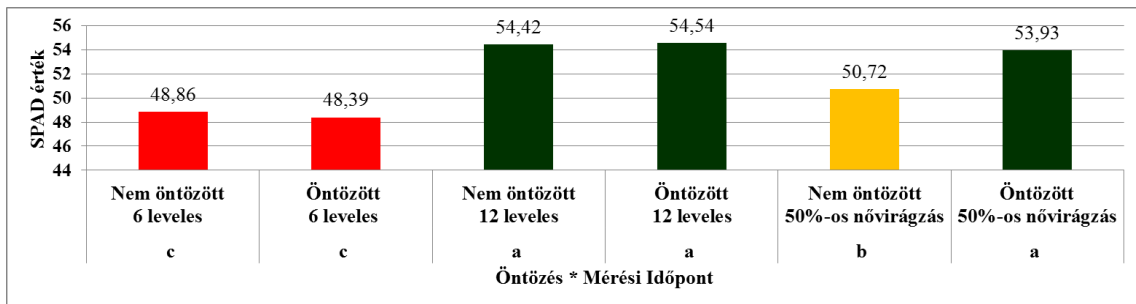
A műtrágya-kezelések átlagában 2014-ben az öntözés (P<0,01), fenológiai fázis (P<0,001), valamint ezek interakciója is befolyásolta a (P<0,001) a SPAD értékeket (14. táblázat).

**14. táblázat:** Az öntözés és a fenológiai fázis hatása a SPAD értékekre N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2014)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
<b>Hiba: Egyed azonosító</b>					
<b>Öntözés</b>	1	367	367,4	7,058	0,00813**
<b>Maradék</b>	538	28008	52,1		
<b>Hiba: Egyed azonosító x Fenológiai fázis</b>					
<b>Fenológiai fázis</b>	2	9458	4729	250,63	<2*10 <sup>-16</sup> ***
<b>Öntözés x Fenológiai fázis</b>	2	1050	525	27,83	1,64*10 <sup>-12</sup> ***
<b>Maradék</b>	1076	20302	19		
Szignifikancia: ** 1%, *** 0,1%					

A post hoc teszt eredményei alapján az öntözött parcellákon statisztikailag igazoltan nagyobbak voltak a mért SPAD értékek (52,29), mint az öntözetlen parcellákon (51,33). A legkisebb SPAD értéket 6 leveles állapotban figyeltük meg (48,63). A legnagyobb SPAD értéket 12 leveles állapotban mértük (54,48), mely után az R1 fenofázisban visszaesés volt tapasztalható (52,32).

6 leveles állapotban, valamint 12 leveles állapotban sem volt különbség az öntözött és öntözetlen kezelés között a relatív klorofill-koncentrációt illetően. 50%-os nővirágzás időpontjára azonban mindkét változatban visszaesést tapasztaltunk a 12 leveles állapothoz képest. Míg nem öntözött körülmények között a SPAD érték visszaesés szignifikáns, addig az öntözött változatban ez a csökkenés nem volt statisztikailag igazolható (48. ábra).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**48. ábra:** A fenológiai fázis és az öntözés hatása a SPAD értékekre N-műtrágya kezelések és genotípusok átlagában (Látókép, 2014)

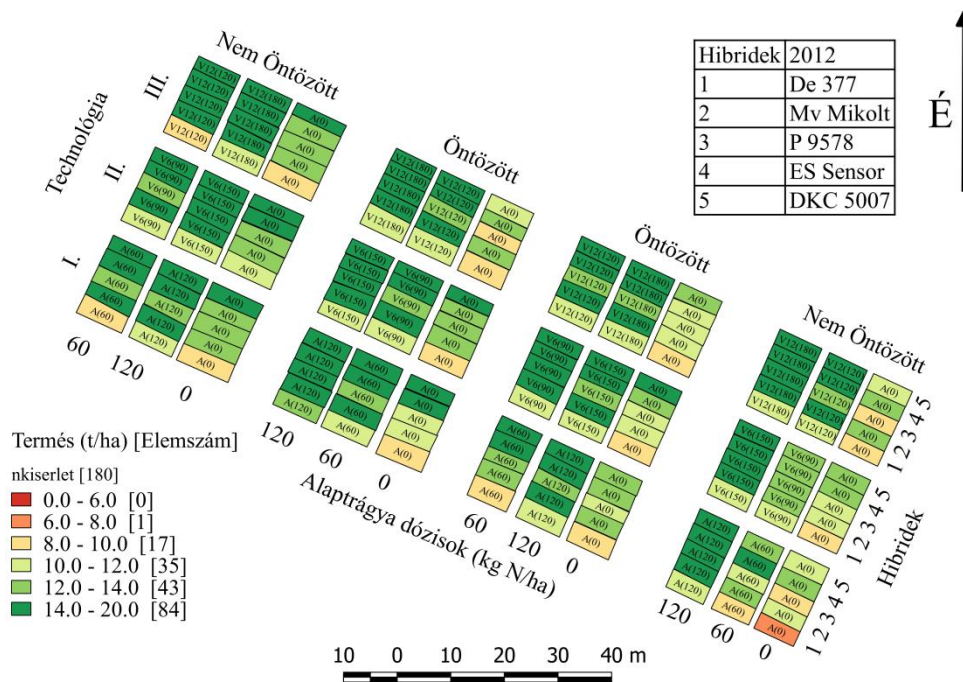
Ez az eredmény hasonló *Mansouri-Far et al.* (2010) eredményeihez, ahol az öntözetlen parcellákon az R1 fenofázisban mért értékek szignifikánsan kisebbek voltak, mint az öntözött kezelésben mért értékek. Eredményeink megegyeztek *Schepers et al.* (1996), valamint *Brevedan és Egli* (2003) eredményeivel, miszerint a vízhiány csökkentette a SPAD értéket, azonban a kísérletre kijuttatott öntözővíz mennyisége nem volt elegendő ahhoz, hogy a V12 fenofázis után tovább növekedjenek a SPAD értékek.

## 5.2. AZ ALAP- ÉS FEJTRÁGYÁZÁS, AZ ÉVJÁRAT, VALAMINT AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA A KUKORICATERMÉSRE

A kutatás során arra is választ szerettünk volna kapni, hogy az alap- és fejtrágyázás, az öntözés, a genotípus valamint az évjárat hogyan befolyásolják a kukorica termését.

### 5.2.1. Az alap- és fejtrágyázás, az öntözés, valamint a genotípus hatása a kukorica termésére 2012-ben

A 2012-es évjáratban a műtrágyázatlan parcellák jól elkülönülnek a csak alaptrágyával, valamint az alap- és fejtrágyával kezelt parcelláktól (49. ábra). A nagyobb alap- és fejtrágya-dózisú kezelések eltérnek a kisebb alaptrágya-dózisú parcelláktól. A De 377 hibrid, valamint a P 9578 hibrid jól elkülönül a többi hibridtől. Nem tapasztaltunk különbséget az öntözött és öntözetlen parcellák között.



49. ábra: Terméseredmények térbeli eloszlása (t ha<sup>-1</sup>)  
(Látókép, 2012)

A 2012-es évre futtatott varianciaanalízis eredményei alapján a hibrideknek ( $P < 0,001$ ), a kezelésnek ( $P < 0,001$ ), valamint az öntözés és kezelés interakciójának ( $P < 0,1$ ) volt statisztikailag kimutatható hatása a termésre (15. táblázat). A varianciaanalízis alátámasztja a térképen ábrázolt eloszlásokat, azaz a hibrid és a kezelések hatását a termésre. Az eredményünk hasonló *Mansouri-Far et al* (2010) eredményeihez. *Dóka* (2010) eredményeivel ellentétben nem tudtunk egyértelmű szignifikáns öntözéshatást kimutatni a termésre.

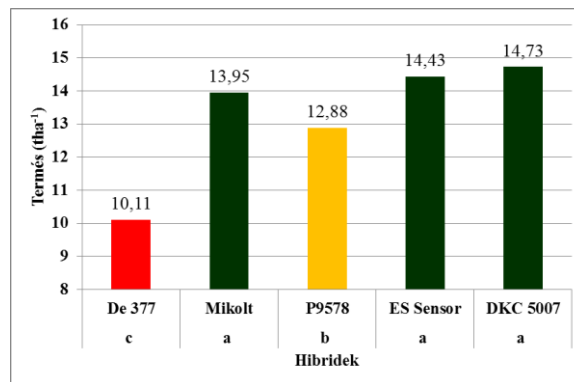
**15. táblázat:** A genotípus, az öntözés és a N-műtrágya kezelések hatása a kukorica termésére (Látókép, 2012)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>F)
<b>Hiba: Ismétlés</b>					
<b>Maradék</b>	1	23,46	23,46		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek</b>					
<b>Hibridek</b>	4	507,5	126,89	89,25	0,000366***
<b>Maradék</b>	4	5,7	1,42		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Öntözés</b>					
<b>Öntözés</b>	1	0,548	0,5478	0,338	0,586 <sup>ns</sup>
<b>Hibridek x Öntözés</b>	4	0,792	0,1980	0,122	0,968 <sup>ns</sup>
<b>Maradék</b>	5	8,100	1,6199		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Kezelés</b>					
<b>Kezelés</b>	6	210,29	35,05	77,196	<2*10 <sup>-16</sup> ***
<b>Hibridek x Kezelés</b>	24	12,81	0,53	1,175	0,334 <sup>ns</sup>
<b>Maradék</b>	30	13,62	0,45		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Öntözés x Kezelés</b>					
<b>Öntözés x Kezelés</b>	6	7,69	1,2817	2,321	0,0585 <sup>+</sup>
<b>Hibridek x Öntözés x Kezelés</b>	24	7,37	0,3071	0,556	0,9279 <sup>ns</sup>
<b>Maradék</b>	30	16,57	0,5522		
<b>Hiba: Belső</b>					
<b>Maradék</b>	40	33,54	0,8386		
Szignifikancia: ns = nem szignifikáns, <sup>+</sup> 10%, *** 0,1%					

A hozamtérképen bemutatott hibridek közötti különbséget a post hoc teszt is megerősíti (50. ábra). A három homogén csoportból legnagyobb termést 2012-ben a DKC 5007 hibrid adta (14,73 t ha<sup>-1</sup>), azonban ez nem különbözött sem az ES Sensor (14,43 t ha<sup>-1</sup>), sem pedig a Mikolt (13,95 t ha<sup>-1</sup>) hibrid termésétől. A P 9578 hibrid 12,88 t ha<sup>-1</sup> termése eltért az összes többi hibrid termésétől. A legkisebb termése ebben az évjáratban a De 377 hibridnek volt (10,11 t ha<sup>-1</sup>), ami szintén különbözött a többi hibrid termésétől.

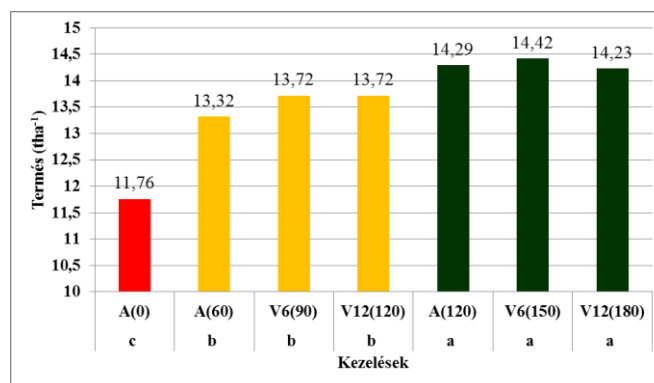
A különböző kezelések mellett a post hoc teszt három homogén csoportot különített el, és megerősíti a térképen megfigyelt kezelések közötti különbségeket (51. ábra). A legnagyobb termést V6<sub>(150)</sub> kezelés mellett mértük (14,42 t ha<sup>-1</sup>), ami nem különbözött sem az A<sub>(120)</sub>, sem a V12<sub>(180)</sub> kezeléstől, de eltért 0,1% szignifikancia szinten az összes többi kezeléstől. Azaz a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alap- és fejtrágya eredményezte a nagyobb

terméseket. Külön csoportot alkottak V12<sub>(120)</sub>, V6<sub>(90)</sub>, A<sub>(60)</sub> kezelések, azaz a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap- és fejtrágya-kezelések 0,1% szignifikancia szint mellett különböztek mind a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya-dózisú, mind a legkisebb termést adó (11,76 t ha<sup>-1</sup>) műtrágyázatlan kontroll parcelláktól. Ebben az évjáratban a legnagyobb, statisztikailag igazolható termésmnövekedést 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya mellett figyeltük meg, azaz *Berenguer et al.* (2008) kísérletéhez hasonlóan a nagyobb mennyiségű alaptrágya mellett már nem volt szükség fejtrágyázásra. *Dóka és Pepó* (2007) eredményeiben is megfigyelhető ez a küszöbérték, azonban kísérletükben nagyobb dózis mellett (180 kg N ha<sup>-1</sup>), mivel a nitrogén műtrágyát őszi és tavaszi megosztással adták ki, ezért már a csirázáskor rendelkezésre állt a növénynek a teljes műtrágyamennyiség.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

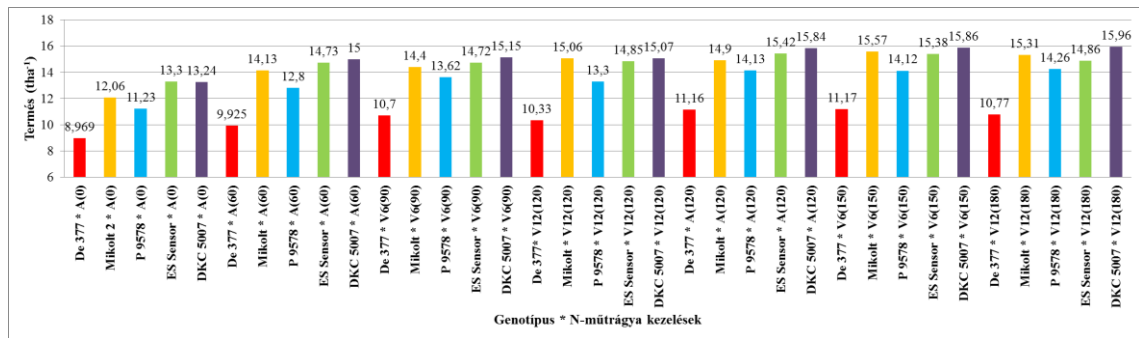
**50. ábra:** Genotípus hatása a termésre öntözés és N-műtrágya kezeléseik átlagában (t ha<sup>-1</sup>) (Látókép, 2012)



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**51. ábra:** A N-műtrágya hatása a termésre öntözés és genotípusok átlagában (t ha<sup>-1</sup>) (Látókép, 2012)

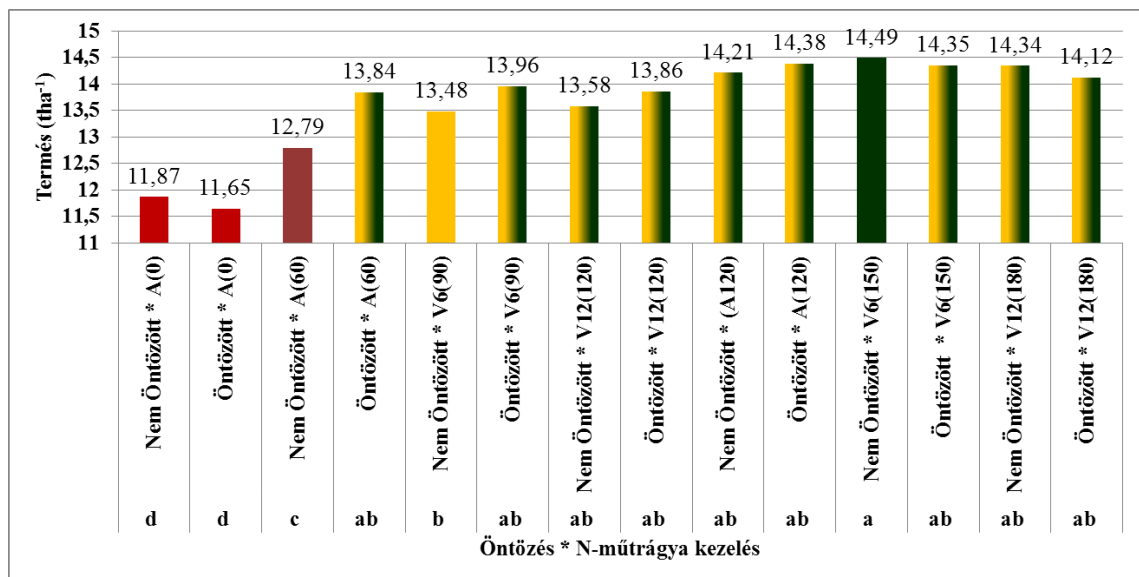
A genotípus és a műtrágyázás interakciója nem befolyásolta a termést (52. ábra).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos hibridet jelölnek.

**52. ábra:** A genotípus és a N-műtrágya kezelések hatása a termésre öntözés kezelés átlagában (t ha<sup>-1</sup>)(Látókép, 2012)

A varianciaanalízis eredményei alapján öntözés és műtrágyázás interakció is befolyásolta a termést, azonban az öntözésnek önmagában kimutatható hatása nem volt (53. ábra). Kezelésként vizsgálva, kimutatható öntözéshatás az A<sub>(60)</sub> (P<0,1) műtrágya-kezelésnél volt. A többi kezelés mellett nem volt statisztikailag kimutatható öntözéshatás (480 kg ha<sup>-1</sup>). Termésekben szignifikáns (P<0,1) különbséget az öntözetlen V<sub>6(150)</sub>, V<sub>6(90)</sub>, és A<sub>(60)</sub>, valamint az A<sub>(0)</sub> parcellák között tudtunk kimutatni, azaz a legkisebb műtrágya-dózis is statisztikailag igazolhatóan növelte a termést.

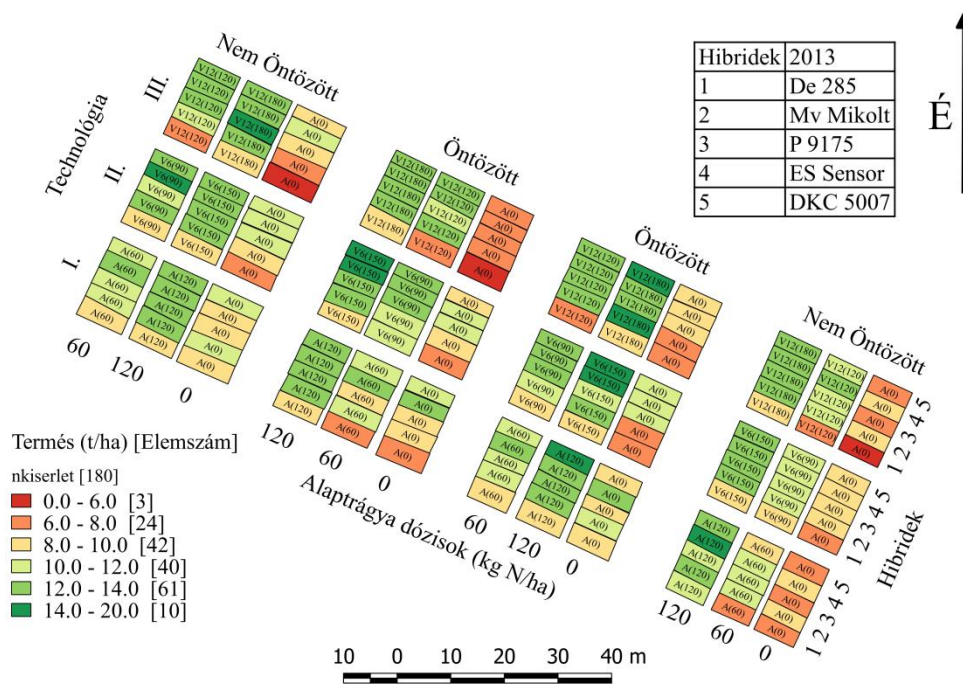


Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**53. ábra:** Az öntözés és a N-műtrágyázás hatása a termésre genotípusok átlagában (t ha<sup>-1</sup>)(Látókép, 2012)

### 5.2.2. Az alap- és fejtrágyázás, az öntözés, valamint a genotípus hatása a kukorica termésére 2013-ban

A műtrágyázatlan kontroll parcellák termése 2013-ban eltért az alap- és fejtrágyakezelésektől. A 60 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya-dózisú kezelések elkülöníthetőek voltak a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya-dózisú kezeléstől. A térkép alapján a leggyengébb terméseredményeket a De 285 hibrid adta ebben az évjáratban, ami különbözik a többi hibridtől. Elkülöníthető továbbá az ES Sensor és DKC 5007 hibrid termése a Mikolt és a P 9175 hibrid termésétől. Öntözéshatás nem figyelhető meg a térképen (54. ábra).



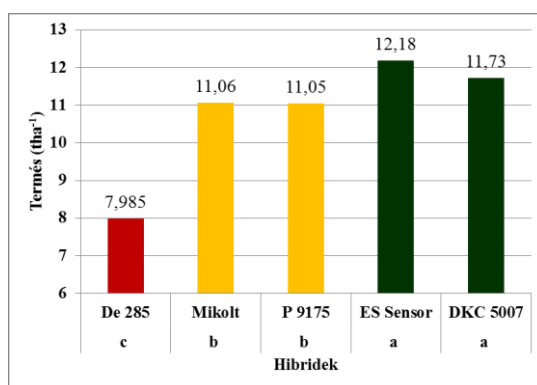
54. ábra: Terméseredmények térbeli eloszlása (t ha<sup>-1</sup>) (Látókép, 2013)

A varianciaanalízis eredményei alapján a genotípusnak (P<0,001), műtrágyázásnak, (P<0,001) valamint a genotípus és műtrágyázás interakciójának (P<0,01) is szignifikáns hatása volt a termésre, hasonlóan *Mansouri-Far et al.* (2010) eredményeihez (16. táblázat). Az öntözés *Mansouri-Far et al.* (2010), valamint *Dóka* (2011) eredményeitől eltérően nem befolyásolta a termést, ez megerősíti a térképen bemutatott hatásokat.

A post hoc teszt három homogén csoportot különített el a hibridek közül, a csoporton belül nincs, a csoportok között 0,1% szignifikancia szint mellett különbség van. 2013-ban a legnagyobb termést (12,18 t ha<sup>-1</sup>) az ES Sensor hibridnél figyeltük meg, ami statisztikailag nem különbözött a DKC 5007 hibrid termésétől (11,73 t ha<sup>-1</sup>). A Mikolt (11,06 t ha<sup>-1</sup>) és P 9175 (11,05 t ha<sup>-1</sup>) hibrid termése nem különbözött egymástól. A legkisebb termés ebben az évben a De 285 hibridnél volt (7,99 t ha<sup>-1</sup>). Ezek az eredmények bizonyítják a térképen megfigyelhető genotípus hatásokat (55. ábra).

**16. táblázat:** A genotípus, az öntözés és a N-műtrágya kezelések hatása a kukorica termésére (Látókép, 2013)

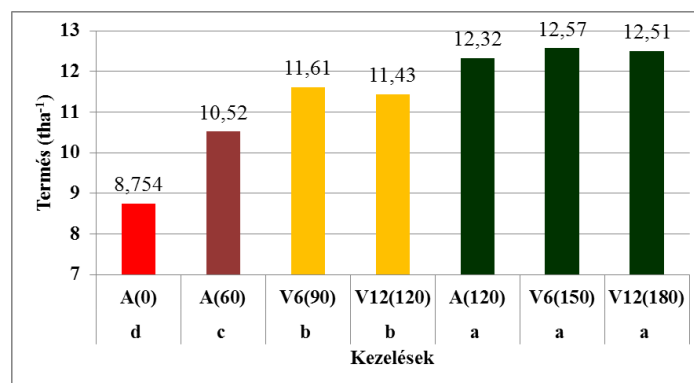
	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>F)
<b>Hiba: Ismétlés</b>					
Maradék	1	1,972	1,972		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek</b>					
Hibridek	4	389,1	97,28	103,4	0,000274***
Maradék	4	3,8	0,94		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Öntözés</b>					
Öntözés	1	2,665	2,665	0,565	0,486 <sup>ns</sup>
Hibridek x Öntözés	4	4,052	1,013	0,215	0,919 <sup>ns</sup>
Maradék	5	23,577	4,715		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Kezelés</b>					
Kezelés	6	440,9	73,48	144,342	<2*10 <sup>-16</sup> ***
	24	40,6	1,69	3,323	0,00109**
Maradék	30	15,3	0,51		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Öntözés x Kezelés</b>					
Öntözés x Kezelés	6	2,896	0,4827	0,540	0,773 <sup>ns</sup>
Hibridek x Öntözés x Kezelés	24	13,768	0,5737	0,642	0,866 <sup>ns</sup>
Maradék	30	26,810	0,8937		
<b>Hiba: Belső</b>					
Maradék	40	74,07	1,852		
Szignifikancia: ns = nem szignifikáns, ** 1%, *** 0,1%					



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**55. ábra:** Genotípus hatása a termésre öntözés és N-műtrágya kezelések átlagában (t ha<sup>-1</sup>) (Látókép, 2013)

Az alap- és fejtrágya-kezelések közül a post hoc teszt négy homogén csoportot különített el, a csoportokon belül nincs, a csoportok között szignifikáns ( $P < 0,001$ ) különbség van. A legnagyobb termést 2013-ban a  $V6_{(150)}$  kezelés mellett mértük ( $12,57 \text{ t ha}^{-1}$ ), ez nem különbözött a többi  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágyát tartalmazó kezeléstől. Külön csoportot alkotott a  $V6_{(90)}$  ( $11,61 \text{ t ha}^{-1}$ ) és a  $V12_{(120)}$  kezelés ( $11,43 \text{ t ha}^{-1}$ ), azaz a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya + fejtrágya-kezelések. Külön csoportot alkotott még az  $A_{(60)}$  kezelés ( $10,52 \text{ t ha}^{-1}$ ), azaz  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya, fejtrágya nélkül. A legkisebb termést ( $8,75 \text{ t ha}^{-1}$ )  $A_{(0)}$  kezelés mellett, azaz a műtrágyázatlan kontroll parcellán figyeltük meg. A  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya mellé 6 és 12 leveles állapotban kijuttatott fejtrágyának volt hatása, azonban termésben elmarad a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya-dózistól (56. ábra). Megállapítottuk, hasonlóan *Berenguer et al.* (2008) kísérleti eredményeihez, hogy nagyobb dózisú alaptrágya mellett már nem volt szükség fejtrágyázásra.

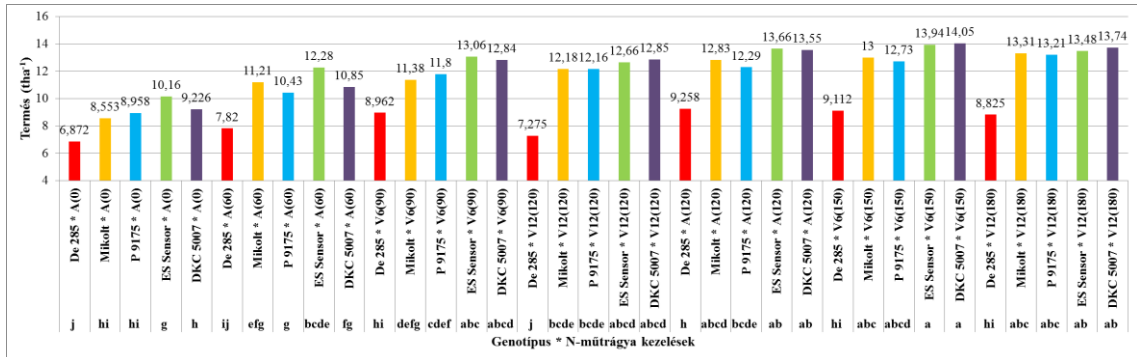


Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**56. ábra:** A N-műtrágya hatása a termésre genotípus és öntözés kezelés átlagában ( $\text{t ha}^{-1}$ ) (Látókép, 2013)

A genotípus és a műtrágyázás interakciója is befolyásolta a termést. A legkisebb terméseket minden hibridnél a műtrágyázatlan kontroll parcellákon figyeltük meg, itt az ES Sensor teljesített a legjobban ( $10,16 \text{ t ha}^{-1}$ ). Szignifikánsan ( $P < 0,01$ ) kisebb termést ezen kezelés mellett a De 285 hibrid esetében mértük ( $6,87 \text{ t ha}^{-1}$ ). Az  $A_{(60)}$  kezeléssel kezelt parcellák közül az ES Sensor hibridnél figyeltük meg a nagyobb ( $12,28 \text{ t ha}^{-1}$ ) hozamot. Ebben az évben a kísérletben a legnagyobb termés ( $14,05 \text{ t ha}^{-1}$ ) a  $V6_{(150)}$  kezelés mellett a DKC 5007 hibridnél volt, ami nem különbözött igazolhatóan a ES Sensor ( $13,94 \text{ t ha}^{-1}$ ), P 9175 ( $12,73 \text{ t ha}^{-1}$ ) és Mikolt ( $13 \text{ t ha}^{-1}$ ) hibrid termésétől, valamint nem különbözött a Mikolt, P 9175, ES Sensor, DKC 5007 hibridtől. Ezek az értékek igazolhatóan a De 285 hibrid termésétől ( $9,11 \text{ t ha}^{-1}$ ) szignifikánsan nagyobbak

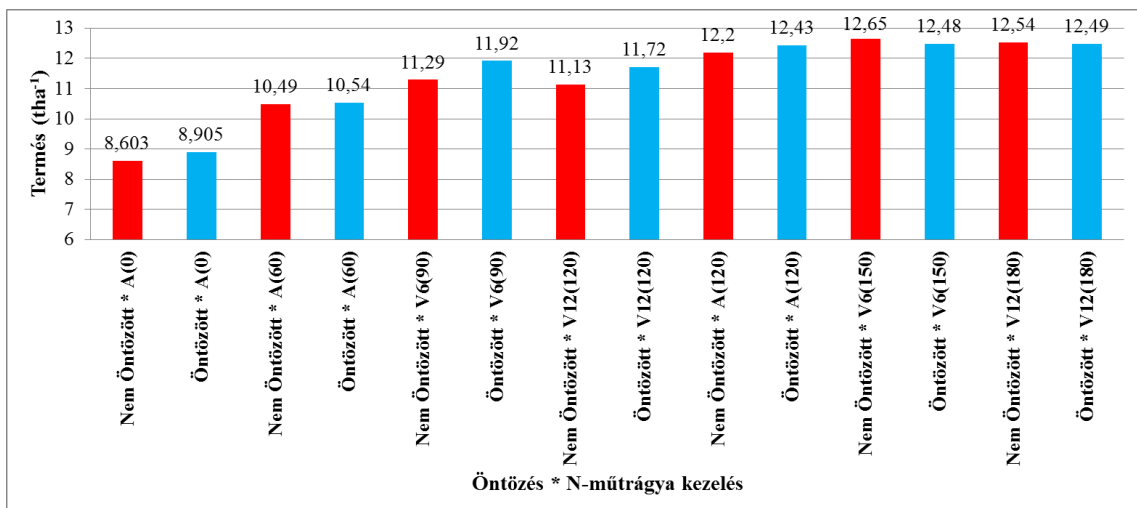
voltak a V<sub>6(150)</sub> kezelés mellett (57. ábra). Ebben az évben mivel minden hibridenként mért legnagyobb termés nem különbözött az A<sub>(120)</sub> kezeléstől, azaz a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágyától, ez tekinthető a legjobb kezelésnek.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos hibridet jelölnek.

**57. ábra:** A genotípus és a N-műtrágya kezelése hatása a termésre öntözés kezelés átlagában (t ha<sup>-1</sup>)(Látókép, 2013)

Az öntözés és a N-műtrágya kezelése interakciója nem befolyásolta a termést. Az öntözésnek nem volt kimutatható hatása sem kezelése átlagában, sem az egyes kezeléseknél (58. ábra).

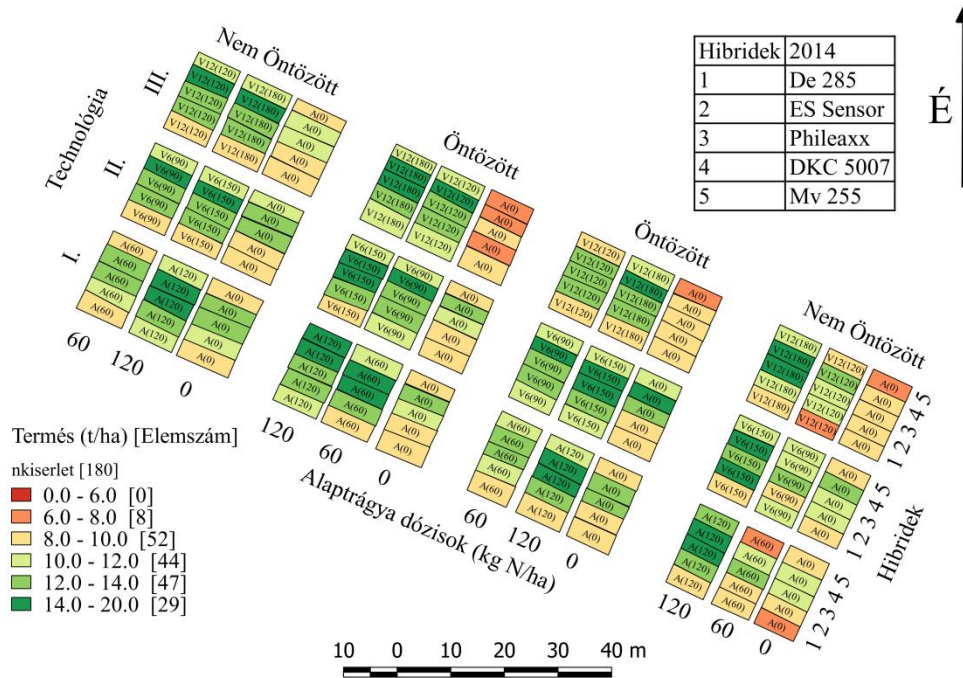


Jelmagyarázat: Piros a nem öntözött, kék az öntözött változat

**58. ábra:** Az öntözés és a N-műtrágyázás hatása a termésre genotípusok átlagában (t ha<sup>-1</sup>)(Látókép, 2013)

### 5.2.3. Az alap- és fejtrágyázás, az öntözés, valamint a genotípus hatása a kukorica termésére 2014-ben

A 2014-es évben a De 285 és Mv 255 hibrid termései elmaradnak a többi hibrid termésétől. A műtrágyázatlan kontroll parcellák termései jól elkülönülnek az alap, valamint az alap- és fejtrágyázott parcelláktól. Az A<sub>(60)</sub> és A<sub>(120)</sub> kezelés között a térkép alapján van különbség (59. ábra). Az öntözött és öntözetlen parcellák között azonban a térképen nem lehet különbséget megfigyelni.



59. ábra: Terméseredmények térbeli eloszlása (t ha<sup>-1</sup>) (Látókép, 2014)

A varianciaanalízis eredménye bizonyítja, hogy a genotípusnak (P<0,001) és a kezelésnek, azaz a műtrágyázásnak (P<0,001) statisztikailag igazolható hatása a volt a termésre (17. táblázat). Így bizonyítja a hozamtérkép alapján feltételezett hibrid és műtrágyahatásokat, ami megegyezik *Mansouri-Far et al.* (2010) eredményével, azonban tőle eltérően nem tudtunk öntözéshatást statisztikailag igazolni. *Dóka és Pepó* (2009) optimális év eredményéhez hasonlóan nem volt megfigyelhető öntözéshatás a terméseredményekben. Az átlagosnál csapadékosabb május részben kompenzálta a júniusi vízhiányt, másrészt június végén és július elején volt az öntözésközelítés (35 + 35 mm). A virágzáshoz ez a két öntözésközelítés biztosította a páratartalmat, azonban a júniusi csapadékhányt nem tudta teljesen kompenzálni.

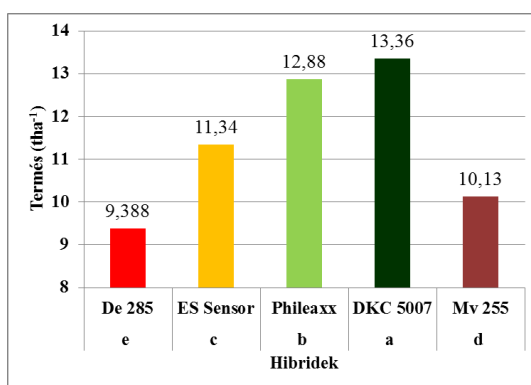
**17. táblázat:** A genotípus, az öntözés és a N-műtrágya kezelések hatása a kukorica termésére (Látókép, 2014)

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>F)
<b>Hiba: Ismétlés</b>					
Maradék	1	12,16	12,16		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek</b>					
Hibridek	4	421,8	105,5	529,7	1,06*10 <sup>-05***</sup>
Maradék	4	0,8	0,2		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Öntözés</b>					
Öntözés	1	1,551	1,5512	1,788	0,239 <sup>ns</sup>
Hibridek x Öntözés	4	0,831	0,2076	0,239	0,905 <sup>ns</sup>
Maradék	5	4,337	0,8674		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Kezelés</b>					
Kezelés	6	253,08	42,18	43,601	1,7*10 <sup>-13***</sup>
Hibridek x Kezelés	24	36,40	1,52	1,568	0,121 <sup>ns</sup>
Maradék	30	29	0,97		
<b>Hiba: Ismétlés x Hibridek x Öntözés x Kezelés</b>					
Öntözés x Kezelés	6	11,76	1,9596	1,583	0,186 <sup>ns</sup>
Hibridek x Öntözés x Kezelés	24	15,98	0,6656	0,538	0,939 <sup>ns</sup>
Maradék	30	37,13	1,2377		
<b>Hiba: Belső</b>					
Maradék	40	97,96	2,449		
Szignifikancia: ns = nem szignifikáns, *** 0,1%					

A post hoc teszt eredményei alapján elmondható, minden hibrid terméseredménye szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) különbözött egymástól (60. ábra). A legnagyobb termést 2014-ben a DKC 5007 hibrid érte el. Ettől 480 kg ha<sup>-1</sup>-ral maradt el a Phileaxx hibrid (12,88 t ha<sup>-1</sup>), valamint 2,02 t ha<sup>-1</sup>-ral az ES Sensor hibrid (11,34 t ha<sup>-1</sup>). Az Mv 255 hibrid (10,13 t ha<sup>-1</sup>) termése 740 kg ha<sup>-1</sup>-ral volt nagyobb, mint a legkisebb termést adó De 285 hibrid (9,39 t ha<sup>-1</sup>).

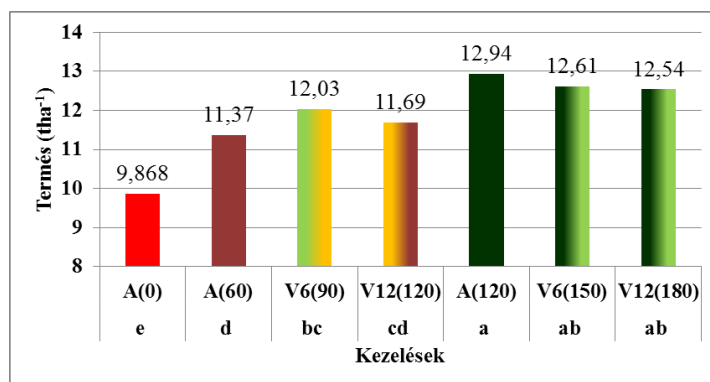
A műtrágyázás is befolyásolta a termést, a legnagyobb hozamot 12,94 t ha<sup>-1</sup>-t ebben az évjáratban az A<sub>(120)</sub> kezelés, azaz a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya kezelés mellett érték el. Ez az eredmény nem különbözött sem a V6<sub>(150)</sub>, sem pedig a V12<sub>(180)</sub> kezeléstől. A V6<sub>(90)</sub> kezelés, azaz a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap- + 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya mellett elért (12,03 t ha<sup>-1</sup>) termés szignifikánsan nagyobb az A<sub>(60)</sub> kezelés mellett mért (11,37 t ha<sup>-1</sup>)

terméseredményektől. A V12<sub>(120)</sub> kezelés mellett (11,69 t ha<sup>-1</sup>) mért terméseredmények nem voltak elkülöníthetőek sem a V6<sub>(90)</sub>, sem az A<sub>(60)</sub> kezeléstől, azaz a második fejtrágyázásnak nem volt hatása 60 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya-dózis mellett (61. ábra). A post hoc teszt alapján 2014-ben az A<sub>(120)</sub> kezelés, azaz a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya tekinthető a legjobb kezelésnek, mivel terméseredményben nem különbözött a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alap- és fejtrágya-kezelésektől. Ez az eredmény *Berenguer et al.* (2009) kísérleti eredményéhez hasonló tendenciát mutat, miszerint, egy műtrágyaszint felett a kijuttatott többlet már nem hasznosul. *Berenguer et al.* (2008) négy éves kísérletétől eltérően a mi kísérletünkben a fejtrágyának 2014-ben nem volt már kimutatható hatása. Azonban *Berenguer et al.* (2008) kísérletében is a nagyobb mennyiségű alaptrágya mellett már nem volt szükség fejtrágyázásra.



Jelmagyarázat: Eltérő színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján különböznek.

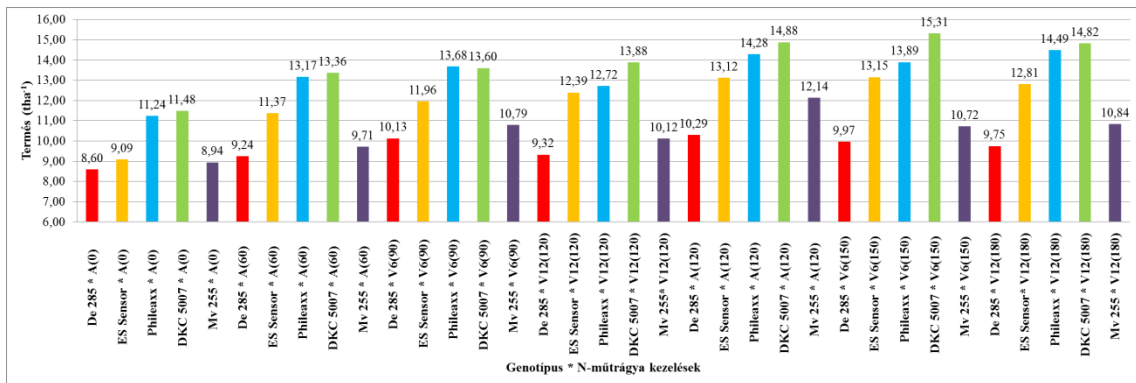
**60. ábra:** Genotípus hatása a termésre öntözés és N-műtrágya kezelések átlagában (t ha<sup>-1</sup>) (Látókép, 2014)



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

**61. ábra:** A N-műtrágya hatása a termésre genotípus és öntözés kezelés átlagában (t ha<sup>-1</sup>) (Látókép, 2014)

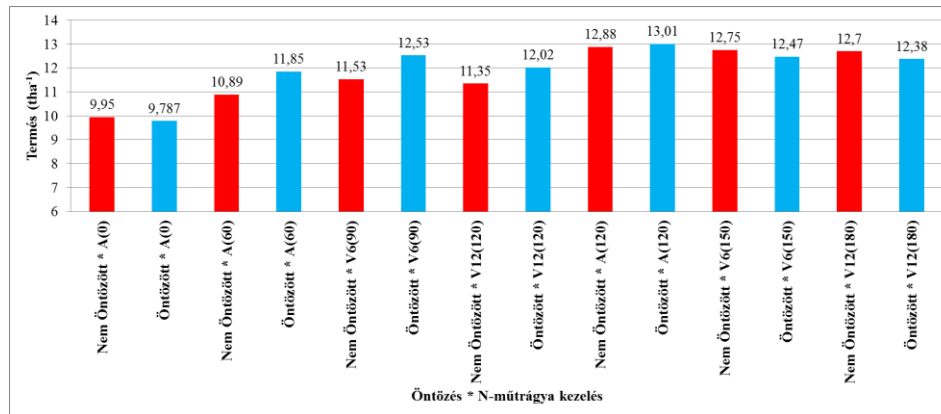
Ebben az évjáratban a hibridek és a N-műtrágya kezelések kölcsönhatása nem befolyásolta a terméseredményeket. Megfigyelhető a De 285 hibrid gyenge műtrágyareakciója (62. ábra).



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos hibridet jelölnek.

**62. ábra:** A genotípus és a N-műtrágya kezelések hatása a termésre öntözés kezelés átlagában (t ha<sup>-1</sup>)(Látókép, 2013)

Az öntözés sem N-műtrágya kezelések átlagában, sem kezelésként vizsgálva nem befolyásolta a termést (63. ábra)



Jelmagyarázat: Piros a nem öntözött, kék az öntözött változat

**63. ábra:** Az öntözés és a N-műtrágyázás hatása a termésre genotípusok átlagában (t ha<sup>-1</sup>)(Látókép, 2014)

#### 5.2.4. Az alap- és fejtrágyás, valamint évjárat hatása a kukoricatermesre

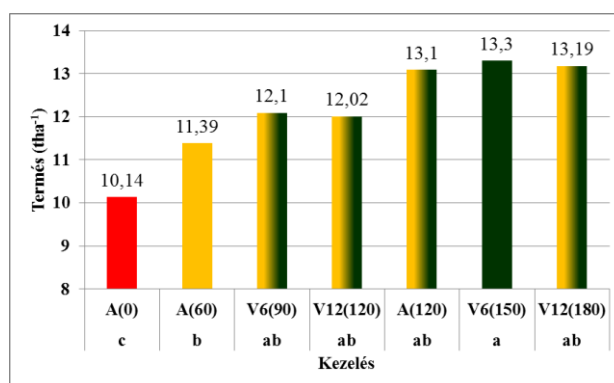
Ismételt mérési modell segítségével elemeztük a kapcsolatot a műtrágyázás, az évjárat hatása és a termés között. A műtrágyázás és az évjárat hatása 0,1%-os szignifikancia szint mellett volt kimutatható a termésre, míg a két tényező kölcsönhatása nem érvényesült (18. táblázat). *Berenguer et al.* (2008) négy éves

kísérleti eredményeihez hasonlóan, a hároméves kísérletünkben az évjárat és a műtrágyázás befolyásolta a kukorica termését, azonban tőle eltérően a műtrágyázás és az évjárat interakciójának nem volt szignifikáns hatása a termésre.

**18. táblázat:** Az N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica termésére a vizsgált években, genotípusok átlagában (Látókép, 2012-2014)

	Szabadság fok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>F)
<b>Hiba: Parcella azonosító</b>					
<b>Kezelés</b>	6	431,5	71,91	8,304	$4,72 \cdot 10^{-7}$ ***
<b>Maradék</b>	83	718,8	8,66		
<b>Hiba: Parcella azonosító x Év</b>					
<b>Év</b>	2	299	149,5	110,844	$<2 \cdot 10^{-16}$ ***
<b>Kezelés x Év</b>	12	19,94	1,66	1,232	0,265 <sup>ns</sup>
<b>Maradék</b>	166	223,89	1,35		
Szignifikancia: ns= nem szignifikáns, *** 0,1%					

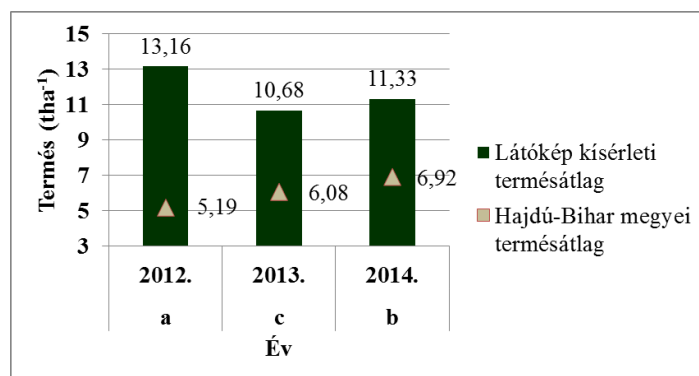
Mind a hat műtrágya-kezelés szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) különbözött a nem műtrágyázott kezeléstől (64. ábra), hasonlóan *Rátonyi et al.* (2014) eredményeihez. A legnagyobb termést három év átlagában,  $13,3 \text{ t ha}^{-1}$ -t a  $V6_{(150)}$  kezelés, azaz  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alap- +  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágya-kezelés mellett érték el. Ez szignifikánsan különbözött a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya kezeléstől. A  $V12_{(180)}$ ,  $A_{(120)}$ ,  $V6_{(90)}$  és a  $V12_{(120)}$  kezelések nem különböztek szignifikánsan a  $V6_{(150)}$  és az  $A_{(60)}$  kezeléstől. Ez a tendencia, miszerint a nitrogén műtrágya mennyiségének növelése egy bizonyos dózis felett nem növeli a termést, hasonló *Vad és Dóka* (2009), valamint *Dóka és Pepó* (2007) kísérleti eredményeihez.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok a Student - Newman - Keuls teszt alapján nem különböznek.

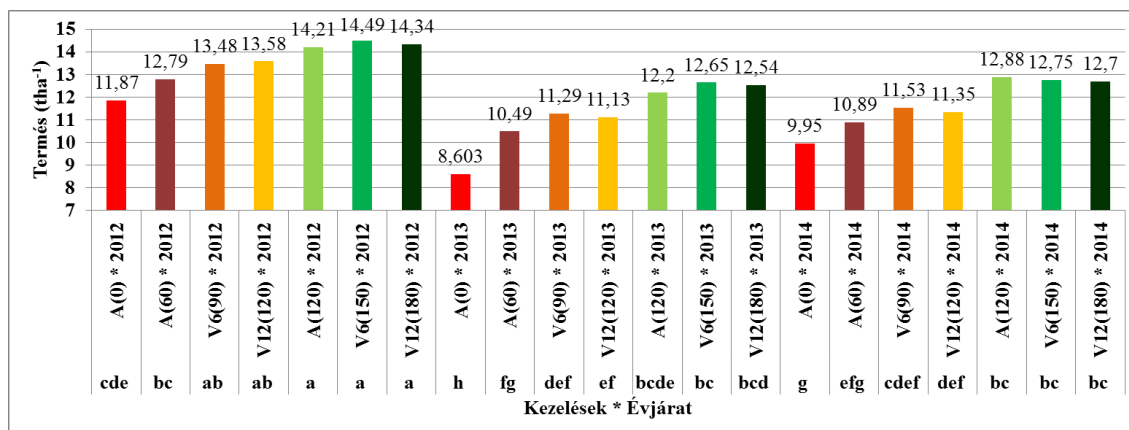
**64. ábra:** A N-műtrágya hatása a termésre öntözetlen körülmények között genotípusok átlagában ( $\text{t ha}^{-1}$ ) (Látókép, 2012–2014)

Mindhárom vizsgált év szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) különbözött egymástól, a legnagyobb termést – a kezelések átlagában – 2012-ben mértük. Ez aszályos évjárat volt, azonban a május, június és júliusi csapadék több volt, mint a sokéves átlag, ami hozzájárult a  $13,2 \text{ t ha}^{-1}$ -os termésátlag eléréséhez, ez  $8,01 \text{ t ha}^{-1}$  több, mint a Hajdú-Bihar megyei termésátlag (KSH, 2017). A vizsgált évek közül a második legnagyobb termést 2014-ben mértük, amely a kísérlet átlagban  $11,3 \text{ t ha}^{-1}$ , ami  $4,41 \text{ t ha}^{-1}$ -ral több volt, mint a megyei termésátlag (KSH, 2017). Az év júliusában a sokéves csapadék több mint kétszerese hullott, így kismértékben csökkentette az aszályos június hatását a termésre. A legkisebb termés ( $10,7 \text{ t ha}^{-1}$ ) 2013-ban volt, ez év májusában a sokéves átlaghoz képest majdnem 30%-kal több csapadék hullott, azonban az ezt követő erős aszály és a megkésett, virágzás utáni öntözés jelentős mértékben negatívan befolyásolta a termést. A 2013 évi kísérleti termésátlag  $4,60 \text{ t ha}^{-1}$ -ral nagyobb volt, mint a megyei átlag (65. ábra).



**65. ábra:** A vizsgált évjáratok hatása a termésre genotípusok és N-műtrágya kezelés átlagában öntözetlen körülmények között ( $\text{t ha}^{-1}$ ) (Látókép, 2012–2014; KSH, 2017)

Az évjárat és a műtrágyázás közötti interakció nem volt szignifikáns öntözetlen körülmények között, azonban a vizsgált évek összegzésére alkalmas az interakció grafikon (66. ábra). A három vizsgált évből 2012-ben és 2013-ban a  $V6_{(150)}$  kezelés bizonyult a legjobbnak termés szempontjából, azonban nem különbözött szignifikánsan az  $A_{(120)}$  kezeléstől. A három vizsgált évben a fejtrágyázásnak a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya felett nem volt hatása a termésre, azonban a három vizsgált évben *Berényi et al.* (2007) eredményeihez hasonlóan a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya igazolható termésnövekedést adott.



Jelmagyarázat: Azonos színnel jelölt adatok azonos N-műtrágya kezelést jelölnek.

**66. ábra:** Az alap- és fejtrágyázás, valamint az évjárat hatása a termésre genotípusok átlagában, öntözetlen körülmények között (t ha<sup>-1</sup>) (Látókép, 2012–2014)

### 5.3. RELATÍV KLOROFILLTARTALOM ÉS A TERMÉS KAPCSOLATÁNAK VIZSGÁLATA

Tekintettel arra, hogy több kutató (Piekielek és Fox, 1992; Schepers et al., 1992; Berzsenyi és Lap, 2003a; Ványiné, 2008; Ványiné és Nagy, 2012) a SPAD-502 műszert alkalmasnak találta a levél SPAD érték alapján termés becslésre és a kukorica N-ellátottságának megfigyelésére a tenyészidőszakban, ennek megfelelően mi is regresszióanalízist végeztünk a különböző fenológiai fázisokban mért kukorica levél klorofill-koncentrációk és a termés között.

#### 5.3.1. A különböző fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata

A vizsgált három év átlagában az egyes fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata a 6 leveles állapotban gyenge volt. Az öntözött változatban mért értékek erősebb kapcsolatot mutattak, mint az öntözetlen változatban (19. táblázat). A 12 leveles állapotban mért eredmények hasonlóan gyenge kapcsolatot mutattak. Itt azonban az öntözetlen változat kapcsolata erősebb volt, mint az öntözötté. Az R1 fenofázisban közepesen szoros kapcsolat volt a SPAD értékek és a termés között. Ebben a fenofázisban a nem öntözött parcellák jobban befolyásolták a mért terméseredményeket, mint az öntözött parcellák. Nagy (2010) eredményeihez hasonlóan gyenge volt a kapcsolat a relatív klorofilltartalom és a termés között az öntözetlen változatban, azonban vele ellentétben az öntözött változatban is gyenge kapcsolat volt a SPAD értékek és a termés között.

**19. táblázat:** A SPAD értékek és a termés kapcsolata különböző fenológiai fázisokban és öntözési változatokban a vizsgált évek és genotípusok átlagában (Látókép, 2012-2014)

Fenológiai fázis	Öntözés	r	r <sup>2</sup>	r <sup>2</sup> %	Szignifikancia (P<)
6 leveles	nem	0,272	0,074	7,41	0,000807***
6 leveles	igen	0,355	0,126	12,62	1,14*10 <sup>-09</sup> ***
12 leveles	nem	0,322	0,103	10,38	3,67*10 <sup>-08</sup> ***
12 leveles	igen	0,296	0,087	8,78	4,25*10 <sup>-07</sup> ***
50% nővirágzás	nem	0,543	0,295	29,53	<2*10 <sup>-16</sup> ***
50% nővirágzás	igen	0,507	0,257	25,78	<2*10 <sup>-16</sup> ***
Szignifikancia: *** 0,1%					

Mivel az általunk meghatározott determinációs koefficiensek elmaradtak *Berzsenyi és Lap* (2003a) R1 fenofázisban mért, 5 év átlagában elért 30,4-36,8%-os r<sup>2</sup> eredményeitől, így évente is megvizsgáltuk a kukorica levél klorofill-koncentráció és a termés kapcsolatát.

### **5.3.2. Eltérő fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata 2012-ben**

A 6 leveles állapotban – öntözetlen körülmények között – mért SPAD értékek és a termés között **2012**-ben gyenge (r=0,372) volt a kapcsolat, a mért kukorica levél klorofill-koncentrációk 13,9%-ban befolyásolták a terméseredményeket (P<0,001). Öntözött körülmények között 6 leveles állapotban mért SPAD értékek és a termés között közepesen szoros volt a kapcsolat (r=0,583). A SPAD értékek 33,9%-ban befolyásolták (P<0,001) a terméseredményeket.

Öntözetlen körülmények között V12 fenofázisban mért SPAD értékek és a termés között gyenge volt a kapcsolat (r=0,361), ebben a fenológiai fázisban mért SPAD értékek 13%-ban befolyásolták (P<0,001) a termést. Öntözés mellett a 12 leveles állapotban mért SPAD értékek gyenge (r=0,366) kapcsolatban álltak a hozamokkal, és 13,4%-ban befolyásolták (P<0,001) a terméseredményeket.

Öntözetlen körülmények között R1 fenofázisban mért SPAD értékek és a terméseredmények között gyenge (r=0,398) kapcsolatot figyeltünk meg, a mért értékek 15,9%-ban befolyásolták (P<0,001) a terméseredményeket. Öntözött körülmények között R1 fenofázisban 0,1%-os szignifikancia szint mellett közepesen szoros (r= 0,441) kapcsolat volt a termés és a SPAD értékek között. A mért SPAD értékek 19,5%-ban

befolyásolták a terméseredményeket (20. táblázat). Ez az érték elmarad *Berzsenyi és Lap* (2003a) R1 fenofázisban 5 év átlagában mért 30,4-36,8%-os  $r^2$  eredményeitől, azonban *Blackmer és Schepers* (1996) eredményeitől nagyobb mértékű kapcsolatot mutattunk ki.

**20. táblázat:** A SPAD értékek és a termés kapcsolata különböző fenológiai fázisokban és öntözési változatokban a genotípusok átlagában (Látókép, 2012)

Fenológiai fázis	Öntözés	r	$r^2$	$r^2\%$	Szignifikancia (P<)
6 leveles	nem	0,374	0,139	13,99	0,000167***
6 leveles	igen	0,583	0,339	33,99	$9,91 \cdot 10^{-10}$ ***
12 leveles	nem	0,360	0,130	13,01	0,000282***
12 leveles	igen	0,366	0,134	13,40	0,000229***
50% nővirágzás	nem	0,398	0,158	15,85	$6,04 \cdot 10^{-05}$ ***
50% nővirágzás	igen	0,441	0,194	19,48	$7,97 \cdot 10^{-06}$ ***
Szignifikancia: *** 0,1%					

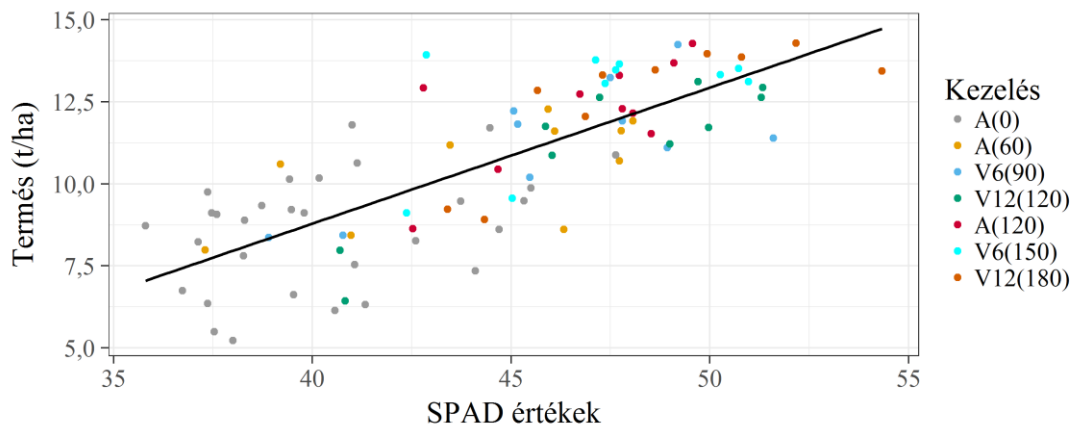
### 5.3.3. Eltérő fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata 2013-ban

A 2013-as évjáratban 6 leveles állapotban öntözetlen körülmények között 0,1%-os szignifikancia szint mellett, közepesen szoros ( $r=0,447$ ) kapcsolatot mutattunk ki a SPAD értékek és a kukorica termése között. A SPAD értékek 19,9%-ban befolyásolták a kukorica termését. Öntözött körülmények között 6 leveles állapotban közepesen szoros ( $r=0,445$ ) kapcsolat volt a SPAD értékek és a terméseredmények között. A mért SPAD értékek 0,1%-os szignifikancia szint mellett 19,8%-ban befolyásolták a termést (21. táblázat).

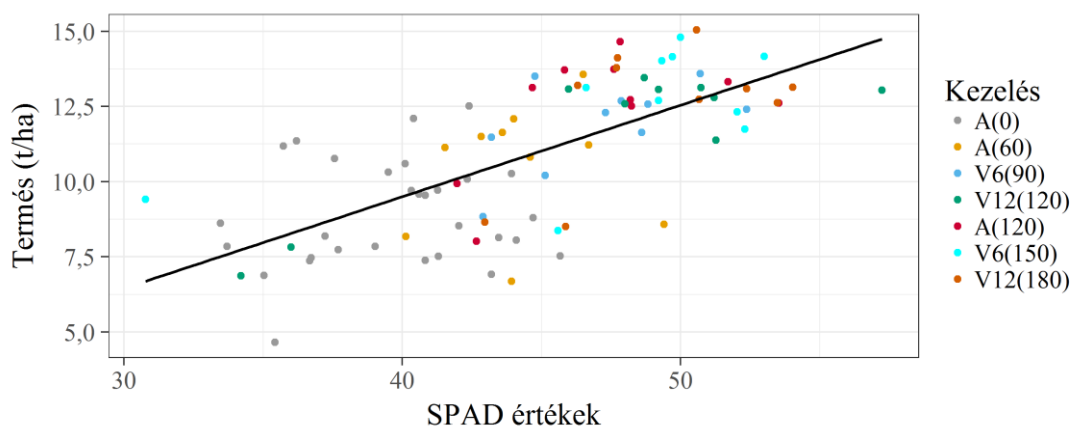
**21. táblázat:** A SPAD értékek és a termés kapcsolata különböző fenológiai fázisokban és öntözési változatokban, genotípusok átlagában (Látókép, 2013)

Fenológiai fázis	Öntözés	r	$r^2$	$r^2\%$	Szignifikancia (P<)
6 leveles	nem	0,446	0,199	19,98	$5,99 \cdot 10^{-06}$ ***
6 leveles	igen	0,445	0,198	19,82	$6,56 \cdot 10^{-06}$ ***
12 leveles	nem	0,781	0,610	61,01	$< 2 \cdot 10^{-16}$ ***
12 leveles	igen	0,692	0,479	47,97	$2,4 \cdot 10^{-14}$ ***
50% nővirágzás	nem	0,653	0,427	42,72	$1,74 \cdot 10^{-12}$ ***
50% nővirágzás	igen	0,572	0,327	32,75	$2,28 \cdot 10^{-09}$ ***
Szignifikancia: *** 0,1%					

Szárazgazdálkodásban 12 leveles állapotban a SPAD értékek és a termés kapcsolata szoros volt ( $r=0,781$ ). A mért klorofill-koncentrációk 61%-ban ( $P<0,001$ ) befolyásolták a kukorica termését (67. ábra). A 12 leveles állapotban öntözött változatban mért kukorica levél klorofill-koncentrációk szoros ( $r=0,692$ ) korrelációt mutattak a terméssel. A SPAD értékek 0,1%-os szignifikancia szint mellett 48%-ban befolyásolták a termést (68. ábra).



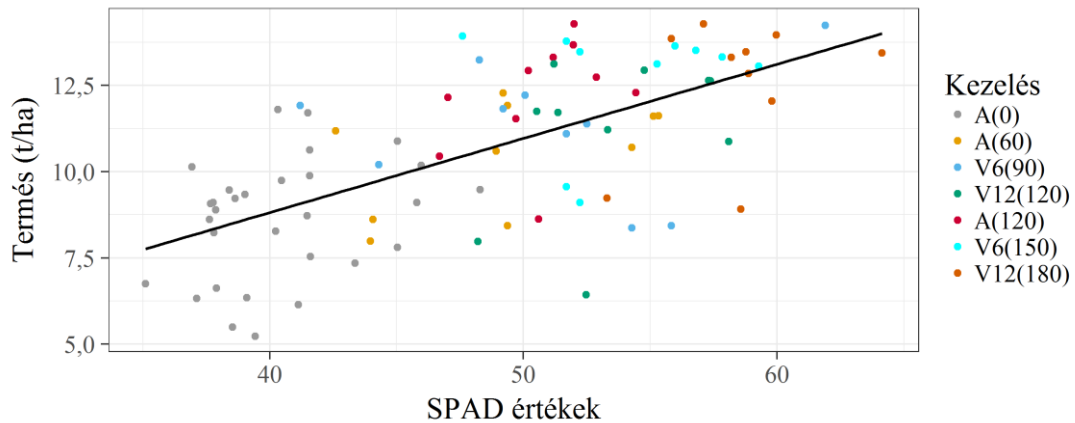
**67. ábra:** 12 leveles állapotban mért SPAD értékek és a terméseredmények kapcsolata öntözetlen körülmények között (Látókép, 2013)



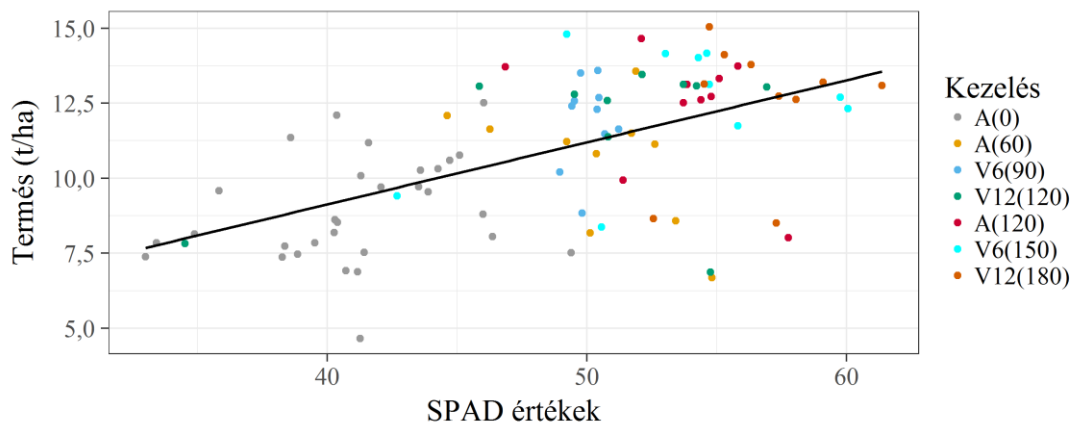
**68. ábra:** 12 leveles állapotban mért SPAD értékek és a terméseredmények kapcsolata öntözött körülmények között (Látókép, 2013)

Öntözetlen körülmények között 50%-os nővirágzásban mért SPAD értékek közepes ( $r=0,653$ ) kapcsolatban voltak a terméseredményekkel ( $P<0,001$ ). A mért klorofill-koncentrációk 42,7%-ban befolyásolták a kukorica termését (69. ábra). Az R1 fenofázisban öntözött változatban közepesen szoros ( $r=0,572$ ) kapcsolatot mutatott ki a regresszióanalízis a hozamok és a kukorica klorofill-koncentrációja között ( $P<0,001$ ). A

SPAD értékek 32,8%-ban befolyásolták a termést (70. ábra). Ezek az értékek hasonlóak *Berzsenyi és Lap* (2003a) R1 fenofázisban 5 év átlagában mért 30,4-36,8%-os  $r^2$  eredményeihez.



**69 ábra:** R1 fenofázisban mért SPAD értékek és a terméseredmények kapcsolata öntözetlen körülmények között (Látókép, 2013)



**70. ábra:** R1 fenofázisban mért SPAD értékek és a terméseredmények kapcsolata öntözött körülmények között (Látókép, 2013)

#### **5.3.4. Eltérő fenológiai fázisokban mért SPAD értékek és a termés kapcsolata 2014-ben**

A vizsgált évjáratban 6 leveles fenológiai fázisban sem az öntözött, sem az öntözetlen változatban nem volt statisztikailag igazolható kapcsolat a kukorica levelek relatív klorofill-koncentrációja és a termés között.

Öntözetlen körülmények között 12 leveles fenofázisban 5%-os szignifikancia szint mellett igen gyenge ( $r=0,184$ ) kapcsolat volt a SPAD értékek és a kukorica termése között. A mért relatív klorofill-koncentrációk 3,4%-ban befolyásolták a kukorica hozamát.

A 2014-es évjáratban öntözés mellett a 12 leveles állapotban mért SPAD értékek és a terméseredmények között gyenge ( $r=0,203$ ) volt a kapcsolat ( $P<0,05$ ). A kukorica levél relatív klorofill-koncentrációja 4,1%-ban befolyásolta a termést.

Az 50%-os nővirágzás állapotban, öntözetlen változatban a SPAD értékek és termés között igen gyenge ( $r=0,203$ ) kapcsolatot találtunk ( $P<0,05$ ). A mért kukorica levél relatív klorofill-koncentrációk 4,1%-ban befolyásolták a hozamot. Öntözött változatban R1 fenofázisban gyenge ( $r=0,286$ ) kapcsolat volt a mért SPAD értékek és a kukorica termése között (22. táblázat). A vizsgált levél klorofill-koncentrációk 1%-os szignifikancia szint mellett 8,2%-ban befolyásolták a hozamot. Ez az összefüggés eredmény mind az öntözött, mind az öntözetlen változatban hasonló tendenciát mutat *Blackmer és Schepers* (1996) alacsony ( $r^2=0,05$ ) korrelációs koefficiens eredményéhez, azonban ez az eredmény ellentétes *Piekeley és Fox* (1992), valamint *Berenguer et al.* (2009) eredményeivel.

**22. táblázat:** A SPAD értékek és a termés kapcsolata különböző fenológiai fázisokban és öntözési változatokban a genotípusok átlagában (Látókép, 2014)

Fenológiai fázis	Öntözés	r	r <sup>2</sup>	r <sup>2</sup> %	Szignifikancia (P<)
6 leveles	nem	0,130	0,016	1,69	ns
6 leveles	igen	0,1351	0,018	1,82	ns
12 leveles	nem	0,184	0,033	3,39	0,0451*
12 leveles	igen	0,202	0,041	4,10	0,0309*
50% nővirágzás	nem	0,202	0,041	4,10	0,03093*
50% nővirágzás	igen	0,286	0,081	8,19	0,00361**
Szignifikancia: *** 0,1%					

#### 5.4. N-TRÁGYÁZÁSI SZAKTANÁCSADÁS REFERENCIA TERÜLETEKEN MÉRT SPAD-MÉRÉSEK ALAPJÁN

A nitrogén műtrágyázás környezetterhelése legnagyobb a makroelemek közül. A túlzott nitrogéntrágyázás szennyezi a talajvizet, a felszíni vizekben eutrofizációt okozhat. A nitrogén helyes adagolása biztosítja a gazdaságos hozamokat, a lehető legkisebb környezetterhelés mellett.

Kutatásunk végső célja a gazdálkodók döntéstámogatása volt. Több kutató (*Schröder et al.*, 2000; *Pakurár et al.*, 2003; *Ványiné*, 2008) által leírt referencia terület alapján

adagolt nitrogén műtrágyázási módszer validálása volt a cél kisparcellás mérési adatok alapján, mely kiegészítheti a tápanyag-gazdálkodási terveket. A módszer alapja, hogy az adott táblán egy kisméretű (néhány vetőgép aljnnyi) nitrogénnel jól ellátott mintaterületet alakítunk ki. A referencia területhez képest a célterületen mért SPAD értékek *Ványiné* (2008) ajánlása szerint 98 %-os, *Schröder et al.* (2000) valamint *Blackmer és Schepers* (1995) és *Piekielek et al.* (1995) szerint 92-95 %-os, *Shanahan et al.* (2008) szerint 95%-os határon belül jól ellátottak. Számításainkat a *Ványiné* (2008) által leírt összefüggéssel, szárazgazdálkodásban ajánlott 6 kg-os, és öntözött körülményeknél ajánlott 9 kg-os szorzótényezőt használtuk.

$$100 * \frac{\text{Ref-T}}{\text{Ref}} * 6 \text{ (kg N ha}^{-1}\text{)}$$

$$100 * \frac{\text{Ref-T}}{\text{Ref}} * 9 \text{ (kg N ha}^{-1}\text{)}$$

Ahol:

Ref: a referencia területen mért SPAD érték

T: a trágyázandó táblán mért SPAD érték

A számításainkat 98%-os SPAD érték különbséggel végeztük, azaz a képlet alapján 2% különbség alatt nincs teendő, felette 1%-onként öntözetlen esetben 6 kg, öntözött esetben 9 kg N ha<sup>-1</sup> műtrágyával számoltunk. A számításainkat mind 60 kg N ha<sup>-1</sup> és 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya-dózisú referencia területtel végeztük a vizsgált évek átlagában, és az egyes vizsgált évjáratokban is. A referencia területre vetés előtt lehetőleg tavasszal kell a jó ellátottságot biztosító nitrogén műtrágyát kijuttatni. A SPAD-méréseket célszerű a kultivátorozás előtt *6 leveles* fenológiai fázisban elvégezni. A fejtrágyázást pedig célszerű kultivátorral, a referencia terület segítségével számított fejtrágya adagokkal végezni.

Szárazgazdálkodásban három év átlagában a kontroll parcellákra 19 kg N ha<sup>-1</sup> hatóanyagra lett volna szükség a 60 kg N ha<sup>-1</sup> kontroll parcellához viszonyítva. A műtrágyázatlan kontroll parcellán a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya referencia értékhez, 22 kg N ha<sup>-1</sup> hatóanyagra lenne szükség a 98%-os referencia szint eléréséhez. A többi műtrágya-kezelés során nem volt szükség fejtrágyára (23. táblázat).

**23. táblázat:** Fejtrágya igények a 60 és 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya kezelésekhez viszonyítva, öntözetlen körülmények között a vizsgált évek átlagában 6 leveles állapotban (Látókép, 2012-2014)

Kezelés	SPAD átlag	Fejtrágya igény A <sub>(60)</sub> szinthez (kg N ha <sup>-1</sup> )	Fejtrágya igény A <sub>(120)</sub> szinthez (kg N ha <sup>-1</sup> )
A <sub>(0)</sub>	44,11	19	21
A <sub>(60)</sub>	45,58	0,00	0,00
V6 <sub>(90)</sub>	45,77	0,00	0,00
V12 <sub>(120)</sub>	46,42	0,00	0,00
A <sub>(120)</sub>	45,78	0,00	0,00
V6 <sub>(150)</sub>	46,07	0,00	0,00
V12 <sub>(180)</sub>	46,08	0,00	0,00

Számításainkat a 12 leveles állapotban mért értékekkel is elvégeztük a három vizsgált év adatai alapján, hogy megfigyeljük a 6 leveles állapotban kiszórt fejtrágya hatását. Nem öntözött körülmények mellett a 12 leveles állapotban 60 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya szintjéhez a kontroll parcellákon a fejtrágya igény 28 kg N ha<sup>-1</sup>-ra növekedett. A 120 kg N ha<sup>-1</sup> referencia területet használva a kontroll parcellák számított fejtrágya igénye 38 kg N ha<sup>-1</sup>-ra növekedett. A 60 kg N ha<sup>-1</sup>-ral alaptrágyázott parcellák 12 leveles állapotban már 11 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágyát igényeltek a referencia szint eléréséhez. A V6<sub>(90)</sub> kezelésben 6 leveles állapotban kijuttatott 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya hatása megfigyelhető. A V6<sub>(90)</sub> fejtrágya igénye 1,36 kg N ha<sup>-1</sup>, ami 9,33 kg N ha<sup>-1</sup> hatóanyaggal kevesebb, mint az A<sub>(60)</sub> kezelése (24. táblázat).

**24. táblázat:** Fejtrágya igények a 60 és 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya kezelésekhez viszonyítva, öntözetlen körülmények között a vizsgált évek átlagában 12 leveles állapotban (Látókép, 2012-2014)

Kezelés	SPAD átlag	Fejtrágya igény A <sub>(60)</sub> szinthez (kg N ha <sup>-1</sup> )	Fejtrágya igény A <sub>(120)</sub> szinthez (kg N ha <sup>-1</sup> )
A <sub>(0)</sub>	46,24	28	38
A <sub>(60)</sub>	48,48	0,00	11
V6 <sub>(90)</sub>	49,24	0,00	1,36
V12 <sub>(120)</sub>	51,24	0,00	0,00
A <sub>(120)</sub>	49,36	0,00	0,00
V6 <sub>(150)</sub>	51,26	0,00	0,00
V12 <sub>(180)</sub>	52,18	0,00	0,00

Öntözött körülmények között a vizsgált három év átlagában a kontroll parcellákon 24 kg N ha<sup>-1</sup> műtrágya szükséges a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya referencia szintjének eléréséhez. A 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya referencia szint eléréséhez a kontroll parcellákon

50 kg N ha<sup>-1</sup>, a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya mellé 26 kg N ha<sup>-1</sup>, a V6<sub>(90)</sub> kezelésben pedig 22 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágyát kellene még kijuttatni (25. táblázat). Az A<sub>(60)</sub> és a V6<sub>(90)</sub> kezelés a 6 leveles fenológiai állapotban egyformának tekinthető, mivel a fejtrágyázás a SPAD-mérések után történt.

**25. táblázat:** Fejtrágya igények a 60 és 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya kezelésekhöz viszonyítva, öntözött körülmények között a vizsgált évek átlagában 6 leveles állapotban (Látókép, 2012-2014)

Kezelés	SPAD átlag	Fejtrágya igény A <sub>(60)</sub> szinthez (kg N ha <sup>-1</sup> )	Fejtrágya igény A <sub>(120)</sub> szinthez (kg N ha <sup>-1</sup> )
A <sub>(0)</sub>	43,89	24	50
A <sub>(60)</sub>	45,12	0,00	26
V6 <sub>(90)</sub>	45,30	0,00	22
V12 <sub>(120)</sub>	46,03	0,00	0,00
A <sub>(120)</sub>	46,45	0,00	0,00
V6 <sub>(150)</sub>	45,75	0,00	0,00
V12 <sub>(180)</sub>	46,28	0,00	0,00

12 leveles állapotban öntözött körülmények között az A<sub>(60)</sub> alaptrágya szinthez viszonyítva a kontroll parcellák fejtrágya igénye 39 kg N ha<sup>-1</sup>, ami 14 kg N ha<sup>-1</sup>-ral több mint 6 leveles állapotban. A 120 kg N ha<sup>-1</sup> referenciát használva megfigyelhető a V6<sub>(90)</sub> kezelés 6 leveles állapotban kijuttatott fejtrágyája. A kezelés fejtrágya igénye 12 leveles állapotban a 6 leveles állapothoz képest megszűnt (26. táblázat).

**26. táblázat:** Fejtrágya igények a 60 és 120 kg N ha<sup>-1</sup> alaptrágya kezelésekhöz viszonyítva, öntözött körülmények között a vizsgált évek átlagában 12 leveles állapotban (Látókép, 2012-2014)

Kezelés	SPAD átlag	Fejtrágya igény A <sub>(60)</sub> szinthez (kg N ha <sup>-1</sup> )	Fejtrágya igény A <sub>(120)</sub> szinthez (kg N ha <sup>-1</sup> )
A <sub>(0)</sub>	45,93	39	45
A <sub>(60)</sub>	48,00	0,00	20
V6 <sub>(90)</sub>	50,12	0,00	0,00
V12 <sub>(120)</sub>	50,20	0,00	0,00
A <sub>(120)</sub>	49,65	0,00	0,00
V6 <sub>(150)</sub>	50,50	0,00	0,00
V12 <sub>(180)</sub>	51,72	0,00	0,00

## 5.5. A KÍSÉRLETBEN SZEREPLŐ N-MŰTRÁGYA KEZELÉSEK ÖKONÓMIÁJA

A három év átlagában az öntözetlen kezelések között a kontroll parcella 10,14 t ha<sup>-1</sup>-t termelt. Az A<sub>(60)</sub> kezelés 11,39 t ha<sup>-1</sup>, a 60 kg N ha<sup>-1</sup> +30 kg fejtrágyázott kezelés 12,1 t ha<sup>-1</sup>-t, a V12<sub>(120)</sub> kezelés 12,02 t ha<sup>-1</sup>-t eredményezett. Az A<sub>(120)</sub> kezelés alkalmazásakor a termése 13,1 t ha<sup>-1</sup>, a V6<sub>(150)</sub>-nál 13,3 t ha<sup>-1</sup>, a V12<sub>(180)</sub>-nél termése 13,19 t ha<sup>-1</sup> volt. Az értékesítési ár a vizsgált időszakban 45 ezer Ft t<sup>-1</sup> volt, a hektáronkénti támogatás összege 70 ezer Ft-ot tett ki. A vizsgált kezelésekben a termelési érték 526,3 ezer Ft ha<sup>-1</sup> és 668,5 ezer Ft ha<sup>-1</sup> között változott. A termelési költségek ugyanezen kezelésekben 288,8 ezer Ft ha<sup>-1</sup> és 398,6 ezer Ft ha<sup>-1</sup> között alakult. A jövedelem 237,5 ezer Ft és 286,1 ezer Ft ha<sup>-1</sup>, a tevékenységi jövedelem 167,5 ezer Ft ha<sup>-1</sup> és 216,1 ezer Ft ha<sup>-1</sup>, az önköltség 28,12 Ft kg<sup>-1</sup> és 30,22 Ft kg<sup>-1</sup> között volt. Költségarányos jövedelmezőség 57%-tól, 82%-ig, a fedezeti termésátlag 4,86 t ha<sup>-1</sup>-tól, 7,30 t ha<sup>-1</sup>-ig változott (27. táblázat). Az öntözetlen körülmények között szereplő számítások részletesen a 2-8. mellékletben találhatóak.

**27. táblázat:** A különböző kezelések ökonómiai tulajdonságai szárazgazdálkodás mellett (Látókép, 2012-2014)

	A <sub>(0)</sub>	A <sub>(60)</sub>	V6 <sub>(90)</sub>	V12 <sub>(120)</sub>	A <sub>(120)</sub>	V6 <sub>(150)</sub>	V12 <sub>(180)</sub>
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	10,14	11,39	12,1	12,02	13,1	13,3	13,19
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	526300	582550	614500	610900	659500	668500	663550
Termelési költség (Ft ha <sup>-1</sup> )	288815	323541	340338	351481	373357	389095	398669
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	237485	259009	274162	259419	286143	279405	264881
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	167485	189009	204162	189419	216143	209405	194881
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	28,48	28,41	28,13	29,24	28,50	29,26	30,23
Költségarányos jövedelmezőség (%)	82%	80%	81%	74%	57%	58%	60%
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	4,86	5,63	6,01	6,26	6,74	7,09	7,30

A három év átlagában az öntözött kezelés mellett a kontroll parcella termése 10,12 t ha<sup>-1</sup> volt. Az A<sub>(60)</sub> kezelés 12,08 t ha<sup>-1</sup>-t, az V6<sub>(90)</sub> kezelés 12,8 t ha<sup>-1</sup>-t, a 60 kg N ha<sup>-1</sup> + 30 + 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágyázott kezelés 12,54 t ha<sup>-1</sup>-t eredményezett. Az A<sub>(120)</sub> kezelés 13,27 t ha<sup>-1</sup>, a V6<sub>(150)</sub> 13,1 t ha<sup>-1</sup>, a V12<sub>(180)</sub> 13,0 t ha<sup>-1</sup> termést adott. Az értékesítési ár a vizsgált időszakban 45 ezer Ft t<sup>-1</sup> volt, a hektáronkénti támogatás összege 70 ezer Ft-ot tett ki. A vizsgált N-műtrágya kezeléseknél a termelési érték 525,4 ezer Ft ha<sup>-1</sup> és 667,1 ezer Ft ha<sup>-1</sup> között változott. A termelési költségek ugyanezen kezeléseknél 383,0 ezer Ft ha<sup>-1</sup> és 483,2 ezer Ft ha<sup>-1</sup> között változott. A jövedelem 142,3 ezer Ft és 217,8 ezer Ft ha<sup>-1</sup>, a tevékenységi jövedelem 60,3 ezer Ft ha<sup>-1</sup> és 106,3 ezer Ft ha<sup>-1</sup>, az önköltség 33,45 Ft kg<sup>-1</sup> és 37,85 Ft kg<sup>-1</sup> között alakult. Költségarányos jövedelmezőség 36%-tól, 51%-ig, a fedezeti termésátlag 8,51 t ha<sup>-1</sup>-től, 10,74 t ha<sup>-1</sup>-ig változott (28. táblázat). Az öntözött körülmények között szereplő számítások részletesen a 9-15. mellékletben találhatóak.

**28. táblázat:** A különböző kezelések ökonómiai tulajdonságai öntözött körülmények között (Látókép, 2012-2014)

	A <sub>(0)</sub>	A <sub>(60)</sub>	V6 <sub>(90)</sub>	V12 <sub>(120)</sub>	A <sub>(120)</sub>	V6 <sub>(150)</sub>	V12 <sub>(180)</sub>
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	10,12	12,08	12,8	12,54	13,27	13,1	13,0
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	525400	613600	646000	634300	667150	659500	655000
Termelési költség (Ft ha <sup>-1</sup> )	383043	410314	428218	438401	460148	473735	483243
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	142357	203286	217782	195899	207002	185765	171757
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	72357	133286	147782	125899	137002	115765	101757
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	37,85	33,97	33,45	34,96	34,68	36,16	37,17
Költségarányos jövedelmezőség (%)	37%	50%	51%	45%	45%	39%	36%
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	8,51	9,12	9,52	9,74	10,23	10,53	10,74

A három év átlagában az öntözésnek hozamnövelő hatása a kontroll parcellában nem volt. Az A<sub>(60)</sub> kezelés 0,69 t ha<sup>-1</sup>, a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap- + 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágyázott kezelés 0,7 t ha<sup>-1</sup>, a V12<sub>(120)</sub> kezelés 0,52 t ha<sup>-1</sup> terméshozadékot biztosított. Az A<sub>(120)</sub> kezelés termése 0,17 t ha<sup>-1</sup>, a V6<sub>(150)</sub> termése -0,2 t ha<sup>-1</sup>, a V12<sub>(180)</sub> termése -0,19 t ha<sup>-1</sup> volt. A vizsgált kezeléseknél a termelési érték többlet -9 ezer Ft ha<sup>-1</sup> és 31,5 ezer Ft ha<sup>-1</sup>

között változott. A termelési költség többletek ugyanezen kezelésekben 84,5 ezer Ft ha<sup>-1</sup> és 94,2 ezer Ft ha<sup>-1</sup>, a jövedelemtöbblet -55,7 ezer Ft és -95,1 ezer Ft ha<sup>-1</sup> között változott. Az önköltség növekedés 5,32 Ft kg<sup>-1</sup> és 9,36 Ft kg<sup>-1</sup> között volt. Költségarányos jövedelmezőség 12%-tól, 45%-ig csökkent. A fedezeti termésátlag 2,79 t ha<sup>-1</sup>-tól, 3,67 t ha-ig<sup>-1</sup> nőtt (29. táblázat).

**29. táblázat:** Ökonómiai szempontok szerint elemzett öntözéshatás  
(Látókép, 2012-2014)

	A <sub>(0)</sub>	A <sub>(60)</sub>	V <sub>6(90)</sub>	V <sub>12(120)</sub>	A <sub>(120)</sub>	V <sub>6(150)</sub>	V <sub>12(180)</sub>
Hozam változása (t ha <sup>-1</sup> )	-0,02	0,69	0,7	0,52	0,17	-0,2	-0,19
Termelési érték változása (Ft ha <sup>-1</sup> )	-900	31050	31500	23400	7650	-9000	-8550
Termelési költség változása (Ft ha <sup>-1</sup> )	94228	86773	87880	86920	86791	84640	84574
Jövedelem változása (Ft ha <sup>-1</sup> )	-95128	-55723	-56380	-63520	-79141	-93640	-93124
Tevékenységi jövedelem változása (Ft ha <sup>-1</sup> )	-95128	-55723	-56380	-63520	-79141	-93640	-93124
Önköltség változása (Ft kg <sup>-1</sup> )	9,37	5,56	5,33	5,72	6,18	6,91	6,95
Költségarányos jövedelmezőség változása (%)	-45%	-31%	-30%	-29%	-12%	-19%	-25%
Fedezeti pont változása (t ha <sup>-1</sup> )	3,65	3,48	3,51	3,49	3,48	3,44	3,43
Fedezeti pont hiány (t ha <sup>-1</sup> )	3,67	2,79	2,81	2,97	3,31	3,64	3,62

## 5.6. SZÁNTÓFÖLDI TARTAMKÍSÉRLETEK ADATAINAK TÉRBELI ÉS IDŐBELI TÁROLÁSÁNAK FEJLESZTÉSE

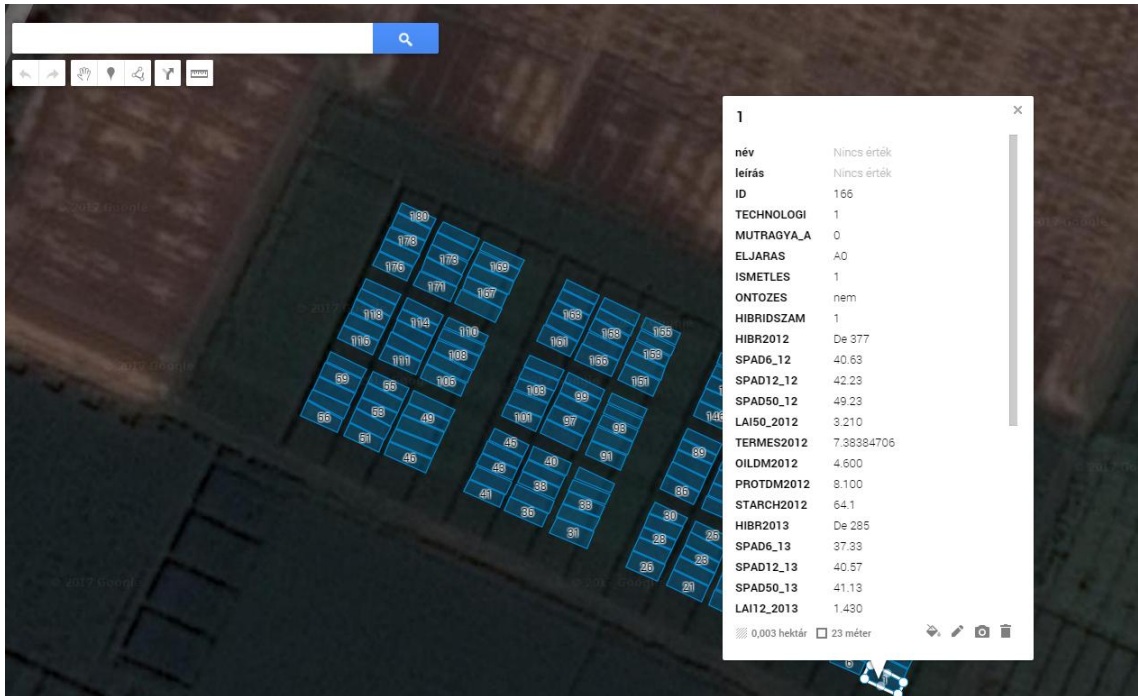
Tartamkísérleteknél változhat a kezelés, sőt akár parcella összevonás is lehetséges. Így a több éves adatbázisban nehéz lehet az egyes parcellákra visszavonakoztatni az adatbázis sorait. Ezzel a fejezettel szeretnénk fejlesztési lehetőséget mutatni a tartamkísérletekkel foglalkozó kutatótársaknak a saját mérési adataik térinformatikai megjelenítésére. Az általunk készített R szkript (1. melléklet) segítségével viszonylag egyszerűen csatolható a korábban elkészített adatbázis a kísérlet Quantum GIS-ben létrehozott parcella körvonalaival. Így a térinformatikai adatbázis a nagymennyiségű és viszonylag egyszerűen csatolható adatokkal megoldást kínál a tartamkísérleteknél gyakorlati problémát jelentő, az egyes parcellák megfelelő tér- és időbeni azonosítására. Ezáltal egyszerűbben nyomon követhető a kísérlet, vagy akár az abban történő változás is. A már meglévő adatbázis számos formátumban exportálható köztük egy *xml* alapú *kml* formátumba, amely *Google Earth* program segítségével jeleníthető meg (71. ábra)



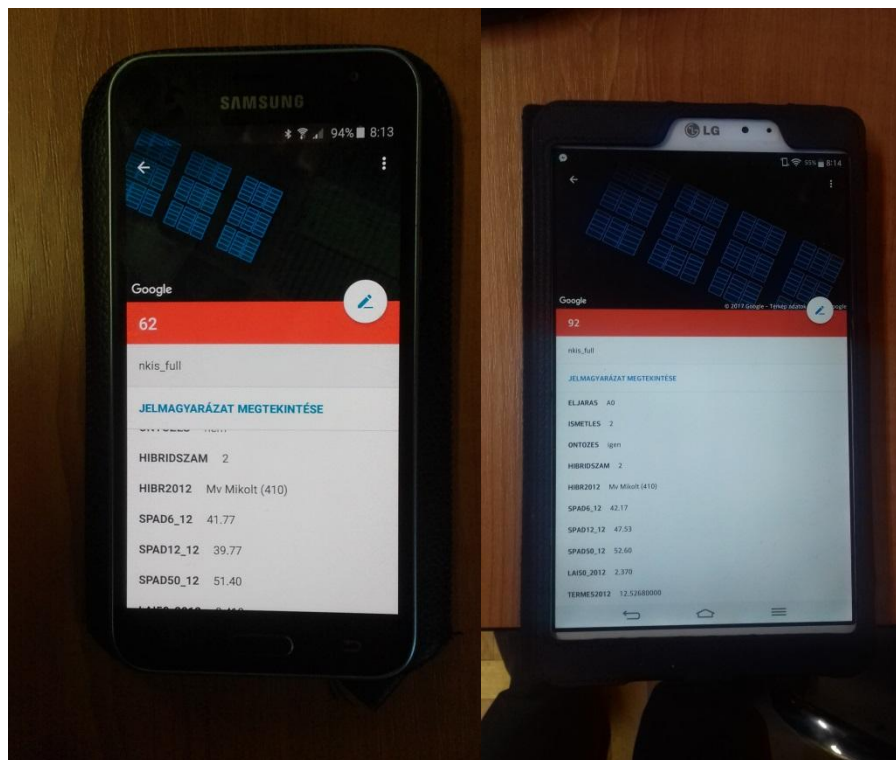
**71. ábra:** Szántóföldi kísérleti adatok megjelenítése Google Earth segítségével.  
(Forrás: Google Earth)

Ez a program platform független, azonban szükség van a telepítésére, illetve így nem szerkeszthető. Másik megoldás a már korábban elkészített *kml* fájlok megjelenítése a „*Google Drive*”-on saját meghajtón „*Google My Maps*” (Google Saját térképek) alkalmazásba való importálása, ahol egy böngésző segítségével megjeleníthető a térkép (72. ábra). Emellett a „*Google My Maps*” (Google Saját térképek) Androidos

mobiltelefonra és tabletre is elérhető, így akár az eszköz GPS pontosságától függően parcella szinten is lehet navigálni a kísérletben (73. ábra). Fontos megjegyezni, hogy a program működéséhez internet szükséges.



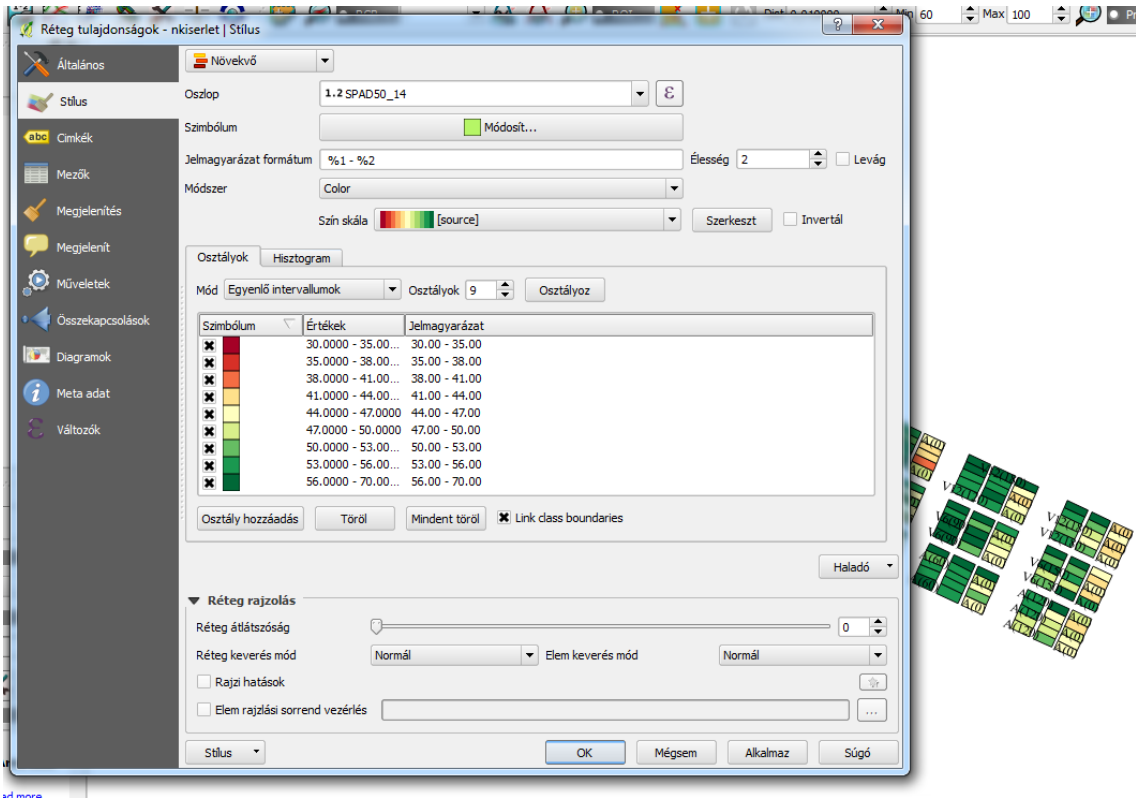
**72. ábra:** Szántóföldi kísérleti adatok megjelenítése „Google My Maps” segítségével „Firefox” böngészőben. (Forrás: Google My Maps)



**73. ábra:** Szántóföldi kísérleti adatok megjelenítése „Google My Maps” segítségével mobiltelefonon és tableten. (Forrás: Google My Maps)

A Google Drive segítségével a kutatócsoporton belül megoszthatóak ezek a térképek, valamint ezen felül még a körvonalak is szerkeszthetők és lehetőség van az attribútum táblán belül már létező üres oszlopok mérési adatokkal történő feltöltésére is.

Nem csak exportált *kml*-ként használható az elkészített térinformatikai adatbázis, hanem akár prezentációs célra is. Az adatokat a program kategorizálja, valamint a felhasználó által megadott módon színezi (74. ábra).



**74. ábra:** Kategóriák létrehozása Quantum GIS-ben térkép kategorizáláshoz  
(Forrás: Quantum GIS)

Az eredménytérképet lapösszeállítással nyomtatható térképként is, vagy egyedi felirattal prezentációs célra használhatjuk. Bármely attribútum oszlop alapján kategorizálható és színezhető az adott réteg. Prezentációs célra használható példák a dolgozatban a kukorica relatív klorofill-koncentrációval (19, 20, 21, 29, 30, 31, 39, 40, 41. ábra) és termésével (49, 54, 59. ábra) foglalkozó fejezetben találhatóak.

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

### *Levél klorofill-koncentráció vizsgálat*

A vizsgált három év átlagában (2012-2014) elmondható, hogy öntözetlen körülmények között már a  $V6_{(90)}$  kezelés, öntözött körülmények között már az  $A_{(60)}$  kezelés mellett, az R1 fenológiai fázisban mért SPAD értékek elérték a *Piekielek et al.*, (1995) által ajánlott 52-56 SPAD értéket, azaz a nitrogén ellátottsága jónak tekinthető.

A kukorica 2012-es évjáratban szárazgazdálkodásban és öntözött körülmények között is már a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alapműtrágya jó N-ellátottságot biztosított.

Az állomány 2013-ban öntözetlen és öntözött körülmények között is, R1 fenofázisban a  $V12_{(120)}$ ,  $V6_{(150)}$  és  $V12_{(180)}$  kezelés volt jó N-ellátottságnak tekinthető.

2014-ben száraz és öntözéses gazdálkodásban 50%-os nővirágzásban, sőt már 12 leveles állapotban is, valamint minden N-műtrágya kezelésnél mért SPAD érték meghaladta a szakirodalmi (*Piekielek et al.*, 1995) limitet. Ebben az évjáratban a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alapműtrágyánál kevesebb is elég lett volna a növény optimális nitrogénellátottságához.

### *Alap- és fejtrágyázás, az évjárat, valamint az öntözés hatása a termésre*

Egyik vizsgált évjáratban sem tudtunk egyértelmű öntözéshatást kimutatni.

A 2012-es évjáratban a legnagyobb, statisztikailag igazolható termést ( $14,42 \text{ t ha}^{-1}$ ) a  $V6_{(150)}$  kezelésnél mértük, ez azonban nem különbözött igazolhatóan az  $A_{(120)}$  kezeléstől.

2013-ban a statisztikailag igazolható legnagyobb termés ( $12,57 \text{ t ha}^{-1}$ ), a  $V6_{(150)}$  kezelés mellett volt. Ettől a termésszinttől a  $V6_{(90)}$  kezelés  $0,71 \text{ t ha}^{-1}$ -ral, a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya kezelés pedig  $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ -ral maradt el. Az eredményeink alapján nagyobb dózisu alaptrágya mellett már nem volt szükség fejtrágyázásra.

A 2014-es évjáratban statisztikailag igazolható legnagyobb termést ( $12,94 \text{ t ha}^{-1}$ ) az  $A_{(120)}$  kezelés eredményezte, ettől nem különbözött a  $V6_{(90)}$  kezelés, ami  $0,91 \text{ t ha}^{-1}$ -ral volt kevesebb.

A ismételt mérési modellel vizsgált évek szignifikánsan különböztek egymástól. A megfigyelt évek közül termés szempontjából a 2012-es évjárat bizonyult a legjobbnak

(13,16 t ha<sup>-1</sup>). Ettől a termésszinttől a 2014-es 1,83 t ha<sup>-1</sup>-ral, a 2013-as évjárat pedig 2,48 t ha<sup>-1</sup>-ral maradt el. A N-műtrágya kezelések közül ez a modell három év átlagában statisztikailag igazolhatóan a V6<sub>(150)</sub> kezelést, azaz a 120 kg N ha<sup>-1</sup> alap- + 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya-kezelést mutatta a legnagyobb termésűnek (13,3 t ha<sup>-1</sup>). Ettől a termésszinttől azonban igazolhatóan nem különbözött a vizsgált évek átlagában sem az A<sub>(120)</sub>, sem a V6<sub>(90)</sub> kezelés, így – környezetvédelmi és gazdaságossági szempontokat figyelembe véve – elmondható, hogy a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap- + 30 kg N ha<sup>-1</sup> tekinthető a legjobb kezelésnek.

#### *A levél klorofill-koncentráció és a termés kapcsolata*

A vizsgált évek és genotípusok átlagában a legerősebb kapcsolat 50%-os nővirágzásban mért SPAD értékek és a termés között volt mind nem öntözött ( $r=0,543$ ), mind öntözött ( $r=0,507$ ) változatban.

A 2012-es évjáratban öntözött és öntözetlen változatban gyenge és közepes kapcsolatot mutattunk ki a mért SPAD értékek és a termés között a különböző fenológiai fázisokban. A leggyengébb termésű 2013-as évben erősebb volt a kapcsolat a SPAD értékek és a termés között. Vizsgált évek átlagában egy tendencia figyelhető meg, miszerint minél jobban közelítünk időben (fenológiai fázisban) a termésképződéshez, annál nagyobb a korrelációs koefficiens érték. Így egyre erősebb a kapcsolat a kukorica levél klorofill-koncentráció és a termés között.

A SPAD-502 készülék a levél „zöldességét” méri, azaz a fény áteresztését a leveleken a vörös (650 nm) és közeli infravörös (940 nm) tartományban, ennek megfelelően számos tényező befolyásolja a mérés eredményeit. Megállapítható, hogy a vizsgált évjáratok alapján a klorofill mérések önmagukban nem használhatóak termésbecslésre, mivel a levél klorofill-koncentrációk mellett az asszimilációs levélfelület, a biomassa, az évjárat és a hibrid mellett számos tényező befolyásolja még a kukorica termését.

#### *N-trágyázási szaktanácsadás referencia területeken mért SPAD-mérések alapján*

Eredményeink alapján a Ványiné (2008) által leírt módszer alkalmas egy túltrágyázott referencia terület alapján történő fejtrágya-adag számításra. A kisebb mennyiségű alaptrágya mellé a 6-10 leveles állapotban kultivátorral kivitelezett fejtrágyázás hatása, 12 leveles állapotban visszaellenőrizhető. A mérések alapján számított igény szerint második, illetve jó vízellátottság esetén harmadik fejtrágyázásra is sor kerülhet például

egy hidas traktor és egy injektor tárcsa (pl: JD 4730 + „Yetter” tárcsa) segítségével, amivel 1,8 méteres növénymagasságig megoldható a tápanyag-visszapótlás.

#### *Térinformatikai adattárolás fejlesztési lehetőségei*

A szántóföldi tartamkísérletek nélkülözhetetlenek a hosszú távú hatások vizsgálatához. Ezen kísérletek értékelése során nagy mennyiségű adat képződik, melyet a kutatók szokásosan Excel vagy SPSS táblázatban tároltak. Az általunk leírt módszer segítségével térben és időben is követhetőek a kísérletben bekövetkező változások, legyen szó akár parcella összevonásról, akár kezelésváltásról. Továbbá a mérési adatokból a szkript segítségével készített eloszlástérképek alapján munkahipotézis állítható fel.

#### *A műtrágyázás hatékonyságának gyakorlatban hasznosítható eredményei*

A legkedvezőbb ökonómiai paraméterekkel a V<sub>6(90)</sub> kezelés rendelkezett. Ennek önköltsége 32 Ft kg<sup>-1</sup>, költségarányos jövedelmezősége 61%, fedezeti termésátlaga 6,93 t ha<sup>-1</sup>, tevékenységi jövedelme 162,7 ezer Ft ha<sup>-1</sup>. Ezáltal szárazgazdálkodásban az eredményeink alapján a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap- és 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya-kezelést javasoljuk.

Az öntözött kezelések esetében statisztikailag igazolható öntözéshatás nem volt, ezért ennek ökonómiai értékelése – tekintve csupán a költségnövekedéseket – irreleváns.

Az A<sub>(120)</sub> kezelés esetében az önköltség 31,67 Ft kg<sup>-1</sup>, költségarányos jövedelmezőség 63%, fedezeti termésátlag 7,66 t ha<sup>-1</sup>. Közgazdasági szempontból optimális lenne azonban, ha a vetés előtt a 120 kg ha<sup>-1</sup> N hatóanyagot (0,45 t ha<sup>-1</sup> MAS-t) egy menetben juttatjuk ki, ami a kukorica növény kritikus fenofázisaiban – a kimosódás következtében – nem fog elég tápanyagot biztosítani, tehát növénytermesztés technológiai szempontok alapján nem javasoljuk. Az eredményeink alapján öntözés mellett is a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap- és 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya-kezelést javasoljuk.

## 7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A vizsgált három év átlagában megállapítottuk, hogy szárazgazdálkodásban a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alap- +  $30 + 30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágya, öntözött változatban a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya növelte a legnagyobb mértékben a SPAD értékeket.
2. Kimutattuk, hogy önmagában a SPAD értékek nem használhatóak termésbecslésre, azonban megfigyelhetünk egy tendenciát, miszerint a fenológiai fázis előrehaladtával a SPAD értékek és a termés közötti kapcsolat erősödik.
3. Kimutattuk továbbá a 6 leveles állapotban kijuttatott  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágya hatását a leírt módszer segítségével. Jól ellátott kisméretű referencia terület alapján 6 leveles fenológiai fázisban meghatározható a kukorica fejtrágya igénye, a kijuttatás után a módszerrel ellenőrizhető annak hatása.
4. A szántóföldi tartamkísérletek adatainak tér- és időbeli tárolására továbbfejlesztettünk egy alkalmazást, amely elősegítheti a kutatások adatfeldolgozását, illetve az ezek prezentálását, valamint az így elkészített eloszlás térképek alapján munkahipotézisek állíthatóak fel.

## 8. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

Kimutattuk a 6 leveles állapotban kijuttatott 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya hatását a leírt módszer segítségével, megerősítjük a módszer létjogosultságát. Segítségével egy enyhén túltrágyázott, kisméretű referencia terület alapján, 6 leveles fenológiai fázisban meghatározható a kukorica fejtrágya igénye, a kijuttatás után a módszerrel ellenőrizhető annak hatása. A mérések alapján számított igény szerint második, illetve jó vízellátottság esetén harmadik fejtrágyázásra is sor kerülhet például JD 4730 + „Yetter” tárcsa segítségével, amivel 1,8 méteres növénymagasságig megoldható a tápanyag-visszapótlás.

Gazdaságossági szempontból a legkedvezőbb eredmény öntözetlen körülmények között a V6<sub>(90)</sub> kezelésben volt. Öntözött körülmények mellett az A<sub>120</sub> kezelés ökonómiai szempontból optimális, azonban növénytermesztés technológiai szempontból kedvezőtlen. Az öntözés a vizsgált három évben – mivel az öntözésnek hozamnövelő hatása nem volt szignifikáns – ökonómiai értelemben negatív előjelű eredménnyel járt. Az eredményeink alapján a 60 kg N ha<sup>-1</sup> alap- és 30 kg N ha<sup>-1</sup> fejtrágya-kezelést javasoljuk mind öntözetlen, mind öntözött gazdálkodásban.

Módszert alkottunk a szántóföldi tartamkísérletek adatainak tér-és időbeli tárolásának fejlesztésére, amely elősegítheti a kutatások adatfeldolgozását, illetve az ezek prezentálását, valamint az így elkészített eloszlás térképek alapján munkahipotézisek állíthatóak fel.

## 9. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatásunk során arra kerestük a választ, hogy az alap- és fejtrágyázás, az öntözés és a fenológiai fázis, hogyan befolyásolja a kukorica levél klorofilltartalmát eltérő évjáratokban. Emellett a genotípus, műtrágyázás, az öntözés, valamint ezek kölcsönhatásai, hogyan hatnak a kukorica termésére. Továbbá az alap- és fejtrágyázás, az évjárat és ezek interakciói, hogyan befolyásolták a termést. Ezek mellett szerettem volna egy új és használható módszert létrehozni a szántóföldi tartamkísérletek adatainak megfelelő térbeli és időbeli tárolására, valamint megjelenítésére.

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Látóképi Kísérleti Telepén közép-kötött alföldi mészlepedékes csernozjom talajon 2011-ben beállított kétismétléses osztott sávos (split-strip plot) kísérletben végeztük 2012. és 2014. között.

A műtrágyakezelések: kezeletlen kontroll,  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$ , illetve  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya;  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$ , illetve  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya +  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágya 6 leveles állapotban; valamint  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$ , illetve  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya + 6 leveles állapotban  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  + 12 leveles állapotban  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágya. A kísérletnek öntözetlen és öntözött változata is van.

A kukorica levelek relatív klorofill-koncentrációját Minolta SPAD-502 típusú hordozható klorofill mérőműszerrel végeztük, a kísérlet minden parcelláján V6, V12 és R1 fenológiai fázisban, ugyanazon a három növényen.

A statisztikai elemzést R statisztikai környezetben Rstudio grafikus felülettel végeztük. A műtrágyázás és a relatív klorofill-koncentrációk összefüggésének, valamint az öntözés és a relatív klorofill-koncentrációk vizsgálatára ismételt mérési modellt alkalmaztunk. Az évjáratok termésre gyakorolt hatásának elemzésére szintén ismételt mérési modellt használtunk a dolgozatban, ahol az időtényező az egyes vizsgálati évek. A műtrágyázás és a termés kapcsolatának elemzéséhez split-strip plot elrendezésű varianciaanalízist végeztünk, a középértékek összehasonlítását minden esetben Student-Newman-Keuls teszttel végeztük. A mért SPAD értékek és a termés kapcsolatának vizsgálatára lineáris regresszióanalízist alkalmaztunk. A kísérletben szereplő parcellák körvonalait GPS segítségével felvételeztük, a térinformatikai környezetben való

adatbevitelre, és ezek megjelenítésre a Quantum GIS-t használtunk. A mért adatokat egy általunk készített R szkript segítségével csatoltuk a parcellakörvonalakhoz.

Az alap- és fejtrágyázás, valamint a fenológiai fázis hatását *nem öntözött* változatban vizsgálatuk, három év átlagában a műtrágya-kezelések, a fenológiai fázis, és ezek interakciója is szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) befolyásolta a kukorica levelek klorofilltartalmát. A legnagyobb statisztikailag igazolható klorofilltartalmat a három vizsgált év átlagában öntözetlen körülmények mellett a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alap- +  $30 + 30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágya-kezelésnél értük el. A fenológiai fázisokban előre haladva 0,1 %-os szignifikancia szint mellett növekedtek a SPAD értékek, a legnagyobb érték 51,5 volt.

*Öntözött* változatban három év átlagában vizsgálva a fenológiai fázis, a műtrágyázás, valamint ezek interakciója statisztikailag igazolhatóan ( $P < 0,001$ ) befolyásolta a kukorica levelek klorofilltartalmát. Ebben a változatban a legnagyobb igazolható ( $P < 0,001$ ) SPAD érték a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya kezelésnél volt. A fenológiai fázisok öntözés mellett is statisztikailag igazolhatóan ( $P < 0,001$ ) növelték a kukorica levelek relatív klorofill-koncentrációját. A legnagyobb 52,59 SPAD értéket R1 fenofázisban figyeltük meg, ettől a többi fenofázisban mért érték szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) különbözött.

Három év átlagában az öntözés és a fenológiai fázis hatását vizsgáltuk a SPAD értékekre, 0,1 % szignifikancia szint mellett *öntözéshatást* R1 fenofázisban mutattunk ki. Az 50%-os növirágzás időpontjában öntözött körülmények között mért 52,59 és az öntözetlen változatban mért 51,5 SPAD érték statisztikailag is különbözött egymástól.

A vizsgált évjáratok közül **2012**-ben *öntözetlen* körülmények között statisztikailag igazolhatóan ( $P < 0,001$ ) legmagasabb relatív klorofill-koncentrációt a  $V12_{(120)}$  kezelésnél, azaz  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alap- +  $30 + 30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágyázással értük el (51,99). Ebben a kezelésben jobban hasznosult öntözetlen körülmények között a nitrogén műtrágya, mint a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágyázásnál (50,3). Ebben az évjáratban szárazgazdálkodásban a fenológiai fázisok hasonló trendet követtek, mint az évek átlagában, azaz 0,1 %-os szignifikancia szint mellett igazolhatóan a legnagyobb relatív klorofilltartalom az R1 fenofázisban volt (55).

*Öntözött* változatban 2012-ben a műtrágyázás, a fenológiai fázis és a változók interakciója is szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) befolyásolták a SPAD értékeket. Statisztikailag igazolhatóan a  $V6_{(90)}$  kezelés növelte legjobban a levél klorofilltartalmát. A fenológiai fázisok közül 50%-os nővirágzásban volt legnagyobb (54,95) a SPAD érték. Az öntözésnek egyértelműen kimutatható hatása ebben az évben nem volt, azonban 12 leveles állapotban az ismételt mérési modell különbséget mutatott ki ( $P < 0,05$ ) az öntözött és öntözetlen változat között.

A **2013**-as évjáratban *szárazgazdálkodásban* a fenológiai fázis, az alap- és fejtrágyázás, valamint ezek kölcsönhatásai is szignifikánsan ( $P < 0,001$ ) befolyásolták a klorofill értékeket. *Öntözetlen* körülmények között a  $V12_{(180)}$  kezelés (50,25) növelte a legjobban a SPAD értékeket a kontroll parcellához (40,4) viszonyítva. A fenológiai fázis hatás a vizsgált évek átlagával megegyező tendenciát mutatott, a legnagyobb érték ebben a változatban R1 fenofázisban volt (48,77).

*Öntözött* változatban is 0,1%-os szignifikancia szint mellett igazolható hatása volt a műtrágyázásnak, a fenofázisnak, valamint ezek kölcsönhatásainak. Ebben a változatban a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alap- + 6 leveles állapotban  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  + 12 leveles állapotban  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  kezelés eredményezte a nagyobb klorofilltartalmat, melynek értéke 50,21. A vegetációs idő előre haladtával növekedtek a SPAD értékek, ebben az évjáratban is a legmagasabb érték öntözött változatban R1 fenofázisban volt (48,89).

Az öntözésnek az egyes fenofázisokban nem volt kimutatható hatása a kukorica levél klorofilltartalmára.

A **2014**-es évjáratban *szárazgazdálkodásban* az alap- és fejtrágyázás, a fenológiai fázis, valamint ezek kölcsönhatásai is statisztikailag igazolhatóak ( $P < 0,001$ ) voltak a SPAD értékekre. Ebben az évben az *öntözetlen* változatban a legnagyobb, 53,82 SPAD értéket  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alap- + 6 leveles állapotban  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  + 12 leveles állapotban  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  kezelésben érték el. A vegetációs időszakban a legnagyobb SPAD érték 12 leveles állapotban volt (54,42). R1 fenofázisban viszont visszaesés (-3,7) következett be a relatív klorofilltartalomban (50,72). Ez a jelenség a növény száradására utal, mivel a júniusi 6,7 mm csapadék még a 35 mm öntözővízzel is kevésnek bizonyult.

*Öntözés mellett* a műtrágyázás, a fenológiai fázis, valamint ezek kölcsönhatásai is igazolhatóan ( $P < 0,001$ ) befolyásolták a kukorica levél klorofilltartalmát 2014-ben. Ebben az évjáratban a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya növelte igazolhatóan a SPAD értékeket.

A legnagyobb érték 12 leveles fenológiai fázisban (54,54) volt, majd kimutathatóan csökkent (-0,61) a levelek klorofilltartalma R1 fenofázisra (53,93).

Ez évben az öntözésnek R1 fenofázisban statisztikailag igazolható ( $P < 0,001$ ) hatása volt a SPAD értékekre, azaz a 12 leveles állapot és 50%-os nővirágzás közötti két öntözéskezelés igazolhatóan csökkentette az aszály hatását.

A termésre **2012**-ben a genotípusnak és a műtrágyázásnak volt 0,1 % szignifikancia szint mellett szignifikáns a hatása. A De 377 hibrid messze elmaradt ( $-3,84 \text{ t ha}^{-1}$ ) termésszintben a nagyobb termést képviselő Mikolt, ES Sensor és DKC 5007 hibrid által alkotott csoporttól. Ebben az évjáratban a legnagyobb igazolható termést ( $14,29 \text{ t ha}^{-1}$ ) a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya kezelés adta.

A **2013**-as évjáratban a műtrágyázás ( $P < 0,001$ ), a genotípus ( $P < 0,001$ ), valamint ezek kölcsönhatása ( $P < 0,01$ ) befolyásolta a kukorica termését. Ebben az évjáratban a De 285 hibrid  $3,065 \text{ t ha}^{-1}$  terméssel maradt el a második legnagyobb termést adó hibridcsoporttól. A  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágya kezelés biztosította a legnagyobb  $12,32 \text{ t ha}^{-1}$  termésátlagot.

Az alap- és fejtrágyázás és a genotípus 0,1 % szignifikancia szint mellett befolyásolta **2014**-ben a kukorica termését. A post hoc teszt alapján minden hibrid különbözött egymástól. A legnagyobb termést ( $13,36 \text{ t ha}^{-1}$ ) a DKC 5007 hibrid, a legkevesebbet ( $9,388 \text{ t ha}^{-1}$ ) a De 285 hibrid adta. A statisztikailag igazolható legnagyobb termést  $12,94 \text{ t ha}^{-1}$ -t az  $A_{(120)}$  kezelésnél, azaz a  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  alaptrágyázással értük el.

A műtrágyázás és az évjárathatás 0,1%-os szignifikancia szint mellett befolyásolta a kukorica termését. A három vizsgált év átlagában legnagyobb igazolható termést ( $13,3 \text{ t ha}^{-1}$ ) a  $V6_{(150)}$  kezelés mellett figyeltük meg. Az egyes évjáratok között szignifikáns különbséget mutattunk ki, a vizsgált évjáratok közül a legnagyobb termést ( $13,16 \text{ t ha}^{-1}$ ) a 2012-es évjáratban mértük.

A SPAD értékek és a termésadatok elemzése során, a vizsgált évek átlagában gyenge és közepes kapcsolat volt kimutatható a különböző fenológiai fázisban mért SPAD értékek és a termés között. A korrelációs együtthatók egy tendenciát mutattak, miszerint a betakarításhoz időben minél közelebb mérjük a kukorica levél klorofill-koncentrációját, annál erősebb a kapcsolat a mért klorofill-értékek és a termés között. A kapcsolatot az eredményeink alapján nagymértékben befolyásolja az évjárat.

A kimosódás nem csak a növénytermesztés gazdaságosságát rontja, hanem a talajvízbe kerülve nitrátszennyezést okoz. Ezeket a problémákat szakszerűen megválasztott alapműtrágya-dózissal csökkenteni lehet. A felhasznált módszerrel egy enyhén túltrágyázott referencia területre vonatkoztatva, jól számítható az alaptrágya mellé kijuttatandó fejtrágya mennyisége a növény igénye szerint. Kísérleti adataink alapján a 6 leveles fenofázisban kiszórt műtrágya hatása 12 leveles állapotban ellenőrizhető a módszerrel.

Tartamkísérleteknél változhat a kezelés, sőt akár parcella összevonás is lehetséges. Így a több éves adatbázisban nehéz lehet az egyes parcellákra visszavonakoztatni az adatbázis sorait. Segítséget szerettünk volna nyújtani a tartamkísérletekkel foglalkozó kutatóknak a mérési adataik térinformatikai tárolására és megjelenítésére. Az általunk készített példaként is használható R szkript segítségével nagymennyiségű mérési adat csatolható a kísérletben szereplő parcellák körvonalaihoz. Ebből a térinformatikai adatbázisból készített eloszlástérképek, segíthetnek a kutatóknak egy szántóföldi kísérletről munkahipotézist felállítani, vagy akár prezentációs célra is használhatók.

Számításaink alapján a legkedvezőbb ökonómiai paraméterekkel a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alap- és  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágya-kezelés rendelkezett. Ennek önköltsége  $32 \text{ Ft kg}^{-1}$ , költségarányos jövedelmezősége 61%, fedezeti termésátlaga  $6,93 \text{ t ha}^{-1}$ , tevékenységi jövedelme  $162,7 \text{ ezer Ft ha}^{-1}$ . Az öntözött kezelések esetében statisztikailag igazolható öntözéshatás nem volt, ezért ennek ökonómiai értékelése – tekintve csupán a költségnövekedéseket – irreleváns.

Mind öntözetlen, mind öntözött körülmények között a  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  alap- és  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  fejtrágya-kezelést javasoljuk.

## 10. SUMMARY

In the course of our research we have been seeking the answer to how basal fertilization, top-dressing, irrigation and the phenological phase influence the relative chlorophyll content of maize in different years. Also, how genotype, artificial fertilization, irrigation and their interactions affect the yield of maize. Besides the above the intention was to elaborate a new and usable method for the proper spatial and temporal storage and display of long-term field trial data.

The examinations have been carried out at the Trial Plant of the University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm on medium hard, lowland, calcareous chernozem soil in the scope of a two-repetition split-strip plot trial (established in 2011) between 2012 and 2014.

The fertilizer treatments have been the following: untreated control, 60 kg N ha<sup>-1</sup> and 120 kg N ha<sup>-1</sup> basal fertilizer; 60 kg N ha<sup>-1</sup> and 120 kg N ha<sup>-1</sup> basal fertilizer + 30 kg N ha<sup>-1</sup> top-dressing at 6-leaf stage; 60 kg N ha<sup>-1</sup> and 120 kg N ha<sup>-1</sup> basal fertilizer + at 6-leaf stage 30 kg N ha<sup>-1</sup> top-dressing + 30 kg N ha<sup>-1</sup> at 12-leaf stage. The trial has irrigated and non-irrigated variants.

Measurement of the relative chlorophyll concentration of the maize leaves has been carried out by means of a Minolta SPAD-502 portable chlorophyll measuring device on every plot of the trial, on three plants at V6, V12 and R1 phenological stages.

Statistical analysis was completed within an R statistic environment by means of the Rstudio graphic interface. For the analysis of the correlation of artificial fertilization and relative chlorophyll concentrations and the correlation of irrigation and relative chlorophyll concentrations a repeated measurement model was used. For the analysis of the effect of the production year on yield also a repeated measurement model has been used in the thesis, where the time factor is based on the years of examination. For the analysis of the correlation of artificial fertilization and yield a split-strip plot arranged variance analysis was carried out; comparison of the mean values was done by means of the Student-Newman-Keuls test in every case. For the analysis of the measured SPAD values and yield linear regression analysis was applied. The outlines of the plots involved in the trial have been recorded via GPS, for data input within the GIS environment and the display of that data QuantumGIS was applied. The measured data

was linked to the plot outlines by means of an own constructed R script. Distribution maps have been produced with the help of the “Google Satellite” map layer which is available in the OpenLayers Plugin of QuantumGIS.

The effect of basal fertilization, top-dressing and the phenological phase was analysed in the non-irrigated variant. In the average of three years artificial fertilizer treatments, the phenological phase and their interaction have significantly ( $P < 0.001$ ) influenced the chlorophyll content of leaves. The highest statistically verifiable chlorophyll content in the average of three years, under non-irrigated circumstances was achieved with the  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer +  $30 + 30 \text{ kg N ha}^{-1}$  top-dressing treatment. Proceeding with phenological phases, SPAD values have increased with a 0,1% significance level; the highest value was 51.5.

According to analysis of the three year average of phenological phase, fertilization and their interaction in the case of the *irrigated* variant, had a statistically verifiable effect ( $P < 0.001$ ) on the chlorophyll content of leaves. In this variant, the highest verifiable ( $P < 0.001$ ) SPAD value was recorded in the case of the  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer treatment. Phenological phases increased the relative chlorophyll concentration at a statistically verifiable ( $P < 0.001$ ) level, in the case of the irrigated variant. The highest SPAD value (52.59) was recorded within the R1 phenophase; the values recorded in the other phenophases differed verifiably ( $P < 0.001$ ).

In the average of three years, the effect of irrigation and phenological phases have been analysed on SPAD values. With a 0.1 % significance level, *irrigation effect* was detected in the R1 phenophase. At time of 50% silking the SPAD values measured under irrigated (52.59) and non-irrigated (51.5) circumstances had a statistical difference.

In 2012 amongst the analysed production years, the highest statistically verifiable ( $P < 0.001$ ) relative chlorophyll concentration under non-irrigated circumstances was achieved in the case of the  $V12_{(120)}$  treatment, with  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer +  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  top-dressing (51.99). In this treatment nitrogen fertilizer was utilised more efficiently under non-irrigated circumstances than in the case of  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer (50.3). In this production year, phenological phases followed a trend to the average of production years, which means that with a 0.1 % significance level the

highest statistically verifiable chlorophyll-content was recorded in the R1 phenophase (55).

In the *irrigated* variant in **2012**, artificial fertilization, phenological phases and their interaction significantly ( $P < 0.001$ ) influenced SPAD values. In a statistically verifiable way, the  $V6_{(90)}$  treatment increased leaf relative chlorophyll content the most. Amongst phenological phases, the SPAD value was the highest (54.95) in 50% silking. Irrigation did not have an unanimously detectable effect in this year, however at 12-leaf stage the measurement model detected a difference ( $P < 0.05$ ) between the irrigated and non-irrigated variants.

In the production year of **2013**, in the case of *dry farming* phenological phase, fertilization and their interactions significantly ( $P < 0.001$ ) influenced chlorophyll values. Under *non-irrigated* circumstances the  $V12_{(180)}$  treatment (50.25) increased SPAD values the most in comparison with the control plots (40.4). The effect of phenological phase showed a tendency identical to the average of the examined years; the highest value in this variant was recorded in the R1 phenophase (48.77).

Also, in the *irrigated* variant, with a 0.1% significance level artificial fertilization, phenophase and their interactions had verifiable effect. In this variant, the  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer + 30 (at 6-leaf stage) +  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  (at 12-leaf stage) treatment resulted in the higher chlorophyll content, which was 50.21. With vegetation time, SPAD values have increased and the highest value was recorded in the R1 phenophase in the case of this production year as well (48.89).

Irrigation did not have a detectable effect on the chlorophyll content of the maize leaves in any of the phenophases.

In **2014**, in the case of *dry farming* basal fertilization, top-dressing phenological phase and their interaction had statistically verifiable effects ( $P < 0.001$ ) on SPAD values. This year, the highest SPAD value of the *irrigated* variant (53.82) was achieved with the  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer + 30 (at 6-leaf stage) +  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$  (at 12-leaf stage) treatment. In the vegetation period, the highest SPAD value was achieved at the 12-leaf stage (54.42). However, there was a decline in the R1 phenophase (-3.7) in terms of chlorophyll content (50.72). This symptom indicates the drying of the plant, since the 6.7 mm precipitation in June proved to be insufficient even with the 35 mm irrigation water

In the case of *irrigation*, artificial fertilization, phenological phase and their interactions verifiably ( $P < 0.001$ ) influenced the chlorophyll content of maize leaves in 2014. In this production year, SPAD values have been increased the most by the  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer. The highest value was 54.54 in the 12-leaf stage, then the chlorophyll content of leaves detectably decreased ( $-0.61$ ) by the R1 phenophase (53.93).

This year, irrigation had a statistically verifiable effect ( $P < 0.001$ ) on SPAD values in the R1 phenophase, namely the two irrigation treatments between 12-leaf stage and 50% silking verifiably decreased the effects of drought.

In **2012**, genotype and artificial fertilization had verifiable effects with a 0.1% significance level. Hybrid 1 fell far behind ( $-3.84 \text{ t ha}^{-1}$ ) in terms of yield from the group of hybrids 2, 4 and 5 representing a higher yield. This production year, the highest verifiable yield ( $14.29 \text{ t ha}^{-1}$ ) was achieved with the  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer treatment.

In **2013**, artificial fertilization ( $P < 0.001$ ), genotype ( $P < 0.001$ ), and their interaction ( $P < 0.01$ ) influenced maize yields. This year, hybrid 1 fell behind by  $3.065 \text{ t ha}^{-1}$  yield from the hybrid group with the highest yields. The  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilizer treatment provided the highest average yield of  $12.32 \text{ t ha}^{-1}$ .

Basal fertilization, top-dressing and genotype influenced maize yield in **2014** with a significance level of 0.1%. On the basis of the posthoc test every hybrid was different from each other. The highest yield ( $13.36 \text{ t ha}^{-1}$ ) was achieved by hybrid 4, while the lowest ( $9.388 \text{ t ha}^{-1}$ ) by hybrid 1. The highest statistically verifiable yield ( $12.94 \text{ t ha}^{-1}$ ) was achieved in the  $A_{(120)}$  treatment with  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  basal fertilization.

*Artificial fertilization and the effect of production years* influenced maize yields with a 0.1% significance level. In the average of the three analysed years the highest verifiable yield ( $13.3 \text{ t ha}^{-1}$ ) was recorded within the  $V6_{(150)}$  treatment. There was a significant difference amongst the production years; the highest yield ( $13.16 \text{ t ha}^{-1}$ ) was measured in 2012.

In the course of the analysis of *chlorophyll values and yield data*, a weak and medium correlation was detectable in the average of the analysed years in terms of SPAD values and yield measured in different phenophases. Correlation coefficients showed a tendency, according to which the closer the chlorophyll concentration is measured to

harvesting, the stronger the correlation is between the measured chlorophyll values and yield. According to our results, the correlation is highly influenced by the production year.

Erosion does not only damage the economicalness of plant production, but it also causes a nitrate contamination in the ground water. These problems can be decreased by means of properly calibrated basal fertilizer doses. The used method is suitable for calculating the required amount of top-dressing to an excessively fertilized plot in conformity with the requirements of the plant. According to our trial data, the effect of the artificial fertilizer applied at 6-leaf stage is controllable at 12-leaf stage by means of the method.

The treatment may vary in the case of long-term trials, even plot mergers are possible. Thus, in a database of multiple years it might be difficult to refer certain lines of the database to single plot. Our intention was to provide help for researchers dealing with long-term field trials in the GIS storage and display of their measurement data. By means of the R-script – which can be used as shown in our example – a high amount of data can be linked to the plot outlines involved in the field trial. The distribution maps elaborated from this GIS database might help researchers come up with a hypothesis, or they can be used for presentation purposes.

According to our calculations the 60 kg N ha<sup>-1</sup> basal fertilizer and 30 kg N ha<sup>-1</sup> top-dressing treatment had the most favourable economic parameters. Its production cost is 32 Ft kg<sup>-1</sup>, its cost-proportional profitability is 61%, its break even average yield is 6.93 t ha<sup>-1</sup>, its profit is 162,700 Ft ha<sup>-1</sup>. In the case of the irrigated treatments, there was no statistically verifiable irrigation effect; therefore its economic evaluation – considering only cost increases – is irrelevant.

In the case of both irrigated and non-irrigated circumstance the 60 kg N ha<sup>-1</sup> basal fertilizer and 30 kg N ha<sup>-1</sup> top-dressing treatment is recommended.

## 11. IRODALOMJEGYZÉK

- Adiscott T. M. – Whitmore A. P. – Powlson D. S.:* 1991. Farming Fertilizers and the Nitrate Problem. *CAB International*. Wallingford. UK.
- Ahmadi M. – Wiebold W. J. – Beuerlein J. E.:* 1993. Grain yield and mineral composition of corn as influenced by endosperm type and nitrogen. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24: 2409–2426.
- Al-Kaisi M. M. – Yin X.:* 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. *Agron. J.* 95: 1475–1482.
- Anda A.:* 1987. A kukorica néhány sugárzás, hő- és vízháztartási komponenseinek alakulása a N-ellátottság függvényében. *Növénytermelés.* 36. 3: 161–170.
- Anderson F. L. – Kamprath F.J. – Moll R. H.:* 1985. Prolificacy and N-fertilizer effects on yield and N utilization in maize. *Crop Sci.* 25: 598–602.
- Antal J.:* 1999 A szántóföldi növények tápanyag-ellátásának kiszámítása. Szemes kukorica. [In: Füleky Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás]. Mezőgazda Kiadó Budapest. 317–319.
- Antal J.:* 2005. A növénytermesztés alapjai [In: Antal J. szerk. Növénytermesztéstan 1.] Mezőgazda Kiadó. 9-11.
- Aparicio V. –, Costa J. L. – Zamora M.:* 2008. Nitrate leaching assessment in a long-term experiment under supplementary irrigation in humid Argentina. *Agr Water Manage.* 95: 1361–1372.
- Árendás T. – Berzsényi Z. – Szundy T. – Marton L. Cs. – Bónis P.:* 2000. Kukorica – Termesztőknek. *Gyakorlati Agrofórum.* 11. 3: 44–47.
- Árendás T. – Bónis P. – Csathó P. – Molnár D. – Berzsényi Z.:* 2009. A kukorica és az őszebúza műtrágya reakciója az évjárat és az elővetemény függvényében. [In: Berzsényi Z., Árendás T. (eds.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében]. Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár. 2009. október 15. ISBN:9789638351364. 191–196.
- Árendás T. – Sarkadi J. – Bónis P. – Molnár D.:* 2003. A kukorica P- és K-reakciójának vizsgálata erdőmaradványos csernozjom talajon. 50 éves a magyar hibrid kukorica. Martonvásár 2003. szeptember 30. ISBN:9638351381. 55–60.
- Árendás T. – Sarkadi J. – Molnár D.:* 1998. Műtrágyahatások kukorica-őszi búza dikultúrában erdőmaradványos csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 47: 45–57.

- Arnon I.*: 1975. Physiological principles of dryland crop production. [In: Gupta U.S. (ed.) Physiological aspects of dryland farming]. New York. Universal. 2–145.
- Bálint A.*: 1977. A kukorica jelene és jövője. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Barton L. – Colmer, T. D.*: 2006. Irrigation and fertilizer strategies for minimizing nitrogen leaching from turfgrass. *Agric. Water Manage.* 80: 160–175.
- Beauchamp E. G. – Kannenberg L. W. – Hunter R. B.*: 1976. Nitrogen accumulation in corn genotypes following silking. *Agron. J.* 68: 418–422.
- Bennett W. F. – Stanford G. – Dumenil L.*: 1953. Nitrogen, phosphorus and potassium content of the corn leaf and grain as related to nitrogen fertilization and yield. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 17: 252–258.
- Berenguer P. – Santiveri F. – Boixadera J. – Lloveras J.*: 2008. Fertilisation of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. *Eur. J. Agron.* 28. 4: 635–645.
- Berenguer P. – Santiveri F. – Boixadera J. – Lloveras J.*: 2009. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions. *Eur. J. Agron.* 30: 163–171.
- Berényi D.*: 1956. A cukorrépa termésátlaga és az időjárás elemek közötti összefüggés. *Acta Univ. Debr.* 3: 229–249.
- Berényi S. – Vad A. – Dóka L.F. – Pepó P.*: 2007. Effects of fertilization and crop years on maize (*Zea mays* L.) yields in different crop rotations. *Cereal Res. Commun.* 35.2: 241–244.
- Berzsenyi Z. – Győrffy B.*: 1995. Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésstabilitására. *Növénytermelés.* 44.5–6: 507–517.
- Berzsenyi Z. – Győrffy B.*: 1997. Az istállótrágya és a műtrágya hatása a kukorica termésére, termésstabilitására monokultúrás tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 4: 509–527.
- Berzsenyi Z. – Lap D. Q.*: 2001. A kukorica N ellátottságának monitoringja SPAD–502 típusú klorofillmérővel. *Martonvásár* 1: 7.
- Berzsenyi Z. – Lap D. Q.*: 2003a. N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágyareakciója tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 52. 3–4: 389–408
- Berzsenyi Z. – Lap Q. D. – Micskei Gy. – Takács N.*: 2006. Effect of sowing date and N fertilization on grain yield and photosynthetic rates in maize (*Zea mays* L.). *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 409–412.

- Berzsenyi Z. – Lap Q. D.*: 2003b. A vetésidő és a N–műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésére és termésstabilitására. [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása] Mezőgazdaságtudományi Kukoricakonzorcium. Debrecen. ISBN:9637274437. 39–61.
- Berzsenyi Z.*: 2012. Kukorica [In: Radics L. (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2.] Agroinform Kiadó. 11–101.
- Berzsenyi-Janosits L.*: 1958. Fattyazási kísérletek, 1953. [In: Pócs I. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1953–1957.] Akadémia Kiadó, Budapest.
- Berzsenyi-Janosits L.*: 1993. A N–trágyázás és az évjárat hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szemtermésére és N–műtrágya reakciójára tartamkísérletekben az 1970–1991. években. *Növénytermelés*. 42. 1: 49–63.
- Blackmer A. M. – Pottker D. – Cerrato M. E. – Webb J.*: 1989. Correlations between soil nitrate concentrations in late spring and corn yields in Iowa. *J. Prod. Agric.* 2: 103–109.
- Blackmer T. M. – Schepers J. S.*: 1995. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *J. Prod. Agric.* 8: 56–60.
- Blackmer T. M. – Schepers J. S.*: 1996. Aerial Photography to Detect Nitrogen Stress in Corn. *J. Plant Physiol.* 148: 440–444.
- Bocz E. – Kováts A. – Ruzsány L. – Szabó M.* 1996 Kukorica [In: Bocz et al., Szántóföldi Növénytermesztés] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 361–413
- Bocz E.*: 1976 Trágyázási útmutató. Mezőgazdaság Kiadó, Budapest. 257.
- Brevedan R.E. – Egli D.B.*: 2003. Short period of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. *Crop Sci.* 43: 2083–2088.
- Bullock D. G. – Anderson D. S.*: 1998. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. *J. Plant Nutr.* 21. 4: 741–755.
- Burman R. D. – Painter L. I. – Patridge J. R.*: 1962. Irrigation and Nitrogen Fertilization of Field Corn in Northwest Wyoming. *Agric. Exp. Stn. Bull.* 389.
- Chapman S. C. – Barreto H. J.*: 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agron. J.* 89. 2: 557–562.
- Chubachi T. – Asan I. – Oikawa T.*: 1986. The diagnosis of nitrogen nutrition of rice plants (Sasanishiki) using chlorophyll meter. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 57. 2: 190–193.

- Costa C. – Dwyer L. M. – Dutilleul P. – Stewart D. W. – Ma B. L. – Smith D. L.: 2001. Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *J. Plant Nutr.* 24:1173-1194.
- Csajbók J. – Kutasy E.: 2002a. A kukorica fotoszintetikus aktivitása. Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés Nemzetközi Konferencia. Debrecen. I.: 302–308.
- Csajbók J.: 2004. A növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzés jegyzet. Debrecen 1., 3., 12., 49., 152.
- Csajbók J.: 2005. A tápanyagellátás és az asszimiláció közötti összefüggések kukoricánál. Gyep – Állat – Vidék – Kutatás – Tudomány. Bánszki Tamás professzor 70. születésnapja tiszteletére. Szerk.: Dr. Jávor András. Debrecen. 110-115.
- Csajbók, J. – Kutasy, E.: 2002b. A tápanyagellátás és a fotoszintetikus aktivitás összefüggései kukorica hibrideknél. In: II. Növénytermesztési Tudományos Nap : In: *Integrációs feladatok a hazai növény-termesztésben* Pepó Péter, Jolánkai Márton (szerk.) MTA, Budapest, 173-179, 2002.
- Csathó P. – Lásztity B. – Sarkadi J.: 1991. Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és természelemeire P–műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 40. 4: 339–351.
- Csathó P.: 2003. Kukorica N–hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960–2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Agrokémia és Talajtan.* 52: 169–184.
- Csathó P.: 2004. A hazai agrokémiai iskolák kutatói által beállított NPK trágyázási szabadföldi kísérletek adatbázisának értékelése. Kézirat MTA TAKI
- de Mendiburu F.: 2016. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research.* R package version 1.2-4. <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Debreczeni B., Debreczeni B.-né.: 1983 A tápanyag- és a vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 267.
- Debreczeni B.: 1969. A műtrágyázás, az öntözés és a talajtípus néhány összefüggése a kukoricatermesztésben. [In: I’só I. (szerk) *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.*] Akadémiai Kiadó. Budapest. 423–432.
- Debreczeni B.: 1982. Artificial fertilization. *Acta Agron.* 29: 17–225.
- Debreczeni B.: 1990. Kálium a növénytermesztésben. *Magyar Mezőgazdaság.* 45. 21: 10–12.

- Debreczeni B.-né – Sárdi K.*: 1999a. A nitrogén szerepe a növények életében. [In: Füleky Gy. (szerk) Tápanyag–gazdálkodás] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 37–45
- Debreczeni B.-né – Sárdi K.*: 1999b. A foszfor szerepe a növények életében. [In: Füleky Gy. (szerk) Tápanyag–gazdálkodás] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 45–51.
- Debreczeni B.-né.*: 1999. A víz szerepe a növények életében. [In: Füleky Gy. (szerk) Tápanyag–gazdálkodás] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 83–88.
- Dellinger A. E. – Schmidt J. P. – Beegle D. B.*: 2008. Developing nitrogen fertilizer recommendations for corn using an active sensor. *Agron J.* 100: 1546–1552.
- Dobos A. – Nyizsalovszki R. – Szabó J.*: 2004. A fenntartható gazdálkodást elősegítő agrár-geoinformációs rendszer kialakítása és jelentősége [In: *Barton Gábor – Dormány Gábor* (szerk.) A magyar földrajz kurrens eredményei: II. Magyar Földrajzi Konferencia.] Konferencia helye, ideje: Szeged, Magyarország, 2004.09.02-2004.09.04. Szeged: SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. 47. ISBN:963-482-687-3
- Dóka L.F. – Pepó P.*: 2007. Role of watersupply in monoculture maize (*Zea mays* L.) production. *Cereal Res. Commun.* 35.2: 353–356.
- Dóka L.F. – Pepó P.*: 2009. Yield and Water Balance of Maize Grown in Rotation on Chernozem Soil. *Cereal Res. Commun.* 37.4: 611–621
- Dóka L.F.*: 2010. Extrém év(járat) hatása a talaj nedvességekészletére kukoricaállományban. *Acta Agr. Debr.* 41: 35–40.
- Dóka L.F.*: 2011. Szélsőséges évjáratok vízháztartás vizsgálat a kukoricaállományban. *Növénytermelés.* 63.2: 31–44
- Eck H. V.*: 1984. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agron. J.* 76: 421–428.
- El Hallof N. – Sárvári M.*: 2006. Effect of different fertilizer doses on yield, LAI and photosynthetic activity of maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 441–444.
- Fan M. X. – MacKenzie A. F.*: 1994. Corn yield and phosphorus uptake with banded urea and phosphorus mixtures. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58: 249–255
- Feil B. – Garibay S. V. – Ammon H. U. – Stamp P.*: 1997. Maize production in a grass mulch system – seasonal patterns of indicators of the nitrogen status of maize. *Eur. J. Agron.* 7: 171–179.

- Ferguson R. B. – Schepers J. S. – Hergert G. W. – Lohry R. D.:* 1991. Corn uptake and soil accumulation of nitrogen: management and hybrid effects. *Soil Sci. Am. J.* 55: 875–880.
- Fox J. – Weisberg S.:* 2011. An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Frank O.:* 1969. A talaj tápanyagellátásának hatása a vízhasznosulásra. *Agrártudományi Közl.* 28: 109–122.
- Gastal F. – Lemaire G.:* 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.* 53. 370: 789–799.
- Gehl R. J. – Schmidt J. P. – Maddux L. D. – Gordon W. B.:* 2005. Corn yield response to nitrogen rate and timing in sandy irrigated soils. *Agron. J.*, 97: 1230–1238.
- Google Maps.:* 2016. Debrecen-Látókép, 2016 augusztus, lekérési link: <https://www.google.hu/maps/@47.5578339,21.4441758,2361m/data=!3m1!1e3>
- Greenwood D. J. – Cleaver T. J. – Turner M. K. – Hunt J. – Niendorf K.B. – Loquens S. M. H.:* 1980. Comparison of the effects of phosphate fertilizer on the yield: phosphate content and quality of 22 different vegetable and agricultural crops. *J. Agr. Sci.* 95: 457–469.
- Győrffy B. – I'Só I. – Bölöni I.:* 1965. Kukorica termesztés. Mezőgazdaság Kiadó, Budapest.
- Győrffy B.:* 1958. A talaj víz- és tápanyagforgalmának vizsgálata a kukorica-tenyésztőterület alakjától függően. [In: Kukoricatermesztési Kísérletek 1953–1957.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 233–239.
- Győrffy B.:* 1965. A kukorica tápanyagfelvétele. [In: Győrffy B. et al (szerk.) Kukoricatermesztés]. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 64–70.
- Győrffy B.:* 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények* 35:239–266
- Győrffy B.:* 1988 Az 1983. évi aszály hatásai és tanulságai. *Magyar Tudomány.* 4: 249–254.
- Huzsvai L. – Balogh P.:* 2015. *Lineáris modellek az R-ben.* Seneca Books, Debrecen. 109–124.

- Huzsvai L. – Nagy J.: 2003. A tápanyagvisszapótlás és az öntözés hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása] Mezőgazdaságtudományi Kukoricakonzorcium. Debrecen. ISBN:9637274437. 79–92.
- Huzsvai L. – Ványiné Széles A.: 2009. Water stress. In which cases does irrigation reduce the yield of maize? *Cereal Res. Commun.* 37: 45–48.
- Huzsvai L.: 2013. Variancia-Analízisek az R-ben. Seneca Books, Debrecen. 35–38, 83–86.
- Inada K.: 1963. Studies on a method for determining the deepness of green color and chlorophyll content of intact crop leaves and its practical applications. I. Principles for estimating the deepness of green color and chlorophyll content of whole leaves. *Proc. Crop. Sci. Soc.* 32: 157–162.
- Jakab P. – Futó Z. – Csajbók J.: 2005. Analyze of photosynthesis and productivity of maize hybrids in different fertilizer treatments. *Cereal Res. Commun.* 33. 1: 205–207.
- Jaynes D. B. – Colvin T. S.: 2006. Corn yield and nitrate loss in subsurface drainage from midseason nitrogen fertilizer application. *Agron J.* 98: 1479–1487.
- Jaynes D. B.: 2013. Nitrate loss in subsurface drainage and corn yield as affected by timing of sidedress nitrogen. *Agr. Water Manage.* 130: 52–60.
- Johnston A. E. – Lane P. W. – Mattingly G. E. – Poulton P. R.: 1986. Effect of soil and fertilizer P on the yields of potatoes, sugarbeet, barley and winter wheat on a sandy clay loam soil at Saxmundham, Suffolk. *Journal of Agr. Science.* 160: 155–167.
- Jolánkai M. – Menyhért Z. – Széll E.: 1999. Fajtaérték a növénytermesztésben. [In: Ruzsányi L., Pepó P. (szerk.) Növénytermesztés és környezetvédelem.] MTA. Budapest. 30-36.
- Kádár I.: 1993. Vegyszeres gyomirtás, Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Kádár I.: 1997. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- Kováts A. – Antal J.: 1996. Tápanyagellátás [In: Bocz E. Szántóföldi növénytermesztés] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 100–106.
- Központi Statisztikai Hivatal.: 2014. A KSH jelenti 2014. I-III. negyedév. 59.
- KSH Gyorstájékoztató.: 2014. Gyorstájékoztató a Központi Statisztikai hivatal legfrissebb adataiból. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/nte/nte21412.pdf> 2015. január 22.

- KSH Gyorstájékoztató.*: 2015 . Gyorstájékoztató, Szántóföldi növények, 2015.  
Közzététel: 2016 január 22. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/szn/szn15.html>
- KSH Gyorstájékoztató.*: 2016. Gyorstájékoztató, Szántóföldi növények, 2016.  
Közzététel: 2017. január 25. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/szn/szn16.html>
- KSH.*: 2017. A kukorica termelése (2000-). [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_omn013b.html?down=1171](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn013b.html?down=1171)
- Láng G.*: 1976. Kukorica. [In: Láng G. (szerk) Szántóföldi növénytermesztés]. Mezőgazda kiadó. Budapest. 125–153
- Láng I.*: 1973. Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. Akadémiai doktori értekezés. Budapest.
- Latkovics Gy.-né.*: 1979. A különböző N-műtrágyák hatása a kukorica szemtermésére. [In: Bajai J. (szerk.) Kukoricatermesztési Kísérletek 1968–1974.] Akadémiai Kiadó. 271–277.
- Lawlor D. W.*: 1994. Relation between carbon and nitrogen assimilation, tissue composition and whole plant function [In: Rooy J,m Garnier E. (eds.) A Whole Plant Perspective on Carbon Nitrogen Interactions]. The Hague. SPB Academic. 47–60.
- Lemaire G. – van Oosterom E. – Jeuffroy M. H. – Gastal F. – Massignam A.*: 2008. Crop species present different qualitative types of response to N deficiency during their vegetative growth. *Field Crop. Res.* 105: 253–265.
- Loch J. – Nosticzius Á.*: 1983. Alkalmazott kémia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Loomis R. S. – Connor D. J.*: 1992. Crop Ecology. *Product. Manage. Agr.l Sys.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Mansouri-Far C. – Sanavy S. A. M. M. – Saberali S. F.*: 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agr. Water Manage.* 97: 12–22.
- Manuel M. T. – Naboia V. – Alcakde C. – Arai, S.*: 2000. Field response of groundnut and maize to fertilization and soil physico–chemical properties in different classes of Philippine soils. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 31. 11–14: 2291–2299.
- Marquard R. D. – Tipton J. L.*: 1987. Relationship between chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *HortScience.* 22: 1327.

- Martin D. L. – Watts D. G. – Mielke L. N. – Frank K. D. – Eisenhauer, D. E.:* 1982: Evaluation of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 1056–1062.
- Márton Á.:* 1969. Különböző nitrogén műtrágyák hatásvizsgálata a Nyírség homoktalajain. Kandidátusi értekezés.
- Marton L. Cs. – Szundy T. – Hadi G. – Pintér J. – Berzsényi Z. – Árendás T. – Bónis P.:* 2005. A termelői igényekhez igazodó kukoricanevelés szempontjai Martonvásáron. *Gyakorlati Agrofórum Extra.* 9. 2005. február. 11–13.
- Menyhért Z.:* 1979. Kukoricáról termelőknek. Mezőgazdaság Kiadó. Budapest. 258, 271.
- Menyhért Z.:* 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 599.
- Micskei Gy. – Jócsák I. – Árendás T. – Bónis P. – Berzsényi Z.:* 2009. Az istálló- és műtrágya hatása a kukorica szemtermésére és terméskomponenseire a martonvásári monokultúra tartamkísérletben. [In: Berzsényi Z., Árendás T. (eds.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében]. Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár. 2009. október 15. ISBN:9789638351364. 127–132.
- Milics G.:* 2015. Data collection methods for agricultural models [In: Neményi M. – Nyéki A. (szerk) Proceedings of the Workshop on „Impact of Climate Change on Agriculture”] Mosonmagyaróvár 2015. szeptember 24. ISBN 978-963-359-057-7
- Minolta:* 1990. Specifications in detail – chlorophyll meter SPAD 502. Minolta Technical Note. TE102–601–01.
- Montemurro F. – Maiorana M. – Ferri D. – Conventini G.:* 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. *Field Crop. Res.* 99: 114–124.
- Montgomery E. G.:* 1911. Correlations studies in corn. *Annu. Rep. -Agric. Exp. Stn. Nebr.* 24: 108–159
- Nagy J. – Huzsvai L.:* 1995. Az évjárat hatás értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés.* 44. 4: 385–393.
- Nagy J. – Rátonyi T. – Sulyok D. – Huzsvai L.:* 2004. Effect of fertilization on the yield of maize (*Zea mays* L.) in different years. [In: George J. Halasi–Kun (ed.) Pollution and Water Resources Vol.: XXXV. Global Warming and other Central European Issues in Environmental Protection 2003–2004]. 93–103.

- Nagy J. – Sárvári M.: 2005 Gabonafélék [In: Antal J. szerk. Növénytermesztés 1.] Mezőgazda Kiadó. 301–328
- Nagy J.: 1996. Az öntözés és talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*. 45: 389–398.
- Nagy J.: 1998. Interaction between fertilization and soil cultivation in maize production. *Acta Agron. Hung.* 46. 4: 698–705.
- Nagy J.: 1999. Evaluation of interaction between irrigation and soil cultivation in maize production. *Acta Agron. Hung.* 47. 2: 181–190.
- Nagy J.: 2005. 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 8–53.
- Nagy J.: 2006. A debreceni kukorica tartamkísérletek eredményei [In: Nagy J., Dobos A. Környezetkímélő növénytermesztés – minőségi termelés]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. ISBN: 9789639732094. 7–47.
- Nagy J.: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest. 42–276.
- Nagy J.: 2009. A tápanyag ellátás és a vízgazdálkodás kölcsönhatásának értékelése debreceni tartamkísérlet alapján. [In: Berzsényi Z., Árendás T. (eds.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében]. Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár. 2009. október 15. ISBN:9789638351364. 7–20.
- Nagy J.: 2010. Impact of Fertilization and Irrigation on the Correlation between the Soil Plant Analysis Development Value and Yield of Maize. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 41.11: 1293–1305.
- Nevens F. – Reheul D.: 2005. Agronomical and environmental evaluation of a long-term experiment with cattle slurry and supplemental inorganic N applications in silage maize. *Eur. J. Agron.* 22: 349–361.
- Nolan B. T.: 1999. Nitrate behavior in ground waters of the southeastern USA. Reston. *J. Environ. Qual.* 28: 1518–1527.
- Nyiri L.: 1997. Az aszálykárok mérséklése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 156.
- Obreza T. A. – Rhoads F. M.: 1988. Irrigated corn response to soil-test indices and fertilizer nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 701–706.

- OECD: 1982. Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control. OECD, Paris, France.
- Ogola J. B. O. – Wheeler T. R. – Harris P.M.: 2002. Effects of nitrogen and irrigation on water use of maize crops. *Field Crop. Res.* 78: 105–117.
- Olsen R. A. – Thompson C. A. – Braboveski P.H. – Stukenholtz D. D. – Frank K. D. – Dreier, A. F.: 1964. Water requirement of grain crops as modified by fertilizer use. *Agron J.* 56: 427–432.
- Olson R.: 1972. Maximizing the utilisation efficiency of fertilizer N by soil and crop management. Soils Bulletin 16. Effects of intensive fertilizer use on the human environment. FAO, Rome. 34–52.
- Pakurár M. – Nagy J. – Jagendorf S.: 2004. Fertilisation and irrigation effects on maize (*Zea mays* L.) grain production. *Cereal Res. Commun.* 32. 1: 151–158.
- Pakurár M. – Szélesné P. G. – Piskolczi M. – Nagy J.: 2003. A kukorica (*Zea mays* L.) színének változása az öntözés hatására eltérő tápanyagszinteken. In: 50 éves a magyar hibrid kukorica. Martonvásár 2003. szeptember 30. ISBN:9638351381. 247–251.
- Pásztor L. – Szabó J.: 2006. Térbeli talajinformációs rendszerek pontosságának és megbízhatóságának növelése [In: Kertész Á, Dövényi Z, Kocsis K (szerk.) III. Magyar Földrajzi Konferencia: absztrakt kötet]. Budapest, Magyarország, 2006.09.06-2006.09.07. Budapest: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 2006. p. CD-ROM. 11 ISBN:963-9545-12-0
- Pepó P. – Nagy J.: 1997. Plant nutrition system of cereals in their sustainable crop production. British–Hungarian Seminar on Long-Term Trials for Sustainable Land Use, Crop Management and Plant Nutrition. Debrecen. *Agrokémia és Talajtan* 46: 113–126.
- Pepó P. – Vad A. – Berényi S.: 2006. Effect of some agrotechnical elements on the yield of maize on chernozem soil. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 621–624.
- Pepó P.: 2001. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 50. 2–3: 189–202.
- Pepó P.: 2004. Using new methods in conventional breeding of maize (*Zea mays* L.). *Cereal Res. Commun.* 32. 4: 485–492.

- Pepó. P. – Ruzsányi L. – Kiss I-né.: 2000. A kukorica hibridspecifikus trágyázása. Gyakorlati Agroforum. 11.3. 51–52.*
- Pető K. – Ruzsányi L. – Sárvári M.: 1991. Növénytermesztési Füzetek 3. – Kukorica, cirok. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Növénytermesztéstani Tanszék, Debrcen.*
- Petr J. – Cerny V. – Hruska L.:1985. Főbb szántóföldi növények termésképződése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.*
- Piekielek W. P. – Fox R. H. – Toth J. D. – Macneal K. E.: 1995: Use of chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agron. J. 87. 3: 403–408.*
- Piekielek W. P. – Fox R. H.: 1992. Use of chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. Agron J. 84: 59–65.*
- Quantum GIS Development Team.: 2016. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>*
- R Core Team.: 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.*
- Rajcan I. – Dwyer L. M. – Tolenaar M.: 1999. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. Field Crop. Res.. 63. 1: 13–17.*
- Rátonyi T. – Nagy O. – Bakó K. – Fejér P. – Harsányi E.: 2014. Effects of Fertilization on Grain Quality and Bio-ethanol Production of Maize. Növénytermelés. 63: 31–34.*
- Ritchie S. W, – Hannway J. J. – Benson G. O.: 1997. How a Corn Plant Develops Spec Rep. No.48. Iowa State University of Science an Technology Cooperative Extension Service. Ames.*
- RStudio Team.:2016. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. URL: <http://www.rstudio.com/>*
- Ruiz Diaz D. A. – Hawkins J. A. – Sawyer J. E. – Lundvall J.P.: 2008. Evaluation of in-season nitrogen management strategies for corn production. Agron J. 100: 1711–1719.*
- Russelle M. P. – Dierbert E. J. – Mauck R. D. – Stevanovic M. – Olsen R. A.: 1981. Effects of water and nitrogen management on yield and <sup>15</sup>N-dpeleted fertilizer use efficiency of irrigated corn. Soil. Sci. Soc. Am. J. 45: 553–558.*

- Ruzsányi L.*: 1992. A főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei. Debrecen.
- Samborski S.M. – Tremblay N. – Fallon E.*: 2009. Strategies to make use of plant sensor-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agron J.* 101: 800–816.
- Sárdi K.*: 1999a. A kálium szerepe a növények életében. [In: Füleky Gy. (szerk) Tápanyag-gazdálkodás] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 51–57.
- Sárdi K.*: 1999b. A tápelemhiány és –felesleg tipikus tünetei [In: Füleky Gy. (szerk) Tápanyag-gazdálkodás] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 80–83.
- Sárvári M. – Boros B.*: 2009. A vetésváltás és az NPK tápanyag ellátás hatása a kukorica termésére tartamkísérletben. [In: Berzsényi Z., Árendás T. (eds.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében]. Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár. 2009. október 15. ISBN:9789638351364. 139–145.
- Sárvári M. – El Hallof N.*: 2005. The effect of artificial fertilizers on the photosynthetic activity of maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 33. 1: 309–312.
- Sárvári M.*: 1986. A vetésváltás és tápanyagellátás hatása a búza és kukorica termésére. Kandidátusi értekezés. Debrecen.
- Sárvári M.*: 1993. Energiatakarékos környezetkímélő kukorica termesztési technológia fejlesztése. OMFB Kutatási Zárójelentés. Debrecen. 25–30.
- Sárvári M.*: 1995. A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója réti talajon. *Növénytermelés* 44. 2: 184–190.
- Sárvári M.*: 2005. Relationship between fertilization, leaf area index, photosynthetic activity and yield of hybrids. *Cereal Res. Commun.* 33.1: 181–184.
- Sasson A.*: 1993. La alimentación del hombre del mañana. UNESCO. Barcelona Espana. Editorial Reverté. Paris Francia. 807.
- Scharf P. C. – Lory J. A.*: 2002. Calibrating corn color from aerial photographs to predict sidedress nitrogen need. *Agron. J.* 94: 397–404.
- Schepers J. S. – Francis D. D. – Vigil M. – Below F. E.*: 1992. Comparison of corn leaf N concentration and chlorophyll meter readings. *Commun. Soil. Sci. Plant. Anal.* 23: 17–23.

- Schepers J.S. – Blackmer T.M. – Wilhelm W.W. – Resende M.:* 1996. Transmittance and Reflectance Measurements of Corn Leaves from Plants with Different Nitrogen and Water Supply. *J. Plant Physiol.* 148:523–529.
- Schmidt J. P. – Dellinger A. E. – Beelgle D. B.:* 2009. Nitrogen recommendations for corn: An on-the-go sensor compared with current recommendation methods. *Agron J.* 101: 916–924.
- Schmidt R.:* 2001. Tápanyag-gazdálkodás, növénytáplálás. In: Gyuricza Cs. (szerk.) A szántóföldi talajhasználat alapjai. SZIE, Akaprint Nyomdaipari Kft.
- Schröder J. J. – Neeteson J. J. – Oenema O. – Sruik P. C.:* 2000. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crop. Res.* 66: 151–164.
- Schröder J. J. – Ten Holte L. – Brouwer G.:* 1997. Response of silage maize to placement of cattle slurry. *Neth. J. Agric. Sci.* 45: 249–261.
- Schröder J. J. – Ten Holte L. – Van Keulen H. – Steenvoorden J. H. A. M.:* 1993. Effects of nitrification inhibitors and time and rate of slurry and fertilizer N application on silage maize yield and losses to the environment. *Fert. Res.* 34: 267–277.
- Schröder J. J.:* 1999. Effect of split applications of cattle slurry and mineral fertilizer N on the yield of silage maize in a slurry-based cropping system. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 53: 209–218.
- Sexton B. T. – Moncrief J. F. – Rosen C. J. – Gupta S. C. – Cheng H. H.:* 1996. Optimising nitrogen and irrigation inputs for corn based nitrate leaching and yield on a coarse-textured soil. *J. Environ. Qual.* 25: 982–992.
- Shanahan J.F. – Kitchen N.R. – Raun W.R. – Schepers J.S.:* 2008. Responsive in-season nitrogen management for cereals. *Comput. Electron. Agr.* 61:51–62
- Smith, V. H.:* 1998. Cultural eutrophication of inland, estuarine and coastal waters. [In: Pace, M.L., Groffman, P.M. (Eds.) Successes, Limitations, and Frontiers in Ecosystem Science.] Springer-Verlag. New York. 7–49.
- Spalding R. F. – Watts D. G. – Schepers J. S. – Burbach M. E. – Exner M. E. – Poreda R. J. – Martin G. E.:* 2001. Controlling nitrate leaching in irrigated agriculture. *J. Environ. Qual.* 30: 1184–1194.
- Statisztikai Tükör.* 2014/132, Központi Statisztikai Hivatal, 2014. december 09.

- Sun, Z. X. – Zheng J. M. – Sun W. T.: 2009. Coupled effects of soil water and nutrients on growth and yields of maize plants in a semi-arid region. *Pedosphere*. 19. 5: 673–680.
- Surányi J.: 1957. A kukorica és termesztése. Akadémia Kiadó, Budapest.
- Szász G.: 1972. A talajfelszín közelében képződő csapadékmennyiség meghatározása. *Időjárás*. 76: 208–222.
- Széles A. – Sedlák G.: 2006. A Dekalb kukorica hibridek műtrágya terméshozzájárulása vizsgálatának vizsgálata a fenntarthatóság tükrében. [In: Nagy J., Dobos A. Környezetkímélő növénytermesztés – minőségi termelés]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. ISBN: 9789639732094. 172–185.
- Széll E. – Kovácsné Komlós M.: 1993. Hozzászólások a „Tápanyagok nélkül?” című riporthoz. *Agrofórum* 4. 9: 23.
- Széll E. – Makhajda J.: 2003. A szegedi kukorica hibridek nitrogén műtrágya reakciójának értékelése [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 106–121.
- Szlovák S.: 1986. The effect of nitrogen doses and different water supply upon nitrogen utilization of maize. *Act. Agron. Hung.* 35: 239–255.
- Tavčar R. – Lieber L.: 1939. Mais. *Zea mays*, [In: Roemer-Rudorf: Handbuch der Pflanzenzüchtung. II.] Parey, Berlin, 75-129.
- Timmons D. R. – Cruse R. M.: 1990. Effect of fertilization method and tillage on nitrogen – 15 recovery by corn. *Agron. J.* 82. 4: 777-784.
- Tuzson J.: 1926. Rendszeres növénytan, 2 kötet. Hornyászy, Budapest
- Vad A. – Dóka L.F.: 2009. Crop year as abiotic stressor regarding yield of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotations. *Cereal Res. Commun.* 37.2: 253–256.
- Van Dijk W. – Brouwer G.: 1998. Nitrogen recovery and dry matter production of silage maize as affected by subsurface application of mineral fertilizer. *Neth. J. Agric. Sci.* 46: 139–155.
- Ványiné Széles A. – Megyes A. – Nagy J.: 2011. Effect of N fertilisation on the chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Növénytermelés*. 60: 161–164.

- Ványiné Széles A. – Megyes A. – Nagy J.: 2012a. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agr. Water Manage.* 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. *Aust. J. Crop Sci.* 6.3: 381–290.
- Ványiné Széles A. – Tóth B. – Nagy J.: 2012b: Effect of nitrogen doses on the chlorophyll concentration, yield and protein content of different genotype maize hybrids in Hungary. *Afr. J. f Agric. Res.* 7.16: 2546–2552.
- Ványiné Széles A.: 2009. A kukoricahibridek N-ellátottságának értékelése különböző tápanyag szinteken. [In: Berzsenyi Z., Árendás T. (eds.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében]. Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár. 2009. október 15. ISBN:9789638351364. 181–187.
- Ványiné Széles A.: 2010. A kukorica nitrogén ellátottságának vizsgálata SPAD-érték alapján nem öntözött és öntözött körülmények között.[In: Nagy J. (szerk) Az öntözés vállalati szintű elemzése]. Debreceni Egyetem Agrár és Gazdálkodástudományok Centruma. Debrecen. ISBN: 9789639732940. 147-161.
- Ványiné Széles A.:2008. Spad-érték és a kukorica (*Zea mays* L.) termésmennyisége közötti összefüggés elemzése különböző tápanyag és vízellátottsági szinten. Doktori (PhD) értekezés
- Várallyay Gy. – Szűcs I. – Rajkai K. – Zilahy P. – Murányi A.: 1980. Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan.* 29: 77–112.
- Várallyay Gy.: 2002. Soil fertility and environmental aspects of soil water management. *Proc. Alps–Adria Scientific Workshop.* Opatija. 4–8. March. 2002. 8–14.
- Végh K. R. – Füleky G. – Varró T.: 1990. Phosphorus diffusion to barley roots as influenced by moisture and phosphorus content of soils. [In: van Beusichem M.L. (ed.) Plant nutrition, physiology and applications]. Kluwer Publ. Wageningen. 147–151.
- Végh K. R.: 1991. Effect of soil water and nutrient supply on root characteristics and nutrient uptake of plants. [In: Persson H., McMichael (eds.) Plant roots and their environment]. Elsevier. Amsterdam. 143–148.
- Viets, F. G. Jr.: 1962. Fertilizers and the efficient use of water. *Adv. Agron.* 14: 233–264.

- Warnes G. R. –Bolker B. –Bonebakker L. –Gentleman R. –Liaw W. H. A. –Lumley T. –Maechler M. –Magnusson A. –Moeller S. –Schwartz M. –Venables B.: 2015. gplots: Various R Programming Tools for Plotting Data. R package version 2.17.0. <http://CRAN.R-project.org/package=gplots>.
- Weisenburger, D. D.: 1991. Potential health consequences of ground–water contamination by nitrate in Nebraska. [In: Bogardi I., Kuzelka R.D. (Eds.) Nitrate contamination–exposure, consequence, and control: NATO ASI Serial G.] *Ecological Sciences*. 30 Springer–Verlag. Berlin. 309–315.
- Yadava U. L.: 1986. A rapid and nondestructive method to determinate chloropyll in intact leaves. *HortScience*. 21: 1449–1450.
- Yang S. M. – Li F. M. – Sou D. R. – Guo T.W. – Wang J.G. – Song B. L. – Jin S. L.: 2006. Effect of Long–Term Fertilization on Soil Productivity and Nitrate Accumukation in Gansu Oasis. *Agr. Sci. China*. 5. 1: 57–67.
- Zebarth B. J. – Paul J.W. – Schmidt O. – McDougall R.: 1996. Influence of the time and rate of liquid–manure application on yield and nitrogen utilization of silage corn in south coastal British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* 76: 163–164.
- Zhang J. – Backmer A. M. – Ellsworth J. W. – Koehler K. J.: 2008. Sensitivity of chlorophyll meters for diagnostic nitrogen deficiencies of corn in production agriculture. *Agron J.* 100: 543–550.
- Ziadi N. – Brassard M. – Belanger G. – Cambouris A. N. – Tremblay N. – Nollin M. C. – Claessens A. – Leon-Etienne P.: 2008. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for corn in Eastern Canada. *Agron. J.* 100: 271–276.
- Zsigrai Gy.: 1994. A különböző adagú, tartós műtrágyázás hatás csernozjom talajra. Doktori Értekezés. Gödöllő.



Nyilvántartási szám: DEENK/120/2017.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Ragán Péter  
Neptun kód: H7K184  
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10048195

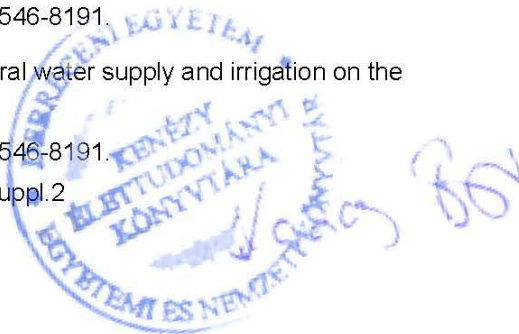
### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

1. **Ragán, P.**: Fejlesztési lehetőségek a tartamkísérletek térbeli adatainak tárolására és ábrázolására.  
*Agrártud. közl.* 68, 81-86, 2016. ISSN: 1587-1282.
2. **Ragán, P.**: Különböző éréscsoportba tartozó kukorica hibridek klorofill-tartalmának vizsgálata eltérő N-műtrágyaadagok mellett.  
*Agrártud. közl.* 51, 159-162, 2013. ISSN: 1587-1282.

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

3. Ványiné Széles, A., **Ragán, P.**, Nagy, J.: The impact of low and high dose NPK on maize (*Zea mays* L.) yield in different crop years.  
*Növénytermelés.* 64 (Suppl.2), 201-208, 2015. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl2>
4. **Ragán, P.**: The impacts of spring basal and side dressing on maize yield.  
*Agrártud. közl.* 59, 83-86, 2014. ISSN: 1587-1282.
5. Ványiné Széles, A., **Ragán, P.**, Nagy, J.: The effect of natural water supply and fertilisation on maize (*Zea mays* L.) yield in the case of different crop years.  
*Növénytermelés.* 62 (Suppl.), 119-122, 2013. ISSN: 0546-8191.
6. Ványiné Széles, A., **Ragán, P.**, Nagy, J.: The effect of natural water supply and irrigation on the moisture content of the soil and maize yield.  
*Növénytermelés.* 61 (Suppl.), 121-124, 2012. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/Novenyterm.61.2012.Suppl.2>





Idegen nyelvű konferencia közlemények (2)

7. Ványiné Széles, A., **Ragán, P.**, Nagy, J.: Abiotic stress impacts caused by weather and nutrient replenishment on the yield of maize (*Zea mays* L).  
*Columella*. 4 (1), 39-44, 2017. ISSN: 2064-7816.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl>
8. **Ragán, P.**, Nagy, J., Ványiné Széles, A.: Evaluation of the impact of crop year and fertilisation on maize yield using a novel method.  
*Növénytermelés*. 65 (Suppl.), 31-34, 2016. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl>

**További közlemények**

Magyar nyelvű közlemények hazai folyóiratban (2)

9. **Ragán, P.**, Bakó, K. I., Sedlák, G.: Az eltérő vetésidővel összefüggő környezeti változások hatása a kukorica termésére.  
*Agrártud. közl.* 55, 99-104, 2014. ISSN: 1587-1282.
10. **Ragán, P.**, Bakó, K. I., Dövényi-Nagy, T.: Vizualizációs technikák alkalmazhatósága a mezőgazdaságban.  
*Agrártud. közl.* 55, 95-98, 2014. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű közlemények hazai folyóiratban (2)

11. Ványiné Széles, A., Vad, A., **Ragán, P.**: The impact of crop year and agrotechnical factors (fertilisation, irrigation) on the protein content of maize hybrids.  
*Hung. Agric. Res.* 24, 8-11, 2015. ISSN: 1216-4526.
12. Ványiné Széles, A., **Ragán, P.**, Nagy, J.: The impact of abiotic stress factors on the grain yield and protein content of maize (*Zea mays* L.).  
*Növénytermelés*. 63 (Suppl.), 55-58, 2014. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.63.2014.Suppl>

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

13. Ványiné Széles, A., Vad, A., **Ragán, P.**: The impact of crop year and agrotechnical factors (fertilisation, irrigation) on the protein content of hybrids.  
*Növénytermelés* 64 (Suppl.), 19-22, 2015. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl>





Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

14. **Ragán, P.:** Intenzív almaültetvény vízgazdálkodásának vizsgálata.

In: Tudományos diákköri konferencia, 2011/2012. tanév őszi félév : Debrecen, 2011. október 20. : meghívó és programfüzet, DE MÉKK, Debrecen, 40, 2011.

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2017.05.03.



## **12. MELLÉKLETEK**

## 1. számú melléklet: Adatbázis átalakító szkript térinformatikai adattároláshoz, 2013-as példa évvel:

```
setwd("d:/DOKTORI_R_STAT/") #munka könyvtár beállítása
nkis <- read.csv("d:/DOKTORI_R_STAT/N-kiserlet_2011-2014.csv", sep=";", dec=",")
#adatbázis beolvasása
attach(nkis) #adatbázis csatolása, hogy a szkript írása közben használható legyen az
automatikus kiegészítés
fajta <- read.csv("d:/DOKTORI_R_STAT/hibridek.csv", sep=";", dec=",") #fajta
adatbázis beolvasása
azonositok <- read.csv("d:/DOKTORI_R_STAT/adatbazis_azonositok.csv", sep=";",
dec=",")# egyedi azonosítók és a hozzájuk társított kezelések beolvasása

# különböző fenológiai fázisban mért SPAD értékek leválogatása az egyes parcellákhoz
spad6_13=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="lev6", select=c(
parc_az, CMR_atlag))
#Spad6_13 a létrehozott változó, subset a felosztás, ami az SPSS-ben használt splithez
hasonló parancs, nkis a beolvasott teljes adatbázis. A fenti sorban a 2013-as évből 6
leveles állapotban mért átlagos SPAD értékeket válogatjuk le az összes parcellához, és
az előtte levő oszlopba pedig az egyedi parcella azonosítókat a teljes adatbázisból. Ezt
minden leválogatni kívánt tényezőre megismételjük, a sorrend tetszőleges.

spad12_13=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="lev12", select=c(
parc_az, CMR_atlag))
spad50_13=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="no50", select=c(
parc_az, CMR_atlag))
# Eltérő fenológiai fázisban mért LAI értékek leválogatása az egyes parcellákhoz
lai12_2013=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="lev12", select=c(
parc_az, LAI))
lai50_2013=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="no50", select=c(
parc_az, LAI))

# Terméseredmények tonna / ha mértékegységben
termes2013=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="no50", select=c(
parc_az, termes_tha))
# olaj-, fehérje-, és keményítő tartalom értékek leválogatása az egyes parcellákhoz
oildm2013=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="no50", select=c(
parc_az, oil_dm))
prot2013=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="no50", select=c(
parc_az, prot_dm))
starch2013=subset.data.frame(nkis,ev=="2013" & meresi_idopont=="no50", select=c(
parc_az, starch_dm))
```

```
h <- subset(fajta, select=c(parc_az, HIBR2013)) # külön tárolt adatbázisból kiválogatja  
a parcellaazonosítókat és az egyes parcellákhoz tartozó 2013-ban felhasznált  
kukoricahibrideket.
```

```
#A leválogatott adatok összefűzése egyedi parcellaazonosítók alapján az alábbiak  
szerint történik:
```

```
# Az összefűzés alapja a merge parancs, amellyel 2 oszlopvektort fűzhetünk össze, a  
parcellaazonosító alapján
```

```
a <- merge(spad6_13, spad12_13, by = "parc_az") #A 2013-as évben 6 és 12 leveles  
állapotban mért SPAD érték oszlopok összefűzése parcellaazonosító alapján, ennek a  
parancsnak a segítségével történik.
```

```
#A GIS adatbázisban az oszlopokat az alábbi sorrendben fűztem össze:
```

```
b <- merge(h, a, by = "parc_az")
```

```
spad <- merge(b, spad50_13, by = "parc_az")
```

```
lai <-merge(lai12_2013,lai50_2013, by = "parc_az" )
```

```
t <- merge(termes2013, oildm2013, by = "parc_az")
```

```
f <- merge(proto2013, starch2013, by = "parc_az")
```

```
temp1 <- merge(spad, lai, by = "parc_az")
```

```
temp2 <- merge(temp1, t, by = "parc_az")
```

```
temp3 <- merge(temp2, f, by = "parc_az")
```

```
gis2013 <- merge(azonositok, temp3, by = "parc_az")
```

```
#Az összefűzött adatok kiírása csv fájlba az alábbi utasítással történik:
```

```
write.table(gis2013, file = "d:/DOKTORI_R_STAT/gis2013.csv", sep = ";", dec = ",")
```

```
rm(list = ls()) # környezeti változók kitörlése, azaz ha egyszerre több évet  
válogatunk le, akkor ez a parancs törli az összes környezeti változót.
```

**2. melléklet: Az A<sub>(0)</sub> kezelés ökonómiája öntözetlen körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	70 000	24%
Műtrágya költség	-	0%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya	-	0%
Folyékony trágya	-	0%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	12%
Növényvédő szer költség	35 000	12%
Gépi munkák költsége	105 560	37%
Műtrágyaszórás		0%
Szántás	15 399	5%
Szántáselmunkálás	5 286	2%
Magágy készítés	5 286	2%
Műtrágyaszórás		0%
Vetés	13 520	5%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 119	3%
Mechanikai gyomirtás		0%
Permetezés	3 850	1%
Betakarítás	18 830	7%
Szárítás	30 420	11%
Személyjellegű költségek	5 000	2%
Egyéb költség	82 000	28%
Földbérleti díj	80 000	28%
Szaktanácsadási költség	2 000	1%
Közvetlen költség	262 560	91%
Általános költség	26 256	9%
Termelési költség	288 815	100%
Költségarányos jövedelem (%)	82%	
Költségszint (%)	55%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	28,5	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	10,1	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	456 300	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	526 300	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	237 485	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	167 485	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	4,86	

### 3. melléklet: Az A<sub>(60)</sub> kezelés ökonómiája öntözetlen körülmények mellett

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	84 444	26%
Műtrágya költség	14 444	4%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (60 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	14 444	4%
Folyékony trágya (0 kg ha <sup>-1</sup> )	-	0%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	11%
Növényvédő szer költség	35 000	11%
Gépi munkák költsége	122 683	38%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	5%
Szántáselmunkálás	5 286	2%
Magágy készítés	5 286	2%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Vetés	13 520	4%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	5 658	2%
Mechanikai gyomirtás	5 658	2%
Permetezés	3 850	1%
Betakarítás	18 830	6%
Szárítás	37 587	12%
Személyjellegű költségek	5 000	2%
Egyéb költség	82 000	25%
Földbérleti díj	80 000	25%
Szaktanácsadási költség	2 000	1%
Közvetlen költség	294 128	91%
Általános költség	29 413	9%
Termelési költség	323 541	100%
Költségarányos jövedelem (%)	80%	
Költségszint (%)	56%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	28,4	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	11,4	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	512 550	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	582 550	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	259 009	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	189 009	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	5,63	

**4. melléklet: A V6<sub>(90)</sub> kezelés ökonómiája öntözetlen körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	90 000	26%
Műtrágya költség	20 000	6%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (60 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	14 444	4%
Folyékony trágya (1x30 kg ha <sup>-1</sup> )	5 556	2%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	10%
Növényvédő szer költség	35 000	10%
Gépi munkák költsége	132 398	39%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	5%
Szántáselmunkálás	5 286	2%
Magágy készítés	5 286	2%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Vetés	13 520	4%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 400	3%
Mechanikai gyomirtás	5 658	2%
Permetezés	3 850	1%
Betakarítás	18 830	6%
Szárítás	43 560	13%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	24%
Földbérleti díj	80 000	24%
Szaktanácsadási költség	2 000	1%
Közvetlen költség	309 398	91%
Általános költség	30 940	9%
Termelési költség	340 338	100%
Költségarányos jövedelem (%)	81%	
Költségszint (%)	55%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	28,1	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	12,1	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	544 500	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	614 500	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	274 162	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	204 162	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	6,01	

**5. melléklet: A V12<sub>(120)</sub> kezelés ökonómiája öntözetlen körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	95 556	27%
Műtrágya költség	25 556	7%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (60 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	14 444	4%
Folyékony trágya (2x30 kg ha <sup>-1</sup> )	11 111	3%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	10%
Növényvédő szer költség	35 000	10%
Gépi munkák költsége	136 972	39%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	4%
Szántáselmunkálás	5 286	2%
Magágy készítés	5 286	2%
Műtrágyaszórás	5 000	1%
Vetés	13 520	4%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 400	3%
Mechanikai gyomirtás	9 400	3%
Permetezés	3 850	1%
Betakarítás	18 830	5%
Szárítás	43 272	12%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	23%
Földbérleti díj	80 000	23%
Szaktanácsadási költség	2 000	1%
Közvetlen költség	319 528	91%
Általános költség	31 953	9%
Termelési költség	351 481	100%
Költségarányos jövedelem (%)	74%	
Költségszint (%)	58%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	29,2	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	12,0	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	540 900	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	610 900	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	259 419	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	189 419	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	6,26	

**6. melléklet: Az A<sub>(120)</sub> kezelés ökonómiája öntözetlen körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	98 889	26%
Műtrágya költség	28 889	8%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (120 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	28 889	8%
Folyékony trágya (0 kg ha <sup>-1</sup> )	-	0%
Vetőmag költség (73 ezer tó ha <sup>-1</sup> )	35 000	9%
Növényvédő szer költség	35 000	9%
Gépi munkák költsége	153 526	41%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	4%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	5 500	1%
Vetés	13 520	4%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	5 658	2%
Mechanikai gyomirtás	5 658	2%
Permetezés	3 850	1%
Betakarítás	18 830	5%
Szárítás	66 810	18%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	22%
Földbérleti díj	80 000	21%
Szaktanácsadási költség	2 000	1%
Közvetlen költség	339 415	91%
Általános költség	33 942	9%
Termelési költség	373 357	100%
Költségarányos jövedelem (%)	77%	
Költségszint (%)	57%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	28,5	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	13,1	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	589 500	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	659 500	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	286 143	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	216 143	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	6,74	

**7. melléklet: A V<sub>6(150)</sub> kezelés ökonómiája öntözetlen körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	104 444	27%
Műtrágya költség	34 444	9%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (120 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	28 889	7%
Folyékony trágya (1x30 kg ha <sup>-1</sup> )	5 556	1%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	9%
Növényvédő szer költség	35 000	9%
Gépi munkák költsége	162 278	42%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	4%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	5 500	1%
Vetés	13 520	3%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Mechanikai gyomirtás	5 658	1%
Permetezés	3 850	1%
Betakarítás	18 830	5%
Szárítás	71 820	18%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	21%
Földbérleti díj	80 000	21%
Szaktanácsadási költség	2 000	1%
Közvetlen költség	353 723	91%
Általános költség	35 372	9%
Termelési költség	389 095	100%
Költségarányos jövedelem (%)	72%	
Költségszint (%)	58%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	29,3	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	13,3	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	598 500	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	668 500	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	279 405	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	209 405	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	7,09	

**8. melléklet: A V12<sub>(180)</sub> kezelés ökonómiája öntözetlen körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	110 000	28%
Műtrágya költség	40 000	10%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (120 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	28 889	7%
Folyékony trágya (2x30 kg ha <sup>-1</sup> )	11 111	3%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	9%
Növényvédő szer költség	35 000	9%
Gépi munkák költsége	165 426	41%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	4%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	5 500	1%
Vetés	13 520	3%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Permetezés	3 850	1%
Betakarítás	18 830	5%
Szárítás	71 226	18%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	21%
Földbérleti díj	80 000	20%
Szaktanácsadási költség	2 000	1%
Közvetlen költség	362 426	91%
Általános költség	36 243	9%
Termelési költség	398 669	100%
Költségarányos jövedelem (%)	66%	
Költségszint (%)	60%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	30,2	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	13,2	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	593 550	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	663 550	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	264 881	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	194 881	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	7,30	

**9. melléklet Az A<sub>(0)</sub> kezelés ökonómiája öntözött körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	70 000	18%
Műtrágya költség	-	0%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya	-	0%
Folyékony trágya	-	0%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	9%
Növényvédő szer költség	35 000	9%
Öntözővíz		0%
Gépi munkák költsége	199 788	52%
Műtrágyaszórás		0%
Szántás	15 399	4%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás		0%
Vetés	13 520	4%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 119	2%
Mechanikai gyomirtás		0%
Permetezés	3 850	1%
Öntözés	35 000	9%
Öntözés	35 000	9%
Betakarítás	18 830	5%
Szárítás	54 648	14%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	21%
Földbérleti díj	80 000	21%
Szaktanácsadási költség	2 000	1%
Közvetlen költség	356 788	93%
Általános költség	26 256	7%
Termelési költség	383 043	100%
Költségarányos jövedelem (%)	37%	
Költségszint (%)	73%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	37,9	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	10,1	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	455 400	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	525 400	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	142 357	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	72 357	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	6,96	

**10. melléklet: Az A<sub>(60)</sub> kezelés ökonómiája öntözött körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	84 444	21%
Műtrágya költség	14 444	4%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (60 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	14 444	4%
Folyékony trágya (0 kg ha <sup>-1</sup> )	-	0%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	9%
Növényvédő szer költség	35 000	9%
Öntözővíz		0%
Gépi munkák költsége	209 456	51%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	4%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Vetés	13 520	3%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	5 658	1%
Mechanikai gyomirtás	5 658	1%
Permetezés	3 850	1%
Öntözés	35 000	9%
Öntözés	35 000	9%
Betakarítás	18 830	5%
Szárítás	54 360	13%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	20%
Földbérleti díj	80 000	19%
Szaktanácsadási költség	2 000	0%
Közvetlen költség	380 901	93%
Általános költség	29 413	7%
Termelési költség	410 314	100%
Költségarányos jövedelem (%)	50%	
Költségszint (%)	67%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	34,0	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	12,1	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	543 600	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	613 600	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	203 286	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	133 286	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	7,56	

**11. melléklet: A V6<sub>(90)</sub> kezelés ökonómiája öntözött körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	90 000	21%
Műtrágya költség	20 000	5%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (60 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	14 444	3%
Folyékony trágya (1x30 kg ha <sup>-1</sup> )	5 556	1%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	8%
Növényvédő szer költség	35 000	8%
Öntözővíz		0%
Gépi munkák költsége	220 278	51%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	4%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Vetés	13 520	3%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Mechanikai gyomirtás	5 658	1%
Permetezés	3 850	1%
Öntözés	35 000	8%
Öntözés	35 000	8%
Betakarítás	18 830	4%
Szárítás	61 440	14%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	19%
Földbérleti díj	80 000	19%
Szaktanácsadási költség	2 000	0%
Közvetlen költség	397 278	93%
Általános költség	30 940	7%
Termelési költség	428 218	100%
Költségarányos jövedelem (%)	51%	
Költségszint (%)	66%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	33,5	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	12,8	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	576 000	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	646 000	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	217 782	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	147 782	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	7,96	

**12. melléklet: A V12<sub>(120)</sub> kezelés ökonómiája öntözött körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	95 556	22%
Műtrágya költség	25 556	6%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (60 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	14 444	3%
Folyékony trágya (2x30 kg ha <sup>-1</sup> )	11 111	3%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	8%
Növényvédő szer költség	35 000	8%
Öntözővíz		0%
Gépi munkák költsége	223 892	51%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	4%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	5 000	1%
Vetés	13 520	3%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Permetezés	3 850	1%
Öntözés	35 000	8%
Öntözés	35 000	8%
Betakarítás	18 830	4%
Szárítás	60 192	14%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	19%
Földbérleti díj	80 000	18%
Szaktanácsadási költség	2 000	0%
Közvetlen költség	406 448	93%
Általános költség	31 953	7%
Termelési költség	438 401	100%
Költségarányos jövedelem (%)	45%	
Költségszint (%)	69%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	35,0	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	12,5	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	564 300	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	634 300	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	195 899	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	125 899	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	8,19	

**13. melléklet: Az A<sub>(120)</sub> kezelés ökonómiája öntözött körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	98 889	21%
Műtrágya költség	28 889	6%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (120 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	28 889	6%
Folyékony trágya (0 kg ha <sup>-1</sup> )	-	0%
Vetőmag költség (73 ezer tó ha <sup>-1</sup> )	35 000	8%
Növényvédő szer költség	35 000	8%
Öntözővíz		0%
Gépi munkák költsége	240 317	52%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	3%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	5 500	1%
Vetés	13 520	3%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	5 658	1%
Mechanikai gyomirtás	5 658	1%
Permetezés	3 850	1%
Öntözés	35 000	8%
Öntözés	35 000	8%
Betakarítás	18 830	4%
Szárítás	83 601	18%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	18%
Földbérleti díj	80 000	17%
Szaktanácsadási költség	2 000	0%
Közvetlen költség	426 206	93%
Általános költség	33 942	7%
Termelési költség	460 148	100%
Költségarányos jövedelem (%)	45%	
Költségszint (%)	69%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	34,7	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	13,3	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	597 150	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	667 150	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	207 002	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	137 002	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	8,67	

**14. melléklet: A V<sub>6(150)</sub> kezelés ökonómiája öntözött körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	104 444	22%
Műtrágya költség	34 444	7%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (120 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	28 889	6%
Folyékony trágya (1x30 kg ha <sup>-1</sup> )	5 556	1%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	7%
Növényvédő szer költség	35 000	7%
Öntözővíz		0%
Gépi munkák költsége	246 918	52%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	3%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	5 500	1%
Vetés	13 520	3%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Mechanikai gyomirtás	5 658	1%
Permetezés	3 850	1%
Öntözés	35 000	7%
Öntözés	35 000	7%
Betakarítás	18 830	4%
Szárítás	86 460	18%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	17%
Földbérleti díj	80 000	17%
Szaktanácsadási költség	2 000	0%
Közvetlen költség	438 363	93%
Általános költség	35 372	7%
Termelési költség	473 735	100%
Költségarányos jövedelem (%)	39%	
Költségszint (%)	72%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	36,2	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	13,1	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	589 500	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	659 500	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	185 765	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	115 765	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	8,97	

**15. melléklet: A V12<sub>(180)</sub> kezelés ökonómiája öntözött körülmények mellett**

	szántás	
	hagyományos	
Anyagköltség	110 000	23%
Műtrágya költség	40 000	8%
Őszi PK trágya	-	0%
Starter trágya (120 kg ha <sup>-1</sup> MAS)	28 889	6%
Folyékony trágya (2x30 kg ha <sup>-1</sup> )	11 111	2%
Vetőmag költség (73 ezer tő ha <sup>-1</sup> )	35 000	7%
Növényvédő szer költség	35 000	7%
Öntözővíz		0%
Gépi munkák költsége	250 000	52%
Műtrágyaszórás	3 880	1%
Szántás	15 399	3%
Szántáselmunkálás	5 286	1%
Magágy készítés	5 286	1%
Műtrágyaszórás	5 500	1%
Vetés	13 520	3%
Permetezés	3 850	1%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Mechanikai gyomirtás	9 400	2%
Permetezés	3 850	1%
Öntözés	35 000	7%
Öntözés	35 000	7%
Betakarítás	18 830	4%
Szárítás	85 800	18%
Személyjellegű költségek	5 000	1%
Egyéb költség	82 000	17%
Földbérleti díj	80 000	17%
Szaktanácsadási költség	2 000	0%
Közvetlen költség	447 000	93%
Általános költség	36 243	7%
Termelési költség	483 243	100%
Költségarányos jövedelem (%)	36%	
Költségszint (%)	74%	
Önköltség (Ft kg <sup>-1</sup> )	37,2	
Piaci ár (Ft t <sup>-1</sup> )	45 000	
Hozam (t ha <sup>-1</sup> )	13,0	
Árbevétel (Ft ha <sup>-1</sup> )	585 000	
Támogatások (Ft ha <sup>-1</sup> )	70 000	
Termelési érték (Ft ha <sup>-1</sup> )	655 000	
Jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	171 757	
Tevékenységi jövedelem (Ft ha <sup>-1</sup> )	101 757	
Fedezeti pont (t ha <sup>-1</sup> )	9,18	

### 13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék a disszertációm elkészítésében nyújtott segítségéért köszönetet nyilvánítani a témavezetőmnek, **dr. habil. Kakuszi-Széles Adrienn** egyetemi adjunktusnak, opponenseimnek **dr. Árendás Tamás** tudományos főmunkatársnak, **dr. habil. Csajbók József** egyetemi docensnek.

A kísérlet feltételeinek biztosításáért szeretnék köszönetet mondani a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep intézet igazgatójának **dr. Vad Attila Miklósnak** és valamennyi munkatársának.

Külön kiemelve szeretném **dr. habil. Huzsvai László** egyetemi docensnek, **dr. habil. Sulyok Dénes Zsolt** címzetes egyetemi tanárnak, valamint feleségének **dr. Sulyokné dr. Ladányi Andreának** megköszönni a dolgozat elkészítésében nyújtott segítségét

Köszönettel tartozom **Széles Sándornénak**, aki nélkülözhetetlen segítséget nyújtott a doktori cselekmény technikai megvalósításában és az adminisztrációs feladatok elvégzésében.

#### 14. NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2017. ....

.....

a jelölt aláírása

#### 15. NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Ragán Péter** doktorjelölt 2012. február 01. – 2015. január 31 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2017. ....

.....

a témavezető aláírása