

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Témavezetők

Prof. dr. Nagy János
MTA doktora

Dr. Dobos Attila
Tudományos főmunkatárs

**A HIBRIDKUKORICA VETŐMAG ELŐÁLLÍTÁS KÖRNYEZETKÍMÉLŐ
TECHNOLÓGIÁJÁNAK FEJLESZTÉSE**

Készítette:
Víg Róbert
doktorjelölt

Debrecen
2010

**A HIBRIDKUKORICA VETŐMAG ELŐÁLLÍTÁS KÖRNYEZETKÍMÉLŐ
TECHNOLÓGIÁJÁNAK FEJLESZTÉSE**

Az értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében a
..... tudományágban

Írta:..... okleveles.....

Készült a Debreceni Egyetem.....doktori iskolája
(..... programja) keretében

Témavezető(k): Dr.

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. fokozat
Elnök:	Dr. _____	_____
Tagok:	Dr. _____	_____
	Dr. _____	_____

A doktori szigorlat időpontja: 20.....

Az értekezés bírálói:

	Név	Tud. fokozat
	Dr. _____	_____
	Dr. _____	_____
	_____	_____

A bírálóbizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
elnök:	Dr. _____	_____	_____
titkár:	Dr. _____	_____	_____
	Dr. _____	_____	_____
tagok:	Dr. _____	_____	_____
	Dr. _____	_____	_____

Az értekezés védésének időpontja: 20.....

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	1
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	3
2.1. A kukorica biológiája, éghajlat és talajigénye	3
2.1.1. A kukorica morfológiája	3
2.1.2. A kukorica fejlődése.....	4
2.1.3. A kukorica éghajlatigénye.....	5
2.1.4. A kukorica talajigénye.....	7
2.2. A kukorica tápanyagellátása	8
2.2.1. A kukorica tápanyagfelvételi dinamikája.....	8
2.2.2. A talajvizsgálat és a növényanalízis jelentősége a tápanyag-utánpótlásban.....	9
2.2.3. A kukorica nitrogéntrágyázása	10
2.2.4. A kukorica foszfortrágyázása	16
2.2.5. A kukorica káliumtrágyázása	18
2.2.6. A kukorica NPK-trágyázása	20
2.2.7. A kukorica szerves-trágyázása	23
2.3. A SPAD-mérés jelentősége a tápanyag-utánpótlásban.....	25
2.4. Alga alapú lombtrágyák jelentősége a tápanyag-utánpótlásban	27
2.5. Kukorica vetőmag-előállítás	29
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	32
3.1. A talajadottságok értékelésének módszere.....	32
3.2. A talajban hosszú idő alatt bekövetkezett változások vizsgálatának módszere	35
3.3. A talajtípusok összehasonlító vizsgálatának módszere.....	35
3.4. A SPAD-mérés megbízhatóságának vizsgálati módszere.....	36
3.5. A vetőmag kukoricaállományban jelentkező heterogenitás értékelésének módszere.....	38
3.6. A természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysági vizsgálatának módszere	41

3.6.1. A vizsgálati területek talajadottságainak jellemzése	41
3.6.2. A kukorica vetőmag-előállítás technológiája a kísérleti területeken	43
3.6.3. A lombtrágya-kísérletek tervezése és kivitelezése	44
3.6.4 A lombtrágya-vizsgálatok eredményeinek statisztikai értékelése	45
3.7. A vizsgálati terület klimatikus viszonyainak jellemzése	46
4. EREDMÉNYEK	50
4.1. A hajdúszoboszlói kukorica vetőmag-előállító terület talajadottságainak értékelése	50
4.2. A kukorica vetőmag-előállítás területén hosszú idő alatt bekövetkezett talajváltozások értékelése	54
4.3. A kukorica vetőmag-előállítás területét jellemző főbb talajtípusok összehasonlító értékelése	56
4.4. A SPAD-mérés megbízhatósági vizsgálatának eredményei	62
4.5. A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának értékelése	66
4.5.1. A különböző magasságú állományfoltok területi megoszlása	66
4.5.2. A terméseredmények és a SPAD-érték közötti összefüggések értékelése	67
4.5.3. A termékenyülés és a felvett tápelemek, valamint a termés és a tápelemfelvétel közötti összefüggések értékelése	71
4.5.4. A termékenyülés valamint a termés, és a felvett tápelemek arányai közötti összefüggések értékelése.....	74
4.5.5. A termékenyülés valamint a termés, és a talaj 0-30 centiméteres rétegből vett minták talajvizsgálati eredményei közötti összefüggések értékelése.....	78
4.5.6. A termékenyülés valamint a termés, és a talaj 30-60 centiméteres rétegből vett minták talajvizsgálati eredményei közötti összefüggések értékelése.....	81
4.5.7. A SPAD-érték és a felvett nitrogén közötti összefüggés értékelése	85
4.6. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonyságának értékelése.....	90
4.6.1. A Natur Plasma hatékonysága 2006-ban.....	90
4.6.2. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága 2007-ben.....	91
4.6.2.1. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a vetőmag kukoricaállomány	

termékenyülésre (szemszám db/tő) (2007).....	91
4.6.2.2. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a vetőmag kukoricaállomány termésére (g/tő) (2007).....	93
4.6.3. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága 2008-ban.....	94
4.6.3.1. A kezelések előtt végzett SPAD-mérések eredményeinek értékelése (2008).....	94
4.6.3.2. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a vetőmag kukoricaállomány relatív klorofill-koncentrációjára (SPAD-érték) (2008).....	95
4.6.3.3. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a vetőmag kukoricaállomány termékenyülésére (szemszám db/tő) (2008).....	98
4.6.3.4. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a vetőmag kukoricaállomány termésére (g/tő) (2008).....	98
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	100
5.1. A hajdúszoboszlói kukorica vetőmag-előállítás talajadottsága.....	100
5.2. A kukorica vetőmag-előállítás területén hosszú idő alatt bekövetkezett talajváltozások.....	100
5.3. A vizsgált talajtípusok közötti különbségek.....	101
5.4. A SPAD-mérés megbízhatósági vizsgálata.....	101
5.5. A vetőmag kukoricaállomány heterogenitása.....	102
5.6. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága.....	104
6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	106
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	107
7.1. A kukorica vetőmag-előállítás területének talajadottsága.....	107
7.2. A talajban hosszú idő alatt bekövetkezett változások.....	108
7.3. A vizsgált talajtípusok közötti különbségek.....	108
7.4. A SPAD-mérés megbízhatósági vizsgálata.....	111
7.5. A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának értékelése.....	112
7.6. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága.....	115
8. SUMMARY.....	117

8.1. Soil endowments of the maize sowing seed production area.....	117
8.2. Changes that occurred in the soil over a long period.....	118
8.3. Differences between the examined soil types	118
8.4. Examination of the reliability of the SPAD measurements	121
8.5. Method of evaluating the heterogeneity occurring in the sowing seed maize population.....	122
8.6. Efficacy of natural foliar fertilisers	125
9. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK	127
10. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	137

1. BEVEZETÉS

A szántóföldi növénytermesztés alapvetően a természeti erőforrások (pld.: éghajlat, talaj, vetőmag stb.) hasznosításán alapul, viszont a fejlődés folyamán erőforrásaink kihasználása egyre magasabb szintűvé, bizonyos esetekben káros mértékűvé vált (Szász, 2002).

A földművelés és a növénytermesztés fejlődése során az emberiség a mezőgazdasági tevékenységgel jelentős mértékben befolyásolta a Föld felszínét, a talaj tulajdonságait. Az iparszerű, erősen kemizált, a termőhelyi feltételeket figyelmen kívül hagyó gazdálkodási forma olyan káros folyamatokat indított el a talajban, mely a talajtermékenység csökkenéséhez vezetett (Ángyán et al., 1997; Ruzsányi és Pepó, 1999). Ilyen negatív hatások a termőtalaj pusztulása (erózió, defláció), a szervesanyag-tartalom, a talaj biológiai aktivitásának csökkenése, savanyodás, vizenyősödés, láposodás, szikesedés, a talajszerkezet romlása, porosodás, tömörödés, a talaj szennyeződése (Ángyán és Menyhért, 1988).

A talajhasználat nem vezet szükségszerűen talajkészleteink állapotának romlásához. Az erősödő kedvezőtlen hatások ellenére talajaink minősége, termékenysége megőrizhető, fenntartható (Várallyay, 2001). Talajaink természetes állapotának, termékenységének fenntartása szükségessé teszi az alkalmazkodó vagy fenntartható mezőgazdaság kidolgozását és bevezetését (Ángyán et al., 1997), mely megköveteli, hogy az ökonómiai szempontok mellett vegyük figyelembe az ökológiai szempontokat, a termőhelyi adottságokat, és a környezet lehető legkisebb terhelése mellett valósítsuk meg a gazdaságos termelést (Szász, 1997; Sárvári, 1998; Loch, 1999; Pepó, 2007). A fenntartható fejlődés elveit a tápanyag-gazdálkodásban is érvényesítenünk kell, vagyis a termelési és a környezeti igényeket össze kell hangolnunk, és alkalmaznunk kell a termőhelyi feltételekhez igazodó környezetkímélő tápanyag-utánpótlás elveit (Láng és Csete, 1992).

A magas termésátlagok és a jó minőség eléréséhez szükséges a szerves és szervetlen tápanyagok felhasználása, viszont az okszerűtlen tápanyag-utánpótlás károsíthatja környezetünket (Szabó L., 1999). Az ésszerű műtrágyázás nem környezetszennyező, hiszen csak annyi műtrágyát juttatunk ki, ami adott körülmények között a kultúrnövény zavartalan fejlődéséhez szükséges, minimálisra csökkentve a műtrágyaveszteséget (Kádár, 1992; Németh, 1995). Környezetvédelmi szempontból fontos, hogy a tápanyag-utánpótlást a kultúrnövény igényeihez, a tápanyagfelvételi dinamikához és a termőhelyi viszonyokhoz igazítsuk (Németh, 2001). A mechanikus trágyázási gyakorlatról át kell

térnünk a dinamikusra, melynek alapelemei: a rendelkezésre álló tápelemforrások optimális kihasználása, a tápelemkörülforgalom figyelembe vétele, a trágyázás tartamhatásának fokozottabb figyelembe vétele, a trágyázás nem kívánt mellékhatásainak elkerülése (*Németh és Várallyay, 1998*).

A hajdúszoboszlói kukorica vetőmag-előállítás talajadottságainak, a talajtípusok közötti különbségek és a talajban hosszú idő (40 év) alatt bekövetkezett változások értékelésével, a vetőmag kukoricaállományok heterogenitását kiváltó tényezők, valamint a természetes alapanyagú lombtrágyák termésmnövelő hatékonyságának vizsgálatával céltom volt az okszerű és fenntartható tápanyag-gazdálkodás elősegítése.

A talajadottságok és a talajban bekövetkezett változások értékelésével céltom volt a hajdúszoboszlói kukorica vetőmag-előállítás hatákonyságát korlátozó talajtani tényezők meghatározása.

Az állományheterogenitás vizsgálata során céltom volt egy olyan vizsgálati módszer kidolgozása, mely alkalmas a heterogenitásért felelős talajtulajdonságok azonosítására. Választ kerestem arra a kérdésre, hogy heterogén állományban SPAD-mérésre alapozva mennyire pontosan becsülhető a termés és a nitrogénellátottság, valamint hogy a SPAD-érték alapján történő műtrágyaszükséglet meghatározása során elegendő e csak az alkalmazott műtrágyadózisokat vagy a növények nitrogénellátottságát figyelembe venni.

Az alga alapú lombtrágyákat azzal a céllal teszteltem, hogy meghatározzam képesek e az alaptrágyázáson felül további termésmnövekedést biztosítani, valamint, hogy a kombinációban történő alkalmazásuk, hatékonyabb e mint az önmagukban történő kijuttatásuk.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukorica biológiája, éghajlat és talajigénye

2.1.1. A kukorica morfológiája

A kukorica (*Zea Mays*) bojtos gyökérrzel rendelkezik, mely az *elsődleges* és a *járulékos* gyökerekre tagolható. Az *elsődleges gyökereket* a csíra gyököcskéjéből fejlődő főgyökér, valamint a szik alatti szárrészből (*hypocotyl*) fejlődő mellégyökerek adják. A mellégyökereket járulékos gyökereknek nevezzük abban az esetben ha a szikközépi szárból (*mezocotyl*) fejlődnek, továbbá a járulékos gyökerekhez soroljuk a föld alatti szárcsomókból eredő csomógyökereket és a föld feletti nóduszokból fejlődő támasztógyökereket is (*Gyórfy et al.*, 1965).

A kukorica szára tömött, vastag, kóros, el nem ágazó, amit a szárcsomók (*nodus*) szártagokra (*internodium*) tagolnak. A talajfelszín közelében található szárcsomók oldalrügyeiből oldalhajtások (fattyúhajtás) fejlődhetnek (*Surányi*, 1957). A genetikai adottságoktól függően a szár hosszúsága 50 cm és 7 m között, a szárcsomók száma 8-40 db között változik. A hazánkban termesztett fajták 120-300 cm magasak, 6-7 db földalatti és 9-12 db földfeletti nódusszal rendelkeznek (*Gyórfy et al.*, 1965).

A széles, megnyúlt, lándzsa alakú, mellékeres levelek, a száron átellenesen helyezkednek el, 4-15 cm szélesek, számuk 9-12 (*Surányi és Mándy*, 1955). A levél részei a levéllemez, levélhüvely és a nyelvecske (*ligula*). A levélalap módosulásával jött létre a levélhüvely, mely a szárat körülöleli, de széleivel nem nő össze. A csapadékvíz levélhüvelybe jutását a levéllemez határán elhelyezkedő, szárhoz simuló, hártvás nyelvecske akadályozza meg (*Surányi*, 1957).

A kukorica váltivarú, egylaki növény. Hímivarú virágzata (címer) bugavirágzat, ami valójában a hajtáscsúcson fejlődő, az alja felé egyre elágazóbb, kúp alakú, fürtös füzér. A bugaágak csomóin két kalászká helyezkedik el (*Koltay*, 1985). A kalászkákban két porzósvirág található, melyeket szálkátlan toklászok és pelyvavelek takarnak. Nőivarú virágzata a szárközépi levelek hónaljában fejlődő, az érés időszakára elfásodó, vastag főtengellyel (csutka) rendelkező módosult füzér (torzsavirágzat). A nőivarú virágzat főtengelyén a kalászkák párosával ülnek, és csak az egyik termékenyül meg. A torzsavirágzatot módosult levelek (burokvelek) takarják, melyek közül a 20-40 cm hosszú bibeszálak kilógnak (kukoricahaj vagy bajusz), és a megtermékenyülést követően elszáradnak (*Baloghné*, 2005).

A kukorica szemterméssel rendelkezik, melynek jellegzetessége, hogy a maghéj és a terméshéj szorosan összenőtt. Színe általában sárga, de ettől eltérő színváltozatok is

előfordulnak. A szemek 2,8-23 mm hosszúak és 2,7-18 mm szélesek (*Győrffy et al.*, 1965). A kukoricacső 10-30 cm hosszú, rajta 600-1000 db szem 8-24 sorban egymás után helyezkedik el (*Surányi*, 1957). A szemek ezermagtömege 200-430 g (*Pető et al.*, 1991).

2.1.2. A kukorica fejlődése

A kukorica fejlődésében alapvetően 11 szakaszt különböztetünk meg: csírázás, kelés, 3-4 leveles állapot, szárbamenés, 6-7 leveles állapot, címerhányás, nővirágzás, csőképződés, tejes érés, viaszérés, biológiai érés (*Bocz*, 1996a).

A csírázás folyamatában a talajba került kukoricaszem vízfelvétellel megduzzad, majd felreped a terméshéj. A repedésen keresztül előbújik a lefelé növekvő gyököcske és a felfelé törekvő rügyecske. A csírázás negyedik napjára megduzzad a szikközépi szár és megjelennek rajta a járulékos gyökerek kezdeményei (*Győrffy et al.*, 1965). A talajból először a rügyhüvely (koleoptil), majd az első levelek emelkednek ki. A mezokotil felett a náduszkok egymás után fejlődnek ki, de az internódiumok növekedése csak a levélkezdemény fejlődésének végével indul meg (*Surányi*, 1957).

Az első néhány levél kifejlődéséig az internódiumok nem nyúlnak meg, így a hajtás csúcs a talajfelszín közelében marad (*Turcsányi*, 1985). 3-4 leveles korban egyre intenzívebbé válik a járulékos gyökerek fejlődése, és elkezdődik a főbb szervek differenciálódása, megnő a víz- és tápanyagfelvétel (*Surányi és Mándy*, 1955). A növekedés során először a levéllemez fejlődik ki, amit a levélhüvely kialakulása, valamint az internódium megnyúlása követ (*Turcsányi*, 1985). A kukorica hajtásának növekedési ütemét a fajta és a termőhelyi viszonyok erőteljesen befolyásolják (*Győrffy et al.*, 1965).

A vegetatív fejlődés végén a hajtás növekedése leáll, több levél már nem fejlődik, és a hajtás csúcsmerisztémája megkezdi a címerkezdemények képzését. A reproduktív szakasz mégsem a címerképződéssel kezdődik, ugyanis a nőivarú virágzat differenciálódása már korábban megindul (*Turcsányi*, 1985). A hímvirágzás 1-8 nappal megelőzi a nővirágzást. A fajtától és az időjárástól függően a hímvirágzás időtartama 3-13 nap, a termősvirágzás ideje 10-11 nap. A pollenszórás a címer megjelenése után 1-2 nappal elkezdődik, és a délelőtti órákban tart. Először a címer főágán, majd az oldalágakon következik be. A nővirágzás során először a cső alsó harmadán lévő virágok bibéi jelennek meg. A bibére kerülő virágpór (pollen) pollentömlőt hajt, ami 10-15 óra alatt eljut a magházig, majd a megtermékenyülést követően a bibe elszárad

(Győrffy *et al.*, 1965). A kukoricánál 5-7 százalékban öntermékenyülés is bekövetkezik (Andrejenco és Kuperman, 1961 cit. Nagy, 2007). Ha öntermékenyülés következik be, akkor a magból gyenge életképességű egyed fejlődik (Surányi, 1957).

A szemtermés kifejlődése kb. 60 nap, viszont a szemtelítődés intenzív szakasza csak 27-30 napra tehető (Pető *et al.*, 1991). A megporzást követő 3. héten a szem tejes állapotba kerül és cukorszerű anyagokat halmoz fel. A viaszérés fázisában, a megtermékenyülés utáni hatodik héten a tápanyagberakódás lelassul, a szem eléri teljes nagyságát. A fiziológiai érettség 25-30 százalékos nedvességtartalomnál alakul ki, amikor a szem és a csutka közötti táplálkozási kapcsolat megszakad, a szem köldök felőli részén a sejtek elhalnak, kialakul a „fekete réteg”. A kukoricát csak a fiziológiai érést követően szabad betakarítani, ellenkező esetben a termés mennyisége és minősége csökken (Bocz, 1996a).

2.1.3. A kukorica éghajlatigénye

A kukorica a melegigényes szántóföldi növények közé tartozik, de a nemesítés eredményeként a termesztetőség határa egyre északabbra húzódik. Alapvetően rövidnappalos növény, de bizonyos mértékig a hosszúnappalos feltételekhez is adaptálódott (Győrffy *et al.*, 1965). A kukorica potenciális termőképességét a mérsékelt égövben a 42-45. szélességi körön tudják legjobban kihasználni. Az európai kukoricatermesztési övezet középső része a Pó-síkság és Krasznodár vonalában helyezkedik el, melyhez képest hazánk a kukoricaövezet északi részén fekszik.

A kukorica a fiziológiai érésig bizonyos hőösszeget (*effektív hőösszeg* vagy *halmozott hasznos hőösszeg*, HU = Heat Unit) igényel.

$$HU = \sum \left(\frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} - 10 \right)$$

T_{\max} = Napi maximum hőmérséklet
 T_{\min} = Napi minimum hőmérséklet
 10 = A kukorica asszimilációs küszöbértéke

A különböző tenyészedejű hibridek effektív hőösszegigénye eltérő. A 100-300-as FAO-csoportba tartozó kukoricahibridek effektív hőösszegigénye 916-1088 °C, a 400-600-as hibrideké 1250-1417 °C, a 600-800-as hibrideké 1472-1639 °C (Bocz, 1996b).

Magyarországon az effektív hőösszeg 900-1500 °C között alakul, de csak a FAO 290-540 éréstartományba eső hibridek termesztetők sikeresen. Az átlagosnál kedvezőbb hőellátottságú területek: a Szigetvár - Pécs - Keszthely - Székesfehérvár - Hatvan - Nyíregyháza vonaltól Délkeletre eső terület és Győr környéke (Ángyán, 1985).

A megfelelő csírázáshoz a kukorica igényeinek megfelelő talajnedvesség, hőmérséklet és oxigénmennyiség szükséges. A csírázás minimumhőmérséklete 8-12 °C. Ha a talaj hőmérséklete meghaladja a kukorica hőmérsékleti minimumát, akkor a csírázás megkezdődik, de időtartama a talajhőmérséklet függvényében változik: 21 °C-on 5-6 nap, 16-18 °C-on 8-10 nap, 16 °C alatt 18-20 nap (*Surányi és Mándy, 1955*). A csírázás és a kelés időszakában jelentkező hideg késlelteti a csírázást és a kelést, melynek következtében a kezdeti fejlődés vontatottabb lesz, a virágzás, terméskötődés és az érés az időben eltolódik (*Győrffy et al., 1965; Keszthelyi, 2005*). A hajtás növekedésének hőmérsékleti optimuma 25-35 °C (*Surányi, 1957*), ezért a kukorica ott termesztendő a legeredményesebben, ahol a legmelegebb nyári hónapok átlaghőmérséklete 21-27 °C. A címerhányástól a tejesérésig 24-26 °C-os átlaghőmérsékletet igényel (*Bocz, 1996b*), viszont a pollenszórás időszakában a túl magas hőmérséklet légköri aszályal párosulva hiányos megtermékenyülést eredményez (*Shaw, 1977 cit. Turcsányi, 1985*). Az érés fázisában a 15 °C feletti átlaghőmérséklet elegendő a kukorica számára (*Győrffy et al., 1965*).

A kukorica jó vízhasznosítású növény, viszont a magas biomaszaprodukcióhoz nagy vízmennyiséget igényel (*Surányi és Mándy, 1955*). A tenyészidőszakban a kukorica csapadékigénye 420-440 mm, de az optimumhoz viszonyított 250 milliméteres vízhiányt is képes elviselni, mivel a talajban tárolt csapadékból, a felszínközeli talajvízből és a harmatlecsapódásból a hiányt pótolni képes. Ha a talajvíz 100-130 cm mélyen helyezkedik el, akkor a kukorica a jó vízgazdálkodású talajokon már a szárazabb években is képes a vízigényét a talajvízből fedezni (*Bocz, 1996b*). A kukorica vízigénye a fejlődés kezdetén és a szemtelítődés utáni időszakban a legalacsonyabb, a címerhányástól a szemtelítődésig a legmagasabb. A kukorica vízigényét jól kifejezi a kukorica napi vízfogyasztása: májusban < 2 mm·nap⁻¹, júniusban 2-4 mm·nap⁻¹, júliusban a virágzás után 3,5-5,5 mm·nap⁻¹, augusztusban 3,4-5,5 mm·nap⁻¹, szeptemberben 2,0-2,5 mm·nap⁻¹ (*Nagy, 2007*). A kukorica termőképességét akkor lehet leginkább kihasználni, ha júliusban és augusztusban 100-100 mm csapadék esik, viszont Magyarország kukoricatermő övezeteiben az aszály gyakorisága ezekben a hónapokban a legnagyobb (*Bocz, 1996b*). Hazánkban a kukoricatermesztés vízhiányos feltételek mellett történik, ugyanis a kukoricatermő területeken átlagosan 40-150 milliméteres különbség van a kukorica vízigénye és a tenyészidőszakban lehullott csapadékmennyiség között. A vízhiány a Délnyugat-Dunántúlon a legkisebb (40-80 mm), a Közép- és Dél-Alföldön a legmagasabb (100-150 mm) (*Nagy, 2007*).

A lehullott csapadék hasznosításához megfelelő hőösszegre is szükség van, ezért kukorica termesztetőségének fontos mutatója a hőösszeg-csapadék arány, ami a vegetációs időszak hasznos hőösszegének és az éves átlagos csapadék arányát fejezi ki. Ez az érték hazánkban 1,3 és 2,6 °C·mm⁻¹ között alakul. A kukorica igényeit figyelembe véve a hőösszeg-csapadék arány 1,9-3,1 °C·mm⁻¹ között tekinthető kedvezőnek. Ez a mutató a Dunántúlon 1,9 °C·mm⁻¹ alatt marad, az Alföldön 2,2-2,6 °C·mm⁻¹ között változik.

A kukorica fejlődéséhez a vegetációs periódusban 1420-1620 órányi napsütést igényel. A napsütéses órák száma az Alföldön 1390-1510, a Dunántúlon 1280-1470. A legkedvezőbb feltételek a Balaton - Északi Középhegység vonalától délkeletre és a Kisalföldön vannak. Figyelembe véve a fontosabb klimatikus tényezőket (hőösszeg, csapadékelátottság, napfénytartam) az ország klímajellemzői 40-60 százalékban felelnek meg a kukorica igényeinek (*Ángyán*, 1985).

2.1.4. A kukorica talajigénye

A kukorica ökológiai igénye nagyobb, mint a búzáé, ezért világszerte a jobb talajokon termesztik. A talajok kukoricatermesztésre való alkalmasságának értékelésekor a talajok genetikai, fizikai és kémiai tulajdonságait vesszük figyelembe. Kukoricatermesztésre a 40:60 víz-levegő arányú, jó vízgazdálkodású, könnyen felmelegedő, jó tápanyagellátottságú, közepesen kötött, vályogtalajok a legalkalmasabbak. A kukorica a csernozjom típusú talajokon (pld.: réti csernozjom, mészlepedékes csernozjom) és bizonyos réti talajokon (pld.: csernozjom réti talaj) terem a legjobban (*Gyórfy et al.*, 1965). A kukorica jól alkalmazkodik a talajokhoz, ezért kukoricatermesztésre alkalmasak még a barna erdőtalajok, vízrendezett réti talajok és a tápanyagban gazdag, mély termőrétegű homok- és öntéstalajok is, de a sekély termőrétegű homoktalajok és szikes talajok már nem (*Surányi*, 1957).

A kultúrnövények fejlődése meghatározott pH-tartományban optimális. Bizonyos növények a savanyú közeget kedvelik, vagy eltűrik (pld.: rozs, zab, burgonya), és vannak lúgosabb talajt igénylő növények (pld.: lucerna, cukorrépa) (*Filep és Fülek*y, 1999).

A talaj kémhatása közvetlenül és közvetve is hat a növények életfolyamataira (*Avdonyin*, 1972). A pH csökkenésével a talaj szerkezete romlik, mivel alacsony pH mellett nem következik be a humuszanyagok koagulációja, valamint a szerves és ásványi alkotórészeket összekapcsoló Ca-hidak száma csökken, így nem tud kellően morzsás

talajszerkezet kialakulni (Filep, 1995a). A talaj savanyodásával a szervesen oldható nitrogén- és kénvegyületek oldhatósága a kisebb mineralizációs tevékenységből és a kilúgzásból adódóan csökken. A molibdén oldhatósága már 6,0-6,5 pH alatt, a foszfor oldhatósága 5,5-6,0 pH alatt romlik, mert a vas és alumínium ionokkal oldhatatlan vegyületeket (foszfátot, molibdenátot) képeznek. Savanyú közegben a kálium-szilikátok oldhatósága nő, de a kilúgozás miatt az oldható kálium mennyisége csökken. A pH csökkenésével a vas, alumínium, mangán, réz, cink, bór oldhatósága nő, de szélsőségesen savanyú talajokban a mangán, réz, cink és bór össz mennyisége kisebb lesz a kilúgzás eredményeként. Az oldható mikroelemtartalom csökkenése 5,0 pH alatt és 6,5-7,0 pH felett jelentősebb (Bacsó et al., 1977).

A savanyodás hatására a talajbiológiai élet aktivitása mérséklődik. A mineralizáció vontatottabb lesz, a nitrifikáció mértéke csökken, viszont az ammonifikáló tevékenység csak kis mértékben korlátozódik, ezért ammónium-felhalmozódás következik be (Filep, 1995a).

A talaj savanyúsága a termés csökkenésében, a minőség romlásában jelentkezik. Ha a talaj pH-ja jelentősen alacsonyabb, mint a kultúrnövény optimuma, akkor csökkenhet a növényben az össznitrogén-tartalom, a fehérje formájú nitrogén mennyisége, a szénhidrát-, aszkorbinsav-, és karotintartalom (Bacsó et al., 1977).

A kukorica termeszthető 5,5-8,0 pH között, de az optimuma 6,6-7,5 (Menyhért, 1985a). A kukorica a jó Ca-ellátottságú talajokon ad jó termést, ezért az 1% alatti kalciumtartalmú talajokon Ca-utánpótlásra van szükség. Az ilyen területeken a rendszeres (2-3 évenként) kis adagú ($2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) kalciumutánpótlás elegendő (Bodorné, 1985), az 5,6 alatti pH-jú talajokon viszont már nagyobb adagú melioratív meszezésre van szükség (Bocz et al., 1996).

2.2. A kukorica tápanyagellátása

2.2.1. A kukorica tápanyagfelvételi dinamikája

A kukorica tápanyagfelvétele kezdetben lassú, majd 6-7 leveles korban a szár megnyúlásával intenzívebbé válik. A címerhányás időszakában a kálium közeledik a teljes felvétel végéhez, de a nitrogén és a foszfor felvétele még a szemképződés időszakában is intenzív (Györffy et al., 1965). A nitrogén- és foszforfelvétel az érés végéig élénk, de a virágzáskor a legintenzívebb. A foszforfelvétel szempontjából kritikus a kukorica 4-6 leveles állapota, mert ekkorra a szem foszforkészlete elfogy,

viszont a gyökérzet még fejletlen. A kukorica a tenyészidőszak második felében igényel nagyobb mennyiségű foszfort és káliumot (*Pető et al.*, 1991).

Június végén a kifejelett növényre vonatkoztatva a szárazanyagtömeg 4%, a foszfor 9%, a nitrogén 10%, a kálium 15%. Július végén a szárazanyagtömeg 45%, a foszfor 57%, a nitrogén 66%, a kálium 92% (*Debreczeniné*, 1985).

A szemképződés időszakában a tápanyagok a vegetatív szervekből a fejlődő szemtermésbe kerülnek. A levelek nitrogénjének 58-60 százaléka, a csuhé nitrogéntartalmának 11-12 százaléka, a szár nitrogénkészletének 19-26 százaléka a szemtermésbe vándorol. A hajtás káliumtartalmának 23 százaléka jut a termésbe, de a szár nem járul hozzá a magvak káliumkészletének gyarapodásához. A levelek magnéziumtartalmának 70 százaléka, a szár magnéziumkészletének 20 százaléka kerül a termésbe (*Nagy*, 2007).

2.2.2. A talajvizsgálat és a növényanalízis jelentősége a tápanyag-utánpótlásban

A műtrágyaszükséglet meghatározása talajvizsgálati eredményekre alapozva lehet pontos. A talajtápanyag-vizsgálatok célja, hogy meghatározzuk a növények fejlődéséhez szükséges, vagy a fejlődésüket akadályozó talajparaméterek időbeni és térbeli változását (*Baranyai et al.*, 1987). A műtrágyadózisokat a termőhelyi kategória, Arany-féle kötöttségi szám, pH, mésztartalom, humusz-, foszfor- és káliumtartalom függvényében határozzuk meg (*Bodorné*, 1985). A talaj tápanyag-ellátottságának vizsgálata során a talajmintavétel időpontját célszerű a betakarítás és a következő kultúra alá történő trágyázás közötti időszakban megválasztani és 3 évente megismételni (*Baranyai et al.*, 1987). Szántóföldi kultúrák esetében a vizsgálandó táblát 5 hektáros parcellákra kell felosztani, és az egyes parcellákat az átlók mentén kell megmintázni. Minden átló mentén 20 részmintát szükséges venni és homogenizálással 1,0-1,5 kilógrammos átlagmintát képezni (MSZ-08-0202/1977).

A növényvizsgálatok kiegészítve a talajvizsgálatokat növelik a szaktanácsadás megbízhatóságát (*Kádár*, 1987a). A növényanalízis célja a növények tápanyag-ellátottságának megállapítása, táplálkozási zavarok felderítése, a növényfajok és fajták tápanyagigényében és tápanyagfelvételében jelentkező különbségek valamint a tápelemek közötti kölcsönhatások meghatározása (*Kádár*, 1998).

Növényanalízisre leginkább az aktív anyagcseréjű növényi részek alkalmasak, mint például a levelek. A növény tápelem-ellátottságának megítélésére azok a levelek

alkalmasak, melyek a fejlődésüket már befejezték, mivel a fejlődő növényi részekben a tápelemek mennyisége és aránya gyorsan változik (Kádár, 1987b).

A növénymintavétel szempontjából kedvező időszak a virágzás kezdete is, amikor a növény viszonylagos nyugalmi állapotban van (Chapman, 1964 cit. Kádár, 1987b). A szakirodalomban egységesen elfogadott az a vélemény, miszerint az egyedek variabilitása még egy egységesnek látszó állományban is nagy lehet, ezért egy terület tápanyag-ellátottságának jellemzéséhez nagy számú részmintákból álló átlagmintákra van szükség (Kádár, 1987b).

A szántóföldön 12 hektáros mintavételi egységeket alkalmazunk. Mintavételi egységenként két átlagmintát kell képezni a mintavételi egység átlóin haladva. Egy átlagmintát 50-100 részmintából szükséges kialakítani (Kádár, 1998).

A növényanalízis eredményeit az irodalmi adatokkal összehasonlítva értelmezhetjük a növény tápelemellátottságát, és dönthetünk arról, hogy a műtrágyázás gyakorlata megfelelő e. Az OMTK kísérletek eredményei alapján kielégítőnek tekinthető a kukorica ellátottsága, ha a virágzás kezdetén a cső alatti levelek elemtartalma az alábbi határok között alakul: N 2,5-3,5%, P 0,25-0,35%, K 1,5-2,5%, Ca 0,25-0,80%, Mg 0,2-0,6%, Fe 50-250 mg·kg⁻¹, Mn 20-200 mg·kg⁻¹, Zn 25-100 mg·kg⁻¹, B 5-40 mg·kg⁻¹, Cu 5-20 mg·kg⁻¹. A tápelemek mennyisége mellett fontos információ a tápelemek aránya is, amit a növények tápelem-ellátottságának megítélésakor célszerű figyelembe venni. A kukorica kiegyensúlyozott tápláltsági állapotát az OMTK kísérletek eredményei alapján az alábbi tápelemarányok jelzik: N/P 8-12, K/P 6-9, K/Ca 3-6, K/Mg 4-8, Mn/Zn 1-8, P/Fe 20-100, P/Mn 20-120, P/Zn 50-150, P/Cu 200-500, K/B 600-3000 (Kádár, 2006).

2.2.3. A kukorica nitrogéntrágyázása

Talajaink összes nitrogéntartalma 0,02 és 0,4% között változik, de a tőzeg- és láptalajok esetében elérheti a 2 százalékot is (Filep, 1995b). A nitrogénkészlet több mint 95 százaléka szerves kötésben (humuszanyagokban, növényi maradványokban, elhalt szervezetekben) van jelen (Stefanovits, 1981). A szerves nitrogén kötődhet agyagásványokhoz, melynek mértéke az illit tartalommal fordított, a szmektit és a káliumkötő ásványok mennyiségével egyenes összefüggést mutat (Stefanovits és Dombóváriné, 1987). A növények számára könnyen felvehető szerves nitrogén (NH₄⁺; NO₃⁻) az összes nitrogén 1-3 százalékát teszi ki (Stefanovits, 1981). A szerves kötésű nitrogén szerves ionokká történő átalakulása több lépcsőben történik. Az *ammonizáció* folyamatában a nitrogéntartalmú szerves vegyületek hidrolízisével

aminosavak és egyéb aminovegyületek válnak szabaddá, majd az *ammonifikáció*ban az aminosavakból és aminokból enzimatikus úton ammónia szabadul fel. A *nitrifikáció* során az ammóniumionok (NH_4^+) a *Nitrosomonas* fajok tevékenysége eredményeként nitritté (NO_2^-), a nitrit a *Nitrobacter* baktériumok közreműködésével nitráttá (NO_3^-) alakul (Zsigrai, 2006; Szabó I. M., 2008).

A talaj felvehető nitrogéntartalma a talajmikrobák aktivitásától függ, amit a talaj nedvességtartalma és hőmérséklete befolyásol, ezért a szervesetlen nitrogén mennyisége időszakonként változik (Filep, 1995a). A talaj nitrogénkészlete gyarapodhat a nitrogénkötő mikroszervezetek révén, a légköri molekuláris nitrogén átalakulásával, növényi maradványok és állati ürülék talajba jutásával, tudatos tápanyag-utánpótlással. A szabadon élő baktériumok (*Azotobacter spp.*, *Azotomonas spp.*, *Clostridium spp.*) nitrogénkötése évi $7\text{-}15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a gyökérgümő-baktériumok (*Rhizobium spp.*) nitrogénfixálása $70\text{-}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ is lehet, a légköri nitrogén ülepedése pedig elérheti a $15\text{-}30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ értéket (Zsigrai, 2006).

A talaj nitrogéntartalmát csökkenti a denitrifikáció, az ammónia gáz halmazállapotban történő távozása, erózió, az agyagásványok ammóniumion fixálása, nitrátkimosódás. A denitrifikáció eredményeként a nitrát dinitrogén-oxiddá, majd molekuláris nitrogénné alakul. Szabadszíri mérésekkel igazolták, hogy a denitrifikációs nitrogénvesztés $1\text{-}16\%$ között változik, de erősen levegőtlen viszonyok között jelentősebb is lehet ($30\text{-}50\%$) (Füleky, 1999). Debreczeni et al. (1998) agyagbemosódásos barna erdőtalajon igazolták, hogy a NO_x -gázvesztés függ az alkalmazott műtrágyától, valamint a növényzettel való fedettségtől. A denitrifikációs gázok mennyiségét az alkalmazott nitrogénműtrágya hatóanyagának százalékában határozták meg. Növényborítás mellett a KNO_3 -tal kezelt talajban a denitrifikációs gázok mennyisége 11% , az NH_4Cl -dal műtrágyázott talajban $7,9\%$ volt. A növényvel nem borított talajban ennél magasabb értékeket mértek a tizhetes modellkísérlet során, a KNO_3 -os kezelésben $14,9$ százalékot, NH_4Cl alkalmazása mellett $15,5$ százalékot.

Nótás et al. (2003) 3 éves műtrágyázási kísérletben vizsgálták a talajban bekövetkező denitrifikációs veszteség mértékét. A növényvel fedett talajban a NO_x -gázvesztés $11\text{-}13\%$, az utóhatásokban $1\text{-}7\%$, az összesített eredmények alapján $16\text{-}22\%$ volt. Növényborítás hiányában az első évben $21\text{-}24\%$, az utóhatásokban $3\text{-}13\%$, összesen $36\text{-}39\%$ gázvesztést mértek. 80 százalékos vízkapacitás mellett a legtöbb esetben nagyobb gázvesztés adódott, mint 60 százalékos vízkapacitás esetén, de a különbségek nem bizonyultak szignifikánsnak.

A talajból a nitrogén ammónia formájában is távozzhat, ami leginkább a lúgos talajokra jellemző, ahol a kolloidokon le nem kötött ammóniumionok (NH_4^+) ammóniává (NH_3) alakulnak (Stefanovits, 1981). Az ammóniumionok kötődhetnek az agyagásványok felületén, mely a növények számára még felvehető, és beépülhetnek az agyagásványok rácsai közé is. A fixált ammóniumion nem mobilis, értéke elérheti a 60-900 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ot (Füleky, 1999). A nitrát ionok (NO_3^-) nem kötődnek jelentős mértékben a talajkolloidok felületén, ezért könnyen kimosódnak. A nitrát kilúgzódása függ a kijuttatott nitrogéntrágyák mennyiségétől és minőségétől, a nitrogénutánpótlás időpontjától, a nitrifikáló baktériumok aktivitásától, a klimatikus viszonyoktól, a talaj vízgazdálkodásától és a termesztett növénytől. Gyep-kultúrában nitrátkimosódást 3-7 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, kalászosokban 12-28 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, kapásnövényeknél 18-42 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ értékben mérték (Zsigrai, 2006).

Füleky és Kovács (1993) barna erdőtalajon, tartamkísérletben vizsgálta a műtrágyázás talajra gyakorolt hatását. A nitrát-nitrogén mennyisége a művelt és a mélyebb talajrétegekben is növekedett, legnagyobb mennyiségben 140-160 cm között halmozódott fel. A talaj felső 3 méteres rétegében a kontrolparcellában a vizsgálat 14. évében 87 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, 130 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ nitrogénműtrágya dózis alkalmazása mellett 787 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, 330 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ nitrogénműtrágya adag alkalmazásával 1973 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ átlagos nitrát-nitrogén mennyiséget határoztak meg. A talaj 140-160 centiméteres rétegében a vizsgálat 14 éve alatt a műtrágyával nem kezelt területen 6 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, 130 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ nitrogénműtrágya adag kijuttatásával 86 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, 330 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ nitrogén-műtrágya dózis alkalmazása mellett 206 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ mennyiségben halmozódott fel a nitrát-nitrogén.

Kádár és Németh (1993) az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének Nagyhörsöki Kísérleti Telepén, mészlepedékes csernozjom talajon, tartamkísérletben bizonyította, hogy a túltrágyázás eredményeként a növények által fel nem vett nitrát-nitrogén felhalmozódik, majd a bemosódás eredményeként a talajvízbe kerülhet. A vizsgálat 17. évében (1990) a növények által fel nem vett nitrogén 35-63 százalékát mutatták ki nitrát formájában a talaj felső 100 centiméteres rétegében. Ebben a talajrétegben a nitrát-nitrogén készlet a kontrolterületen 42, a 300 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ mennyiségű nitrogénműtrágyával kezelt területen 872 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ volt. A nitrátbemosódás maximumát ebben a talajrétegben azonosították, de a bemosódás elérte a talaj 5,0-5,5 méteres mélységét is. A nitrátbemosódás sebességét 20-30 $\text{cm}\cdot\text{év}^{-1}$ értékben határozták meg. A nagyobb műtrágyaadagok hatására nitrátfelhalmozódást tapasztaltak a talaj felső 600 centiméteres rétegében. A 200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ nitrogénterhelés hatására a vizsgált

talajrétegben 12 év után $12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 17 év után $18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 22 év után $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ nitrogénadag alkalmazásával 12 év után $21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 17 év után $35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 22 év után $43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt az átlagos nitrát-tartalom (Németh és Kádár, 1999). A tartamkísérlet 28. évében (2001-ben) a többlet nitrogén 5-18 százalékát mutatták ki nitrát-nitrogén formájában a talaj 0-6 méteres rétegében. A $\text{NO}_3\text{-N}$ készlet jelentős része 6 m alá mosódott, vertikális mozgásának sebességét $20\text{-}40 \text{ cm}\cdot\text{év}^{-1}$ értékben határozták meg (Kádár és Németh, 2004).

Az OMTK kísérletek eredményei alapján megállapították, hogy $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ N-dózis mellett a nitrátfelhalmozódás alig észlelhető, $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ dózis alkalmazásával kis mértékű, $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ N-hatóanyag kijuttatásával jelentős. A nem kezelt területek nitráttartalmát a $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ N-hatóanyaggal kezelt területek nitráttartalma annyival haladta meg, amennyivel a trágyázás meghaladta a biomassza nitrátelhordását (Kovács és Németh, 1995).

Izsáki és Iványi (2002a) csernozjom réti talajon műtrágyázási tartamkísérletben vizsgálták a talaj nitrogénmérlegét eltérő nitrogénellátottsági szinteken. A kísérlet 11 éve alatt a kontrolterületeken a növényfajtól és az évjáráttól függően 40 és $260 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ között alakult a nitrogénfelvétel. A nitrogénmérleg $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -os N-műtrágyaadagnál a vizsgálat ideje alatt végig negatív volt, $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -os dózisznál a vizsgálat tizenegyedik évére egyensúlyba került. A $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -os N-műtrágyaadag hatására a N-mérleg már a negyedik évben pozitív volt és a későbbiekben is növekedett. A vizsgálat negyedik évében $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N-adagnál kismértékű, $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N-dózis mellett erőteljesebb $\text{NO}_3\text{-N}$ kimosódását tapasztaltak a talaj felső $100\text{-}200$ centiméteres rétegében, ami a nyolcadik év után jelentőssé vált. A nitrát-nitrogén felhalmozódásának maximumát $140\text{-}180$ cm mélyen azonosították.

A talaj nitráttartalma függ a tápanyag-utánpótlás módjától. A karbonátos homokon végzett nitrát deszorpciós vizsgálatok során a N, NP, és NK kezelésekben mért nitrogéntartalom ($0,7\text{-}0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) szignifikánsan magasabb volt mint az NPK kezelésekben meghatározott nitrátmennyiség ($0,5\text{-}0,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (Lásztity et al., 1994).

A talajművelés nagymértékben befolyásolja a talaj ásványi N-tartalmának tenyészidőszakbeli dinamikáját, a talaj nitrogénmérlegét. A talaj ásványi nitrogéntartalma nagyobb a tavaszi szántás esetében, mint a forgatás nélküli művelésben és őszi szántásban (Nagy et al., 2003), viszont talajkímélő művelésben a szerves nitrogén tartalom magasabb (Huzsvai et al., 2003, 2005).

A nitrogén-utánpótlásban növénytermesztési és környezetvédelmi szempontból is célszerű osztott idejű kijuttatást alkalmazni. A nitrogén-alaptrágyázás különösen indokolt a sok tarlómaradványt hagyó elővetemények után, a pentozánhatás elkerülése végett. A nitrogéndózis 20-40 százaléka ősszel, 60-80 százaléka tavasszal a magágykészítéssel egy menetben juttatható ki (*Pető et al.*, 1991). A tavaszi nitrogéntrágyázás és a vetés között néhány hétnek el kell telnie, mert intenzívvé válik az ammonifikáció, és a keletkezett ammónia a csírázást akadályozhatja (*Bocz et al.*, 1996). Savanyú talajokon kerülni kell a savasan hidrolizáló műtrágyák (pld.: ammon-szulfát, ammon-nitrát, karbamid) nagy adagú alkalmazását, a lúgos és gyengén lúgos kémhatású talajokon viszont a savasan hidrolizáló műtrágyák alkalmazása célszerű. A laza szerkezetű, jó kultúr állapotú talajokon az ammóniafélék, a kötöttebb talajokon a nitrátok érvényesülnek jobban (*Bodorné*, 1985).

A kukorica termése nitrogéntrágyázással növelhető a leghatékonyabban (*Győrffy et al.*, 1965). A nitrogéntrágyázás a termésnövekedés mellett javítja a termésminőséget (*Nagy*, 2007), növeli a levélfelületet (LAI) (*Berzsenyi*, 1988; *Benett et al.*, 1988), növeli a levelek klorofill- és nitrogéntartalmát (*Berenguer et al.*, 2009), fokozza a száranyaggyarapodást (*Berzsenyi*, 1993; *Dobos és Nagy*, 1998).

Timmons és Baker (1991) jelzett nitrogénnel műtrágyázva kimutatta, hogy a 15 kg·ha⁻¹-os nitrogéndózis 58-70 százalékát veszi fel a növény. *Németh I.* (1983) ötéves kísérletben igazolta, hogy a nitrogén hasznosulási százaléka függ az alkalmazott dózistól. A nitrogén hasznosulása 174-261 kg·ha⁻¹ műtrágyadózis alkalmazásával 46-60%, 384 kg·ha⁻¹ műtrágyaadag kijuttatásával 35% volt.

Sárvári (1986) megállapította, hogy a kukoricahibrid termesztése annál sikeresebb, minél jobb a trágyareakciója. Három éves kísérletben 13 hibrid különböző műtrágyadózisokkal történő kezelésével igazolta, hogy a vizsgált kukoricahibridek 240 kg·ha⁻¹ nitrogénszintig a műtrágyát jól hasznosítják. *Anda* (1986) 200 kg·ha⁻¹ nitrogéndózisig, *Sarkadi és Balláné* (1990) mészlepedékes csernozjom talajon 50-100 kg·ha⁻¹-ig mutatott ki szignifikáns termésnövekedést. *Prokszáné et al.* (1995) száraz évben 200 kg·ha⁻¹, csapadékos évben 100 kg·ha⁻¹ műtrágyamennyiségig tapasztaltak statisztikával igazolható termésnövekedést réti öntéstalajon. *Lásztity és Csathó* (1995) vizsgálataiban mészlepedékes csernozjom talajon 50-100 kg·ha⁻¹ N-dózisig jelentkezett kimutatható termésnövekedés. *Harmati* (1995) erősen meszes (25 m/m%), humuszban gazdag (5 m/m%) réti talajon, monokultúrában vizsgálta a különböző dózisu műtrágyák termésnövelő hatékonyságát. A kukorica optimális nitrogénadagja az első évben 100, a

további években 150-200 kg·ha⁻¹ volt. *Kismányoky és Kiss* (1998) Ramman-féle barna erdőtalajon istállótrágyázással (35 t·ha⁻¹ 3év⁻¹) 70 kg·ha⁻¹, istállótrágyázás nélkül 140 kg·ha⁻¹ N-adag mellett érte el a termésmaximumot. *Csathó et al.* (2005) barna erdőtalajon 150-200 kg·ha⁻¹ N-dózis mellett tapasztalták a maximális kukoricatermést. *Kádár* (2007a, 2007b) az OMTK kísérletek eredményei alapján 50-100 kg·ha⁻¹ nitrogénszintig mutatott ki szignifikáns termésnövekedést mészlepedékes csernozjom talajon.

Az optimális nitrogénadagok meghatározásához figyelembe kell venni a marginális hatékonyságot is. A Debreceni Egyetem látóképi telepén végzett műtrágyázási kísérletekben (1991-1994) 175 kg·ha⁻¹ nitrogéndózis mellett kapták a maximális termést (9,55 t·ha⁻¹), viszont már 104 kg·ha⁻¹ nitrogénhatóanyag felhasználásával is elérték 9,06 t·ha⁻¹-os termésátlagot. A marginális hatékonyság vizsgálata során igazolódott, hogy 1 kg nitrogén műtrágyára jutó termésnövekedés 175 kg·ha⁻¹-os dózis mellett 0 kg, 95-100 kg műtrágya hatóanyag alkalmazásával 15 kg volt (*Nagy*, 1995). *Berzsenyi és Lap* (2003) az 1970-2002 közötti évek átlagában 160 kg·ha⁻¹ nitrogénadag mellett mérte a legnagyobb termésnövekedést (1,96 t·ha⁻¹), viszont az agronómiai hatékonyság (termés kg·N kg⁻¹) a 80 kg·ha⁻¹-os kezelésben volt a legnagyobb.

Az elérhető maximális termés, optimális műtrágyaadag és az agronómiai hatékonyság kukoricahibridenként és évjáratonként változik (*Nagy*, 2007). A Debreceni Egyetem látóképi tartamkísérletének eredményeit értékelve 1990 és 1994 között a Volga SC kukoricahibrid nem öntözött viszonyok között 179 kg·ha⁻¹ nitrogéndózis mellett érte el a maximális termést (8,9 t·ha⁻¹), öntözéssel pedig 196 kg·ha⁻¹ N-hatóanyag mennyiséggel (14,1 t·ha⁻¹). Az agronómiai hatékonyság öntözetlen körülmények között alacsonyabb volt (14 kg·kg⁻¹), mint öntözéssel (29 kg·kg⁻¹). Az optimális nitrogénadagnak öntözött körülmények között a 150-160 kg·ha⁻¹, nem öntözött viszonyok mellett a 100-110 kg·ha⁻¹ mennyiség bizonyult (*Nagy*, 1996a). *Bogdán* (1999) a látóképi tartamkísérletek 1994 és 1997 közötti időszakára a Bella TC kukoricahibrid terméseredményeit értékelve magasabb agronómiai hatékonyságot igazolt a Volga SC hibridhez képest. Nem öntözéses termesztésben a maximális termés (8,7 t·ha⁻¹) 126 kg·ha⁻¹ nitrogéndózis mellett jelentkezett. Az agronómiai hatékonyság 14 kg·kg⁻¹, az optimális nitrogénműtrágya mennyiség 90-100 kg·ha⁻¹ volt. Öntözéses termesztésben a maximális termés (12,6 t·ha⁻¹) 168 kg·ha⁻¹ nitrogénadag mellett jelentkezett, az agronómiai hatékonyság 34 kg·kg⁻¹, az optimális nitrogénműtrágya mennyiség 130-140 kg·ha⁻¹ volt.

2.2.4. A kukorica foszfortrágyázása

A talajban a foszfor szerves és szervesetlen kötéseiben fordul elő. Az összes foszfortartalom 20-40 százaléka szerves vegyületekben, 60-80 százaléka szervesetlen kötéseiben és a talajoldatban van jelen, ezért a talajok foszforforgázkodásában a biológiai folyamatok mellett igen jelentős a szerepe a kémiai folyamatoknak is (Filep, 1995b). A talajok átlagos felvehető foszfortartalma $0,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, mely a talaj 60 cm mélységéig $0,04 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ értéket jelent, viszont termesztett növényeink $4\text{-}20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foszfort igényelnek, amit talaj foszforforgázkodása a foszfor folyamatos átalakulásával tud fedezni (Stefanovits, 1981). A foszfor felvehetősége függ attól, hogy milyen formában van jelen a talajban és milyen a talaj pH-ja. A trikálciumfoszfát erős savakban, a dikalciumfoszfát és oktakalciumfoszfát gyengébb savakban, a monokalciumfoszfát vízben oldódható, a vas és alumíniumfoszfátok (variscit, sztrengit) savas közegben is csak kis mértékben oldódnak. 5,5 pH alatt nagy mennyiségű Al^{3+} és Fe^{2+} jut a talajoldatba, ahol a foszfát-ionokkal oldhatatlan vegyületet képeznek. Mérsékelten savanyú talajokban az alumínium- és vashidroxid gélek, valamint az agyagásványok specifikus anion-adszorpciója során következik be a foszfor immobilizációja, míg lúgos talajokban kalciumfoszfátok képződése csökkenti a foszfor oldhatóságát (Filep, 1995b). A foszfor felvehetősége 5,5 és 7,0 pH között a legkedvezőbb (Füleky, 1999). A humifikálódott szerves anyagok kedvezően befolyásolják a foszfor felvehetőségét (humát hatás), mivel részben lefedik az ásványi anyagok specifikus foszforlekötő helyeit, valamint megkötik a foszfát-ionok immobilizálására képes Al^{3+} , Fe^{3+} és Ca^{2+} ionok egy részét (Filep, 1995b). A talajoldatban a foszfor foszfát-ionok formájában (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) van jelen. Savas közegben (6 pH alatt) a H_2PO_4^- , lúgos kémhatás mellett (8 pH felett) a HPO_4^{2-} ionok dominálnak (Füleky, 1999). A szerves kötésekből a foszfor a nitrogénhez hasonlóan mikrobiológiai folyamatok során szabadul fel, melyet befolyásol a C, N, és P mennyisége és aránya. A foszfor feltáródása abban az esetben optimális, ha a szerves anyag C-N-P aránya $100 : 10 : 1$ (Stefanovits, 1981).

A foszfor kimosódása nem jelentős, mivel a foszfát-ionok egy része adszorbeálódik, vagy gyengén oldható foszfátokká alakul (Filep, 1995b), viszont jelentős lehet az erózió okozta foszforveszteség (D'Angelo et al., 2003). Trágyázási tartamkísérletekben megállapították, hogy a foszfor a lösztalajokban 40-60 cm mélységig mozog. 110 éven keresztül $33 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ szuperfoszfát-hatóanyag trágyázás mellett a foszfor réteglen 38 centiméterig, szántóföldön 50 centiméterig mosódott le. A talajon keresztül

átszivárgott víz elemzése azt igazolta, hogy a foszforkimosódás általában kevesebb, mint $0,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ (Fülek, 1999).

A kukorica nem igényel sok foszfort a növekedéshez, fejlődéshez és termésképzéshez, viszont foszfor-trágyareakciója gyenge. A foszfor jobb hasznosulása érdekében célszerű a foszfortrágyákat ősszel a szántás előtt kijuttatni (Ertsey et al., 2003; Nagy, 2007). A foszfát a savanyú talajokon alumínium- és vasvegyületekhez, a meszes talajokon kalcium-ionokhoz kapcsolódva leköttetik, ezért az ilyen talajokon foszfortöbblet kijuttatása szükséges. A kukorica kezdeti magas foszforigénye kielégítése végett kis adagú startertrágyázás is alkalmazható (Bodorné, 1985).

A rendszeres foszfortrágyázás eredményeként az alkalmazott dózisok függvényében nő a talajok AL-oldható foszfortartalma, míg P-utánpótlás hiányában a termesztett kultúrnövény P-fogyasztásának függvényében a talaj P-készletének csökkenése következik be. Mészlepedékes csernozjom talajon őszi búza - kukorica - kukorica - borsó rotációban 1979-től 1987-ig a foszfortartalom $68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ról $52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ra csökkent (Lásztity és Csathó, 1995). Fülek és Kovács (1993) barna erdőtalajon igazolta a rendszeres műtrágyázás kedvező hatását a talaj foszforellátottságára. A szántott réteg AL-oldható foszfortartalma 1972-től 1986-ig $32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ről $82 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ra növekedett a $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ (N,P,K) műtrágyaadag, és $267 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ra a $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ műtrágyadózis hatására. Számításaik szerint barna erdőtalajon a talaj AL-oldható foszfortartalmának $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ értékkel történő növeléséhez $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P_2O_5 -hatóanyag szükséges. Árendás és Sarkadi (1995) erdőmaradványos csernozjom talajon értékelte a tartós trágyázás eredményként kialakuló foszforhatásokat és - utóhatásokat. $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ P-hatóanyag alkalmazásával a foszforban igen gyengén ellátott talaj elérte a közepes ellátottsági szintet, majd a foszfor utánpótlás megszűnésével a talaj foszfortartalma csökkent és 9 év alatt elérte a gyenge ellátottsági kategóriát. Izsáki és Iványi (2002b) 1989 és 2000 között csernozjom réti talajon vizsgálta a feltöltő és a fenntartó trágyázás hatását a talaj AL-oldható foszfortartalmára. A talaj P_2O_5 -tartalmát az évenkénti $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foszforadagú műtrágyázás $11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -mal, az $500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ műtrágyaadag $86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -mal, az $1000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ műtrágyadózis $163 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -mal növelte. Számításaik szerint a csernozjom réti talaj foszforkészletének $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -mal történő növeléséhez $58\text{-}61 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -os foszfor hatóanyag szükséges.

A kukoricahibridek műtrágyareakcióját vizsgálva több kutató $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foszfordózissal igazolt szignifikáns termésnövekedést (Csathó et al., 1989; Sarkadi és Balláné, 1990; Lásztity és Csathó, 1995). Harmati (1995) erősen meszes ($25 \text{ m/m}\%$),

humuszban gazdag (5 m/m%) réti talajon, monokultúrában vizsgálta a különböző dózisu műtrágyák termésmenvelő hatékonyságát. A nitrogéntrágyázás hatását a foszfortrágyázás fokozta, melynek optimális adagja a 3. évben $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a 4. évben $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ volt. Az OMTK kísérletben az $50\text{-}60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foszforadagok bizonyultak hatékonynak (Kádár és Márton, 2007a, 2007b).

A foszfor túladagolása a termés csökkenését és a minőség romlását vonja maga után, ami abból adódik, hogy foszfortúlsúly esetén relatív cinkhiány jelentkezik a foszfor-cink antagonizmusból adódóan (Kádár és Turán, 2002). Győri és Sipos (2005) öt és 10 leveles állapotban vett levélminták alapján megállapították, hogy a műtrágyaadagok növelésével a felvett cink mennyisége csökken, mivel a foszfor- és a cinktrágyázás között negatív kölcsönhatás jelentkezik. Kádár és Shalaby (1986) tenyészedény-kísérletben igazolták, hogy a P-ellátottság növelésével a növényi cinktartalom 20-40%-kal csökkenhet, ami megfelelő cinkadagolással kompenzálható. $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -os foszfordózis mellett $10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Zn-adag javasolható.

Irodalmi adatok szerint a kukorica tápláltsági állapota kiegyensúlyozott, ha a 4-6 leveles kukorica légszáraz hajtásának foszfortartalma 0,3-0,5%, cinktartalma $30\text{-}60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Címerhányáskor a levél optimális összetétele 0,25-0,40% P- és $25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ feletti Zn-tartalom. A vegetatív növényi részek P/Zn aránya optimális 50-150 között, kritikus 200 felett (Kádár és Turán, 2002). Csathó (1992) megállapította, hogy a virágzáskori levél 200 feletti P/Zn aránya $0,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ szemterméscsökkenést eredményez. Tartamkísérletben igazolta, hogy $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foszforadag mellett 12 év alatt $5,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ kumulált termésveszteség jelentkezhet a foszfortúlsúlyból adódó relatív cinkhiányból következően.

2.2.5. A kukorica káliumtrágyázása

A talajok káliumtartalma a talajtípustól függően $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (homoktalaj) és $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (nehéz agyagtalajok) között változhat (Zsigrai, 2006). A kálium a talajban szervesetlen kötésekben, adszorbeált állapotban és a talajoldatban van jelen. A növények számára az ásványok kristályrácsában kötött kálium nem felvehető, csak az adszorbeált kálium és a talajoldat káliumtartalma (Filep, 1995b). Az adszorbeált kálium felvehetősége függ attól, hogy milyen agyagásványok kötik meg, és hogy hol kötődik le. Az agyagásványok felületén adszorbeált kálium deszorpciója kisebb energiát igényel, mint a belső felületeken kötött káliumé (Stefanovits, 1981). A csillám, illit és a kálicillám szerepet játszik a kálium-utánpótlásban, a szmektitiek viszont tartósan megkötik a

káliumot (Füleky, 1999). Ha csökken a talajoldat káliumtartalma, akkor káliumhiány alakulhat ki, amíg a talajoldat káliumtartalma deszorpció útján nem pótlódik. Az alacsony kicserélhető káliumtartalommal rendelkező talajokban hiány léphet fel akkor is, ha az összes kálium mennyisége nagy, mivel a rácskálium mobilizálódása lassú folyamat (Filep, 1995b).

A műtrágyázás befolyásolhatja a talaj agyagásvány-összetételét. Ha a talaj agyagfrakciójában a szmektit-félék 20-30 százalékos vagy annál nagyobb arányt képviselnek, nőhet a talaj illittartalma. Ez abból adódik, hogy a K^+ és NH_4^+ ionok behatolhatnak a szmektitek réteggkomplexumaiba, és rácszsugorító hatásukra az 1,4 nm bázistávolságú szmektitek 1,0 nm bázistávolságú illit jellegű agyagásványokká alakulnak (Rózsavölgyi et al. 1986).

A káliumtrágyákat célszerű ősszel a szántás előtt kijuttatni a foszfortrágyákkal együtt. Növekvő nitrogén- és foszforadagok mellett a káliumfelvétel csökkenhet, ugyanakkor a kálium túladagolása relatív kalciumhiányt és a talaj elsavanyodását eredményezi (Krisztián et al., 1989). A homokos, laza talajokon kisebb mértékű kimosódás bekövetkezhet, ezért a homokos területeken a tavaszi kijuttatás előnyösebb lehet (Bodorné, 1985).

A rendszeres káliumtrágyázás eredményeként az alkalmazott dózisok függvényében nő a talajok AL-oldható káliumtartalma, míg K-utánpótlás hiányában a természetett kultúrnövény K-fogyasztásának függvényében a talaj K-készlete csökken. Mészlepedékes csernozjom talajon őszi búza - kukorica - kukorica - borsó rotációban 1979-től 1987-ig a káliumtartalom $170 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ről $135 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ra csökkent a nem trágyázott területeken (Lásztity és Csathó, 1995). Füleky és Kovács (1993) barna erdőtalajon igazolta a rendszeres műtrágyázás kedvező hatását a talaj káliumellátottságára. A szántott réteg AL-oldható káliumtartalma $120 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ről a $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ műtrágya-hatóanyag szinten $126 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ra, $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ műtrágya-hatóanyag dózis alkalmazásával $250 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -ra növekedet. Számításaik szerint barna erdőtalajon a talaj AL-oldható káliumtartalmának $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ értékkel történő növeléséhez $208 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K_2O hatóanyag szükséges. Izsáki és Iványi (2002b) 1989 és 2000 között csernozjom réti talajon vizsgálta a feltöltő és a fenntartó trágyázás hatását a talaj AL-oldható káliumtartalmára. A művelt réteg káliumtartalmának $86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -mal történő növekedését $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$, a $131 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -mal történő emelkedését $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ adagú káliumtrágyázással érték el. A talaj művelt rétegének $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ -os

káliumkészlet-növekedéséhez szükséges hatóanyagmennyiséget 70-90 kg·ha⁻¹ értékben határozták meg.

Csathó (1992) 12 év eredményei alapján, mészlepedékes csernozjom talajon a káliumtrágyázás hiányában 10,0 t·ha⁻¹ kumulált termésvesztést igazolt. A káliumtrágyázás hatására a kísérlet 22. évében 1,0-1,6 t·ha⁻¹ terméstöbbletet kaptak a káliumadagok és a talaj foszforellátottságának függvényében.

Lásztity és Csathó (1995) vizsgálataiban mészlepedékes csernozjom talajon 190 mg·kg⁻¹ AL-K₂O-tartalom mellett 100 kg·ha⁻¹ K₂O dóziséig jelentkező szignifikáns termésnövekedés. *Kádár és Márton* (2007a) az OMTK kísérletek 1969-2005 közötti eredményeit értékelve megállapította, hogy a káliummal közepesen ellátott (180-200 mg·kg⁻¹) mészlepedékes csernozjom talajon 70, 100 és 200 kg·ha⁻¹ K₂O-hatóanyag felhasználásával is csökken a talaj káliumszolgáltató képessége, míg a káliumhatás nő, ami a talaj oldható K-készletének csökkenésével függ össze. Az ilyen talajokon a stabil kukoricatermések elérése végett célszerű a talaj K-ellátottsági szintjét a „kielégítő” ellátottsági kategóriában tartani, ami 100-150 kg·ha⁻¹ hatóanyag-mennyiséggel megoldható. *Kádár és Holló* (2006) megállapította, hogy a káliummal jól ellátott talajokon a káliumtrágyázásnak nincs termésnövelő hatása. Nem jelentkező káliumhatás nem karbonátos csernozjom barna erdőtalajon a talaj 216 mg·kg⁻¹ AL-K₂O tartalma mellett, 70 kg·ha⁻¹, 100 kg·ha⁻¹ és 200 kg·ha⁻¹ K₂O-hatóanyag szinteken.

A szabadföldi kukorica K-hatáskísérletek eredményei alapján nem jelentkező káliumhatás a 200 mg·kg⁻¹ feletti AL-K₂O-tartalommal rendelkező talajokon. A 160-200 mg·kg⁻¹ AL-oldható káliumtartalmú talajokon a maximális gazdaságos kukoricatermés eléréséhez 40 kg·ha⁻¹ K₂O-hatóanyag, a 120-160 mg·kg⁻¹ közötti AL-K₂O tartalmú talajokon 60 kg·ha⁻¹, a 120 mg·kg⁻¹-nél kisebb káliumtartalommal rendelkező talajokon 100-130 kg·ha⁻¹ kálium-hatóanyag felhasználása szükséges (*Csathó*, 2004 cit. *Nagy*, 2007).

2.2.6. A kukorica NPK-trágyázása

A kukorica fajlagos tápanyagigénye 1 kg termésre: 2,5 kg nitrogén, 1,3 kg foszfor, 2,2 kg kálium. A fajlagos trágyaigény a kukorica fajlagos tápanyagigénye mellett függ a talaj termékenységétől, az elővetemény hatásától és az agrotechnika színvonalától, így az 1 kg terméshez szükséges műtrágyahatóanyag szükséglet határértékekkel adható meg (nitrogén: 1,8-3,2 kg, foszfor: 1,0-2,2 kg, kálium: 1,6-2,4 kg) (*Pető et al.*, 1991).

A kukorica műtrágyaigénye (80)-120-150-(180) kg·ha⁻¹ nitrogén, 80-150 kg·ha⁻¹ foszfor, 100-180 kg·ha⁻¹ kálium (Pető et al., 1991). Az alkalmazandó műtrágya dózisokat alapvetően a kultúrnövény igényei és a talajadottságok alapján határozzuk meg, de figyelembe kell venni a kitűzött termésszintet és az elővetemény hatását is (Bodorné, 1985). A pillangós virágú növények nitrogénben gazdagítják a talajt, ezért a műtrágyaszükséglet 50 kg·ha⁻¹-ral csökkenthető. A nagy mennyiségű szármadaradványt hagyó elővetemények káliumban gazdagítják a talajt. A búza és a kukorica esetében 1 t szemtermésre jutó tarlómaradvány talajba forgatása 5-10 kg·ha⁻¹ kálium-utánpótlásnak felel meg, míg 1 t kaszattermesre jutó napraforgó-tarlómaradvány leforgatása 20 kg·ha⁻¹ káliumdózissal tekinthető azonosnak (Pető et al., 1991). Cukorrépa elővetemény esetén a kukorica nitrogénigénye 20-30 kg·ha⁻¹-ral növekszik (Bocz et al., 1996).

Az optimális műtrágyaadag kukoricahibridenként változó, mely többdózisú műtrágyázási kísérletekben vizsgálható. Különböző műtrágyaadagok alkalmazásával, kukoricahibridenként vizsgálható a növekvő műtrágyadózisokkal elérhető termés, valamint a termésnövekedés tendenciája, a kapott eredmények pedig jól alkalmazhatóak a hibridspecifikus trágyázásban (Nagy, 2005). A műtrágyázás termésnövelő hatását leggyakrabban másodfokú egyenlettel (parabola) vagy a Mitscherlich típusú telítődési függvénnyel közelítik. A Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum látóképi tartamkísérletének 8 éves (1994-2001) termésadatai alapján a maximális termésnövekedés másodfokú függvényt alkalmazva 121 kg·ha⁻¹ N + PK, kettős lineáris függvénnyel 72 kg·ha⁻¹ N + PK műtrágyaadag mellett jelentkezett. A két becslés közötti eltérés 68% volt, valamint a kettős lineáris függvénnyel becsült értékek álltak legközelebb a mért értékekhez (Huzsvai és Nagy, 2004).

A hazai kutatók az optimális műtrágyaadagokra vonatkozóan különböző értékeket határoztak meg. Meszes réti talajon N₁₅₀P₈₀K₁₂₀ (Harmati, 1981), mészlepedékes csernozjom talajon N₅₀₋₁₀₀P₅₀K₁₀₀ (Sarkadi és Balláné, 1990), N₁₅₀P₆₀K₁₀₀₋₂₀₀ (Csathó, 1992), Ramman-féle barna erdőtalajon 300 kg·ha⁻¹ NPK (1:1:1) (Tóth és Kismányoky, 2001), erdőmaradványos csernozjom talajon 200-400 kg·ha⁻¹ NPK (2:1:1) (Berzsenyi és Lap, 2002) műtrágyamennyiségek bizonyultak a leghatékonyabbnak.

A kukorica megfelelő tápanyagellátása a termésnövekedés mellett kedvezően hat a növény vízhasznosítására is (Kovács, 1982; Dobos és Nagy, 2003; Nagy, 2003). Mészlepedékes csernozjom talajon a nem öntözött kezelésekben a maximális termést (10,8 t·ha⁻¹) 284 kg·ha⁻¹ NPK műtrágya-hatóanyag felhasználással érték el. A termésnövekedés 4,3 t·ha⁻¹, az 1 kg NPK műtrágya-hatóanyagra jutó átlagos növekedés

15 kg·ha⁻¹ volt. Öntözött körülmények között a maximális termés (12,4 t·ha⁻¹) 288 kg·ha⁻¹ NPK-szinten 4,6 t·ha⁻¹ termésnövekedéssel jelentkezett, az agronómiai hatékonyság pedig 16 kg szemtermés volt 1 kg NPK műtrágya-hatóanyagra (Huzsvai és Nagy, 2003).

Az időjárás hatással van a növények növekedésére, tápanyagfelvételére, így a trágyázás hatékonyságára is (Fekete et al., 1967; Szász, 1988; Nagy, 1988). A kukorica trágyázási tartamkísérletek eredményei igazolták, hogy az évjárat befolyásolja a kukoricahibridek műtrágyareakcióját. A kedvező csapadékellátottságú években a száraz évekhez viszonyítva magasabb műtrágyaadagokkal érhető el a maximális termés, viszont az agronómiai hatékonyság kedvezőbb, másrészt ugyan azon műtrágyaadaggal magasabb termésátlag érhető el (Nagy, 2007). Márton (2005) az OMTK kísérletek 16 éves adatainak feldolgozásával megállapította, hogy a száraz évjáratokban a N-, NP- és NK-kezelésekben 3,2 t·ha⁻¹ terméstöbblet jelentkezett a kezeletlen állományhoz képest, amit az NPK-kezelés alig növelt. Az aszályos években a N-, NP- és NK-kezelésekben 4 százalékkal, az NPK-kezelésben 1 százalékkal csökkent a termés a száraz évekhez viszonyítva, míg az aszályos éveket bázisul véve a kedvező csapadékellátottságú években a N-, NP- és NK-kezelések 8%, az NPK-kezelés 10% terméstöbbletet eredményeztek.

A műtrágyázás részben kompenzálni képes a kedvezőtlen agrotechnikai hatásokat. A DATE Növénytermesztés- és Földműveléstani Tanszék látóképi kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon, 1989 és 1994 között végzett multifaktoriális tartamkísérletben az őszi szántás 1,4-2,3 t·ha⁻¹ értékkel növelte a kukorica termését a szántás nélküli változathoz képest, ami műtrágyázott körülmények között jelentősebb volt (2,8-3,3 t·ha⁻¹) (Nagy, 1996b).

Számos szerző igazolta, hogy a rendszeres nagy adagú műtrágyázás a pH csökkenését eredményezi. Füleky és Kovács (1993) barna erdőtalajon, tartamkísérletben (1972-1986) vizsgálták a rendszeres műtrágyázás savanyító hatását. 1972-től 1986-ig a művelt rétegben a pH_(KCL) érték 5,0-ról 150 kg·ha⁻¹·év⁻¹ műtrágya hatóanyag (N,P,K) mennyiség hatására 4,1-re, 450 kg·ha⁻¹·év⁻¹ műtrágya-hatóanyag szinten 3,9-re csökkent. Krisztián és Kadlicskó (1992) megállapították, hogy a különböző műtrágyaféleségek közül a nitrogénműtrágya savanyító hatása a legjelentősebb, mely a dózisok növelésével fokozódik, viszont kedvezőbb N-P-K arány kialakításával kompenzálható. Zsigrai (1995) a karcagi OTK kísérletek B17 jelű változatának 12-25 éves talajvizsgálati adatbázisa alapján megállapította, hogy ha a rendszeresen alkalmazott N-adagok közötti különbség meghaladja az 50 kg·ha⁻¹ értéket, akkor a talaj kémhatása statisztikailag

igazolható mértékben csökken, valamint a nitrogén műtrágyák osztott idejű kijuttatása kisebb mértékű savanyodást eredményez, mint az őszi N-trágyázás.

A kukorica a jó Ca-ellátottságú talajokon jó termést ad, ezért az 1% alatti kalciumtartalmú talajokon Ca-utánpótlásra van szükség. Az ilyen területeken a rendszeres (2-3 évenként) kis adagú ($2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) kalcium-utánpótlás elegendő (Bodorné, 1985), az 5,6 alatti pH-jú talajokon viszont már nagyobb adagú melioratív meszezésre van szükség (Bocz et al., 1996). Kadlicskó és Krisztián (1993) egy krónikusan elsavanyodott agyagbemosódásos barna erdőtalajon végzett teljes adagú melioratív meszezés ($9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$) hatására a kezelés után két évvel 0,92-1,10 pH-érték növekedést mért a talaj felső 20 centiméteres rétegében, ami az alkalmazott műtrágyadózisoktól függően a kukorica $0,7\text{-}2,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ terméstöbbletét eredményezte.

2.2.7. A kukorica szervestrágyázása

A talaj szerves anyaga stabil és lebontható frakcióból áll. A stabil frakció mennyisége elsősorban a talajtípustól és az éghajlati viszonyoktól függ, ami az időben lassan változik, míg a lebontható frakció (aktív szerves anyag) mennyisége a vegetációs periódus alatt is változik. Az aktív szerves anyag könnyen bontható anyagokból áll, melyek energiával látják el a talajmikrobákat, valamint tápanyagokat szolgáltatnak a növények számára (Körschens et al., 1998). Mennyiségi meghatározása a forróvíz-oldható szerves szén (Hot Water Carbon - HWC) meghatározásával történik. A forró vízzel kioldott szerves anyag egyszerű felépítésű hidrolizálódó és depolimerizálódó szénhidrátokból, aminosavakból, valamint alacsony humifikációs fokú vegyületekből áll, melynek mennyisége a talaj teljes széntartalmához viszonyítva (Total Organic Carbon - TOC) meghatározott értéktartományon belül mozog (Leinweber et al., 1995). Németországban 3-5 százalékos (Leinweber et al., 1995), a Cseh Köztársaságban 3-4 százalékos értékeket mértek (Kubát et al., 2004). A talaj HWC-tartalma függ a talajtípustól, a talaj agyagtartalmától (Körschens, 2002) és egyéb környezeti tényezőktől (csapadék, hőmérséklet) (Schulz, 2002), a termesztett növénytől (Landgraf et al., 2005), vetésforgótól (Chan és Heenan, 1999), valamint a talajművelés (Emmerling és Udelhoven, 2002) és a tápanyag-utánpótlás módjától (Murata et al., 1998).

A talajba került növényi és állati maradványok makro- és mikroszervezetek közreműködésével elbomlanak és átalakulnak, mely a mineralizáció és a humifikáció folyamatában valósul meg. A mineralizáció során a szerves anyag szerves vegyületekre (CO_2 , H_2O) és szervesetlen ásványi alkotókra (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^-

, H_2PO_4^-) bomlik, így a szerves vegyületbe beépült ásványi tápanyagok újra felvehetővé válnak a növények számára. A humifikáció a mineralizációval párhuzamosan végbemenő, de ellentétes irányú folyamat, mely során a bomlástermékekből polimerizálódva és nitrogéntartalmú anyagokkal összekapcsolódva humuszanyagok keletkeznek (*Füleký és Filep, 1999*).

A szerves anyag bontása és felhalmozódása egyensúlyra vezető folyamatsorozat, mely az őállapotú talaj művelésbe vételével megváltozik (*Stefanovits, 1981*), így a talajhasználat módjától függően a talaj szerves anyag tartalma növekedhet vagy csökkenhet (*Szűcs és Szűcsné, 2005*). A talaj szervesanyag-tartalmának fenntartásában, illetve növelésében jelentős szerepe van a vetésforgónak (*Havlin et al., 1990, Collins et al., 1992*). Kukorica monokultúrában kisebb a talaj szervesanyag-tartalma, mint vetésforgóban, de a szerves anyagok mennyiségét a vetésforgó szerkezete is befolyásolja (*Tóth és Kismányoky, 2001*). Az Egyesült Államokban 30 éves tartamkísérletben megállapították, hogy a monokultúrában termesztett kukorica 64 százalékkal, a monokultúrában termesztett búza 37 százalékkal, a kukorica-búza-vöröshere váltógazdálkodás 17 százalékkal csökkentette a talaj humusztartalmát (*Filep, 1995b*).

A szármadarványok leszántásának termésmenvelő hatása tekintetében a szakirodalom nem egységes. A szalma leszántásával $5\text{-}6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ nitrogéntartalom növekedés (*Stumpe et al., 2000*), a búzaszalma ismételt leszántásával $7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ nitrogénmenvelés érhető el a talajban, ami nem elegendő a termésmenveléshez (*Cookson et al., 1998*). A növényi maradarványok aláforgatásának hatékonyságát a talaj tápanyag-ellátottságának figyelembe vételével kell értékelni, mivel a szalma leszántása a magas tápanyagtartalmú talajokon termésmenvelő, míg az alacsony tápanyagellátottságú talajokon termésmenvelő hatású lehet (*Limon-Ortega et al., 2000*). A tarlómaradarványok termésmenvelő hatása esetenként abban rejlik, hogy a szalma bontása során fitotoxikus vegyületek képződnek, melyek a kultúrnövény fejlődését akadályozzák (*Cochran et al., 1977; Turley et al., 2003*).

A műtrágyázás önmagában is növeli a talaj HWC-tartalmát, de az istállótrágyázás szignifikánsan magasabb HWC-koncentrációt eredményez (*Leinweber et al., 1995*). A műtrágyák és az istállótrágya együttes alkalmazásával nagyobb HWC-tartalom érhető el, mint műtrágyázással (*Schulz, 2004*). A talaj optimális szervesanyag-tartalma $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ év⁻¹ mennyiségű istállótrágya alászántásával fenntartható, ami még nem termésmenvelő hatású, viszont magas és stabil terméseredményt biztosít (*Körschens, 2004*).

Bankó et al. (2007) műtrágyázási tartamkísérletben Ramman-féle barna erdőtalajon igazolták a tápanyag-utánpótlás HWC-tartalom növelő hatását. A különböző kezelések (műtrágyázás, istállótrágyázás, műtrágyázás + szármaradványok leforgatása) 123-125 százalékos szignifikáns növekedést eredményeztek a HWC-frakcióban a kontrollhoz képest. A műtrágyakezelések között nem jelentkezett különbség, viszont az istállótrágyázás 29 százalékkal több HWC-t eredményezett mint a műtrágyázás.

Kiss és Kismátyok (1998) a Pannon Agrártudományi Egyetem Növénytermesztéstan Tanszékének Kísérleti telepén tartamkísérletekben vizsgálta a különböző trágyázási rendszerek hatását a talaj humusztartalmára. A melléktermékek alászántása szignifikánsan 0,09 százalékkal, az istállótrágyázás szignifikánsan 0,21 százalékkal növelte a talaj humusztartalmát a csak műtrágyázott parcellákhoz képest. Az istállótrágya alkalmazása statisztikailag igazolható mértékben magasabb humusztartalom-növekedést eredményezett, mint a növényi maradványok talajba forgatása.

A kukorica az istállótrágyázást meghálálja, mivel az istállótrágya kedvezően hat a talaj fizikai és kémiai szerkezetére, javítja a talaj levegőzöttségét, vízáteresztő és víztartó képességét, kedvezően hat a talaj mikrobiális aktivitására (*Győrffy et al.*, 1965).

Csak jól beérett istállótrágyát szabad felhasználni és a korán lekerülő elővetemények után kell kiadni. A rendelkezésre álló területek szervestrágyázásának tervezése során azt kell figyelembe venni, hogy egy terület trágyázása 4-5 évente 40-50 t·ha⁻¹-os mennyiséggel elegendő (*Pető et al.*, 1991). *Krámer* (1979) erdőmaradványos csernozjom talajon, 104 kg·ha⁻¹·év⁻¹ N-, 61 kg·ha⁻¹·év⁻¹ P-, 69 kg·ha⁻¹·év⁻¹ K-műtrágyahatóanyag és 35 t·ha⁻¹·4év⁻¹ istállótrágya felhasználásával igazolta, hogy az istállótrágya az első két évben a foszfor és káliumműtrágya hatását teljesen, a nitrogénműtrágya hatását 50-60 százalékban pótolni képes.

2.3. A SPAD-mérés jelentősége a tápanyag-utánpótlásban

Környezetvédelmi és gazdasági szempontból egyre növekvő a jelentősége a növény igényeihez igazodó, a műtrágyadózisok és a trágyázás időpontjának precíz meghatározására alapozott nitrogéntrágyázásnak (*Gastal és Lemaire*, 2002). Az optimális műtrágyadózisok és a nitrogéntrágyázás optimális időpontjának meghatározását a növények nitrogénellátottságára célszerű alapozni (*Cartelat et al.*, 2005), mivel a túlzott N-ellátottság csökkenti a termésbiztonságot. Nitrogéntúladagolás esetén nő a megdőlés veszélye és csökken a kórokozókkal, kártevőkkel szembeni

ellenállóképesség (Nagy, 2005, 2007). A maximális növényi növekedéshez szükséges nitrogéntartalom és az aktuális nitrogéntartalom arányát kifejező nitrogéntápláltsági-index (NNI) a növény nitrogénellátottságának jellemzésére alkalmas mutató, melynek meghatározása destruktív mérési módszereket igényel, viszont a gyakorlatban gyorsan és könnyen meghatározható indexek alkalmazására van szükség (Justes *et al.*, 1997).

A levelek klorofilltartalma információt szolgáltat a növények fiziológiai állapotáról, ugyanis a különböző természetes és antropogén stressztényezők hatással vannak a klorofill mennyiségére (Carter, 1994). A nitrogénstressz a levelek klorofilltartalmában is kifejeződik, mivel a levelek klorofilltartalma lineáris összefüggésben áll a levelek nitrogéntartalmával (Evans, 1989; Niinemets és Tenhunen, 1997; Yoder és Pettigrew-Crosby, 1995). A levelek teljes nitrogéntartalmának 50 százaléka játszik szerepet a fotoszintézisben, 30 százaléka nem fotoszintetikus proteinekben található, 20 százaléka pedig strukturális nitrogén (Hikosaka és Terashima, 1996).

A klorofill mennyisége a látható és az ultraibolya tartományban jól mérhető gyors, nem destruktív optikai módszerekkel (Markwell *et al.*, 1995; Sims *et al.*, 1995; Cartelat *et al.*, 2005). A Minolta SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) mérőkészülék a levelek relatív klorofilltartalmát a 650 nm hullámhosszú fénysugarak abszorpciója alapján határozza meg, amihez referenciaként infravörös fényt használ a 940 nanométeres hullámhossztartományban. A készülék a relatív klorofilltartalmat SPAD-értékben (SPAD-index) fejezi ki, amit a levélen áthaladt vörös és infravörös fény intenzitásából kalkulál (Minolta Camera Co. Ltd., 1989). A SPAD mérés hátránya, hogy egy adott terület nitrogénellátottságának értékeléséhez nagyszámú mérésre van szükség, mert a mérési terület mindössze 6 mm² (Scharf és Lory, 2002).

A Minolta SPAD-502 mérőkészüléket Japánban fejlesztették ki a nitrogénellátottság értékelésére (Chubachi *et al.*, 1986). Azóta a készüléket tesztelték rizsben (Turner és Jund, 1991; Peng *et al.*, 1993; Janaki és Thiyagarajan, 2004), búzában (Reeves *et al.*, 1993; Fox *et al.*, 1994, Arregui *et al.*, 2006), kukoricában (Piekielek *et al.*, 1995; Chapman és Barreto, 1997; Rajcan *et al.*, 1999; Berzsenyi és Lap, 2003), burgonyában (Jongschaap és Booij, 2004; Wu *et al.*, 2007), gyapotban (Feibo *et al.*, 1998), valamint fás szárú kultúrákban (Chang és Robinson, 2003; Bauerle *et al.*, 2004; Pinkard *et al.*, 2006).

A SPAD-mérés alkalmas a növények nitrogénállapotának és a szükséges nitrogénműtrágya dózisok meghatározására, mivel a SPAD-érték szoros összefüggésben áll a levelek klorofilltartalmával és nitrogéntartalmával (Lemaire *et al.*, 2008).

A levelek SPAD-értéke és klorofillkoncentrációja közötti összefüggés erőssége tavaszi búzában $R^2 = 0,96$ (Ommen et al., 1999), burgonyában $R^2 = 0,95$ (Bindi et al., 2002), őszi búzában $R^2 = 0,91$ (Cartelat et al., 2005). A SPAD-index és a klorofilltartalom közötti összefüggés a növény eltérő fejlődési állapotaiban változhat. A gyapot különböző fejlődési stádiumaiban az összefüggés szorosságát jellemző R^2 -érték 0,73 és 0,78 között alakul (Feibo et al., 1998).

A kukorica levelének szárazanyagban mért nitrogéntartalma és SPAD-értéke közötti lineáris korreláció R^2 -értéke 0,81 (Chapman és Barreto, 1997). Feibo et al. (1998) a gyapot különböző fejlődési stádiumaiban a SPAD-mérések és a szárazanyagban mért nitrogéntartalom között 0,58-0,83 R^2 -értékekkel jellemezhető összefüggést állapított meg. Lopez-Bellido et al. (2004) a búza zászlós levelén mért SPAD-index és a levelek nitrogéntartalma között 0,94 R^2 -értékű, a SPAD-érték és a termés nitrogéntartalma között 0,73 R^2 -értékű összefüggést határozott meg.

A termés és a SPAD-index közötti összefüggés erőssége a búzában 0,88 R^2 -érték (Lopez-Bellido et al., 2004), a kukoricában 0,60 R^2 -érték (Montemurro et al., 2006).

A műtrágyázás és a levelek SPAD-értéke közötti összefüggések vizsgálata során megállapították, hogy különböző műtrágyadózisok alkalmazásával a levelek SPAD-indexe is változik (Pakurár et al., 2003; Ványiné, 2008). Lopez-Bellido et al. (2004) búzában az alkalmazott nitrogéndózisok és a zászlóslevélen végzett SPAD-mérés eredménye között 0,90 R^2 -értékű korrelációt határozott meg. Rizsben a nitrogéntrágyázásból adódó termésnövekedés és a SPAD-értékek közötti lineáris összefüggés erősségét $R = 0,62$ értékben állapították meg (Turner és Jund, 1991).

A SPAD-index, a levelek nitrogén-, klorofilltartalma, valamint a termés közötti kapcsolatokat, összefüggéseket az évjárat és a genotípus nagymértékben befolyásolja (Lemaire et al., 2008).

2.4. Alga alapú lombtrágyák jelentősége a tápanyag-utánpótlásban

Az algák egysejtű vagy soksejtű, teleptestű vagy telepes, klorofillal rendelkező, fotoszintézisre képes autotróf szervezetek. Táplálkozás-biológiai szempontból a zöldnövényekkel együtt a termelők (producens) csoportjába tartoznak, vagyis a fotoszintézis folyamatában a környezetükből felvett szervesanyagokból szerves vegyületeket képeznek, amit a fogyasztók feldolgoznak és átalakítanak.

Az algák jó nitrogénkötő képességgel rendelkeznek, ami lehetővé teszi a trágyaként történő alkalmazásukat. Az istállótrágyához hasonlóan az algákban magas a szerves

anyagok aránya (400 rész), kielégítő a kálium aránya (27 rész), viszont kicsi a foszfor aránya (2 rész), ezért az algatrágyázás foszforkiegészítésre szorul. Az algák termésmenvelő hatékonysága a jó nitrogénszolgáltató képesség mellett köszönhető az algákban előforduló mikroelemeknek (Fe, Cu, Mn, Zn), vitaminoknak, auxinoknak, gibberelineknek is (Péterfi, 1977).

A növények tápanyag-utánpótlásában gyakran alkalmazzák a *Chlorella* algafajokat. A *Chlorella* nemzetség a Zöldmoszatok (*Chlorophyta*) törzsén belül (Helmecci, 1994), a zöldalgák (*Chlorococcales*) rendjének, *Chlorellaceae* családjába tartoznak. A *Chlorella* nemzetség tagjai szabad, egysejtű, apoláris, gömb alakú algafajok (Schmidt és Fehér, 1999).

Hazánkban kereskedelmi forgalomban kapható a Bioplasma algatrágya és a Natur Plasma mikrobiológiai készítmény, mely a *Chlorella spp.* vizes szuszpenziója. A növénykondicionáló lombtrágyák nitrogéntartalma $1200 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ felett, a foszfortartalom $1300 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ felett, a káliumtartalom $1600\text{-}5400 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ között, a cinktartalom $50\text{-}300 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ között alakul. Az algaszám a Bioplasmában $2 \times 10^7 \text{ db}\cdot\text{ml}^{-1}$, a Natur Plasmában $3 \times 10^7 \text{ db}\cdot\text{ml}^{-1}$. A Natur Vita növénykondicionáló készítmény a *Chlorella vulgaris* mellett *Spirulina pratensis* is tartalmaz porított formában. Nitrogéntartalma $15,0 \text{ m/m}\%$, foszfor- és káliumtartalma $1,3 \text{ m/m}\%$ felett alakul a szárazanyagra vonatkoztatva (Haller, 2009).

A gyakorlati alkalmazásban a kipermetezett vizes szuszpenzióban lévő, tápelemekkel dúsított algasejtek a természetes nyílásokon (sztóma, hidatóda) keresztül jutnak be a levelek intercelluláris járataiba, majd citoplazmaszálakon keresztül a növényi sejtekhez kapcsolódva, közvetlenül diffúzió útján adják át a tápelemeket a növényi sejteknek. A szuszpenzióban elpusztult algasejtek is előfordulnak, melyek tápanyaga a sejtmembránokon keresztül aktív transzport útján jut a citoplazmába (Szabó B., 2006).

Szabó B. (2006) laboratóriumi kísérletekben vizsgálta a Bioplasma hatását a cukorrépa (*Beta vulgaris provar. altissima*) és az uborka (*Cucumis sativus*) csírázására és kezdeti fejlődésére. A Bioplasmát a csíráztatás, a tápoldatos kezelés és az infiltrálás során $1 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ mennyiségben alkalmazta. A kezelés eredményeként a kontrollhoz képest a csírázás $10\text{-}30$ százalékkal volt eredményesebb. A 24 napos cukorrépa gyökerének száraz tömege $0,02 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1}$, hajtásának száraz tömege $0,09 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1}$ értékkel volt magasabb a kontrollban mért értékekhez képest. Infiltrálva a 24 napos uborka gyökerének szárazanyag-tömege $0,02 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1}$ értékkel volt magasabb a kezeletlen tövekhez képest.

A hazai kereskedelmi forgalomban kapható az Amalgerol Prémium növény- és talajkondicionáló anyag, mely az algakivonatok mellett növényi illóolajokat, ásványi olajokat, alginátot, laminarint és mannitolt is tartalmaz (Haller, 2009). Richter et al. (2002) szőlő ültetvényben 5 éven keresztül vizsgálták az Amalgerol ($10,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$) talajra gyakorolt hatását. A rendszeres kezelés hatására a kontrolhoz képest nőtt a légköri nitrogénkötő és cellulózbontó mikroorganizmusok száma, intenzívebbé vált a szerves anyag bontása, nőtt a talaj foszfor-, kálium-, kalcium- és magnéziumtartalma, valamint a semleges körüli tartományban stabilizálódott a $\text{pH}_{(\text{KCL})}$ -érték. Kísérleti körülményben az Amalgerol két időpontban (március, április), $3,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ dózisban kijuttatva $0,71\text{-}0,74 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ -al növelte az őszebúza termését. A két menetben történő tavaszi kijuttatás ($5,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$) a káposztarepce termését $0,44\text{-}0,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, olajtartalmát $0,9\text{-}1,5$ százalékkal növelte.

2.5. Kukorica vetőmag-előállítás

A XIX. század második felében felfedezték, hogy a mesterséges öntermékenyítéssel előállított beltenyészett vonalak keresztezésével előállított utódnemzedék vitalitása, ellenállóképessége vagy termőképessége kedvezőbb lehet, mint a beltenyészett vonal kiinduló fajtái esetében. A heterózis nemesítés célja a keresztezett szülőpartnerek teljesítményét meghaladó teljesítményű F1 hibridek előállítása (Bálint, 1988, 1990).

A fajtahibridek a szabad elvirágzású fajták (a kukorica alfajai vagy változatai) egyszeres keresztezésével létrehozott hibridek. A fajtahibridek nem terjedtek el a gyakorlatban, mert a várt terméstöbblet nem minden évben jelentkezett, másrészt a beltenyészett törzsekből előállított hibridek termésátlaga és termésbiztonsága kedvezőbb.

A beltenyészteses hibridkukoricákat beltenyészett vonalak keresztezésével állítják elő. A kétvonalas hibrideket (SC - *Single Cross*) két beltenyészett szülői vonal egyszeres keresztezésével hozzák létre. Ezeket a hibrideket jó termőképesség és nagyfokú kiegyenlítettség jellemzi. A háromvonalas hibrideket (TC - *Three Way Cross*) egy egyszeres keresztezésű hibrid és egy beltenyészett vonal keresztezésével állítják elő. A kétvonalas hibridekhez hasonlóan jó termőképesség és kiegyenlítettség jellemzi őket. A négyvonalas hibridek (DC - *Double Cross*) jó alkalmazkodóképességgel rendelkeznek, de termőképességük kisebb, mint a két és háromvonalas hibrideké. Előállításuk két egyszeres keresztezésű hibrid keresztezésével történik. Több beltenyészett vonal keresztezésével hozzák létre a többvonalas hibrideket (MC - *Multi*

Cross). Alkalmazkodóképességük jobb, mint a négyvonalas hibrideké, de termőképességük gyenge (Bálint, 1985).

A kukorica vetőmag-előállításban alkalmazott beltenyésztett vonalak érzékenyebbek a külső körülményekkel szemben (éghajlat, időjárás, talajadottságok, termesztéstechnológia stb.), ezért a sikeres vetőmagtermesztés csak jó adottságú és kultúrállapotú, öntözhető területeken valósítható meg. A legalább közepes tápanyagellátottságú, de jó tápanyag-gazdálkodású talajokon 160-200 kg·ha⁻¹ nitrogén-, 120-160 kg·ha⁻¹ foszfor-, és 180-200 kg·ha⁻¹ káliumhatóanyagot szükséges kijuttatni a vonalak optimális tápanyagellátásához (Izsáki és Lázár, 2004). Esetenként szükség lehet mikroelem (Zn, Fe) pótlásra is (Menyhért, 1985b).

A beltenyésztett vonalak érzékenysége miatt a kukorica vetőmag-előállítás sikerességét alapvetően meghatározza a terület megválasztása. Vetőmagtermesztésre a gazdaságon belül a legjobb adottságú, öntözhető, a nehezen írtható gyomoktól mentes [fenyércirok (*Sorghum halepense*), aprószulák (*Convolvulus arvensis*), sövényiszulák (*Calystegia sepium*), mezei acat (*Cirsium arvense*), selyemmályva (*Abutilon theophrasti*), szerbtövis fajok (*Xanthium spp.*)] táblákat kell kijelölni (Széll et al., 2003). A területválasztás során fontos szempont, hogy a tábla talaj homogén legyen, ellenkező esetben nem lesz egyenletes az állomány kelése, fejlődése, a virágzás és az érés. A területmegválasztás során törekedni kell az izolációs távolságok betartására is (vetőmag alapanyag előállításakor 500 m, áruvetőmag előállításakor 400 m), ami csökkenthető, ha a vetőmagtermesztő tábla és az idegen tábla között erdősáv húzódik (300 illetve 200 m) (Menyhért, 1985b). Az EU csatlakozás során az izolációs távolság az EU szabványnak megfelelően csökkent F1 előállításnál 200 méterre, vetőmag alapanyag előállításnál 400 méterre (Balázs, 2005; 48/2004 (IV.21) FVM r.).

A vetőmagtermesztésre kijelölt területeken a tárcsás talajműveléssel szemben előnyben kell részesíteni az őszi szántást. A kukorica vetőmag-előállításban különösen fontos a talaj nedvességtartalmának megőrzése, ezért a talaj elmunkálását célszerű tavaszra tervezni, viszont ha az őszi fagyok nem érkeznek meg időben, már ősszel szükséges lehet a talaj elmunkálása (Nagy, 2007).

A vonalak a hideg talajjal szemben érzékenyebbek mint a takarmánykukorica, ezért valamivel később vetik (április vége-május eleje). A vetés akkor kezdhető, ha a talaj hőmérséklete a vetés mélységében 12-14 °C, de egyes vélemények szerint kedvezőbb a 14-15 °C-os talajhőmérséklet (Menyhért, 1985b). A sikeres termékenyülés alapfeltétele, hogy az apa vonalak pollenszórása és az anyavonalak bibéjének megjelenése egy időbe

essen, ezért az apavonalakat néhány nap eltéréssel több szakaszban kell vetni, ha a két szülői vonal virágzási ideje eltérő. A vetésmélység, vetőmagnorma, sor- és tőtávolság, valamint az apa- és anyasorok aránya tekintetében a termeltető cég ajánlását kell figyelembe venni (Széll, 1994 cit. Nagy, 2007). Az apa és anyasorok aránya az SC, TC, MC hibridek esetében lehet 4:8 vagy 3:8, a DC hibridek vetőmag-előállításakor 4:12, 4:16 és 3:16. A vetőmagnorma meghatározása során figyelembe kell venni, hogy a beltenyésztett vonalak esetében 10-15% is lehet a kipusztulás, valamint nem célszerű 60-62 000 tő ha⁻¹-nél nagyobb állománysűrűséget kialakítani, mert az állomány homogenitása gyengébb lesz és nő a meddő tövek száma (Menyhért, 1985b).

A beltenyésztett vonalak érzékenységéből adódóan nem jó elővetemény a napraforgó (*Helianthus annuus*) és a cukorrépa (*Beta vulgaris provar. altissima*), valamint az árvakelések miatt a kukorica (*Zea mays*), viszont jó előveteménye az őszebúza (*Triticum aestivum*), ősziárpa (*Hordeum vulgare*), repce (*Brassica napus*), borsó (*Pisum sativum*) (Pásztor, 1988 cit. Nagy, 2007).

Az apa- és anyavonalakban kisebb nagyobb arányban idegen egyedek is előfordulnak, ezért a genetikai tisztaság érdekében az apa- és anyavonalakat idegenelni kell. A tőszelekciót 2-3 alkalommal még a címerhányás előtt el kell végezni, ellenkező esetben az idegen megporzásból adódóan a genetikai tisztaság jelentősen romlik.

Az önmegtermékenyítés megakadályozása végett az anyasorokban a hímvirág virágzatot (címer) el kell távolítani. A főcímerkezést már akkor el kell kezdeni, amikor a hímvirágzat még nem búj ki a levelek közül, és legfeljebb 3-4 levéllel eltávolítható, ugyanis minden levélvesztés terméskiesést eredményez. A főcímerkezés után 3-5 átjárás szükséges, amikor a főcímerkezés során elhagyott, már nyíló, de még nem porzó címerek eltávolítása történik. Az átjárások során arra kell törekedni, hogy a bibék megjelenése után, egy-egy ellenőrzésen 0,5 százaléknál több virágpórt hullató címer ne legyen az állományban.

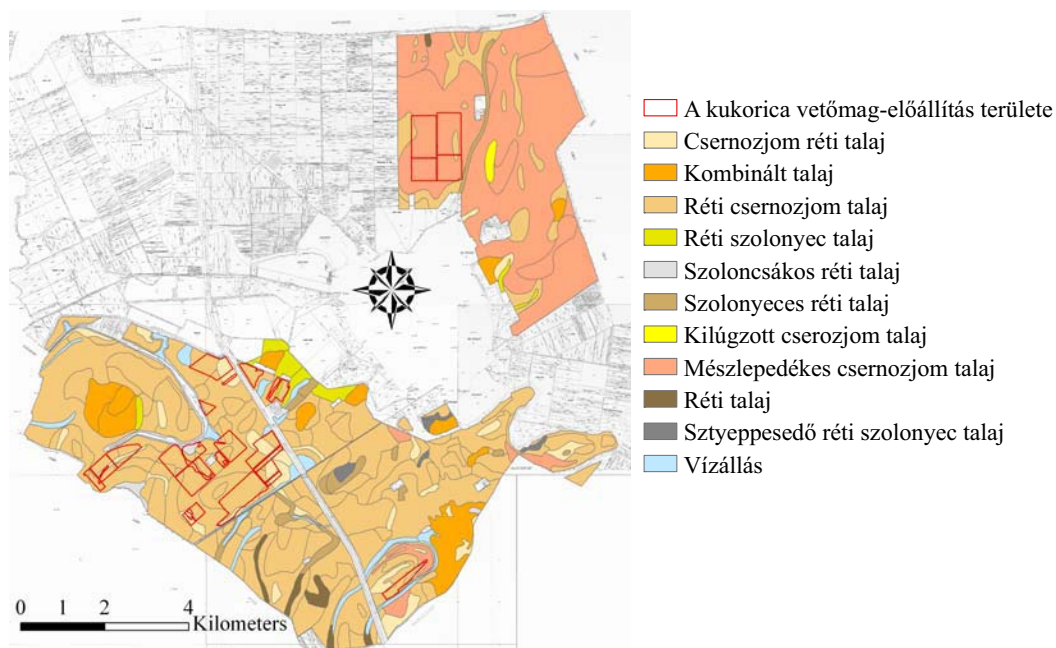
A terület megválasztása, a talajelőkészítés, a tápanyag-utánpótlás és a vetés során fontos szempont a homogén növényállomány kialakulásához szükséges feltételek biztosítása, ugyanis a heterogén állományt nem lehet egységesen kezelni. A heterogén vetőmag kukoricaállományokban szakaszolni kell a címerkezést, a gépi címerkezés kivitelezhetetlen, az eltérő fejlettségű állományfoltok eltérően reagálnak a vegyszeres gyomirtásra, valamint nagyobb a betakarítás termésvesztése (Menyhért, 1985b).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A hajdúszoboszlói löszhát hibridkukorica vetőmag-előállító területein vizsgáltam a talajadottságokat, a talajokban hosszú idő alatt bekövetkező változásokat, illetve a növényállomány heterogenitását, valamint a természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonyságát három egymást követő évben (2006, 2007, 2008).

3.1. A talajadottságok értékelésének módszere

A vizsgált, szántóföldi művelési ágba eső terület mérete 580,4 ha volt, amely Hajdúszoboszló délnyugati, valamint északkeleti részén helyezkedett el. A dél-délnyugati és északkeleti termelési körzetben a talajok három genetikus főtípusa fordult elő, a csernozjom talajok, a réti talajok és a szikes talajok főtípusa. A csernozjom talajok között szerepelt a mészlepedékes csernozjom, a réti csernozjom és a kilúgzott csernozjom, a szikes talajok között a réti szolonyec és a sztyeppesedő réti szolonyec, a réti talajok között a szoloncsákos réti, a szolonyeces réti, a réti és a csernozjom réti talajtípus (1. ábra).



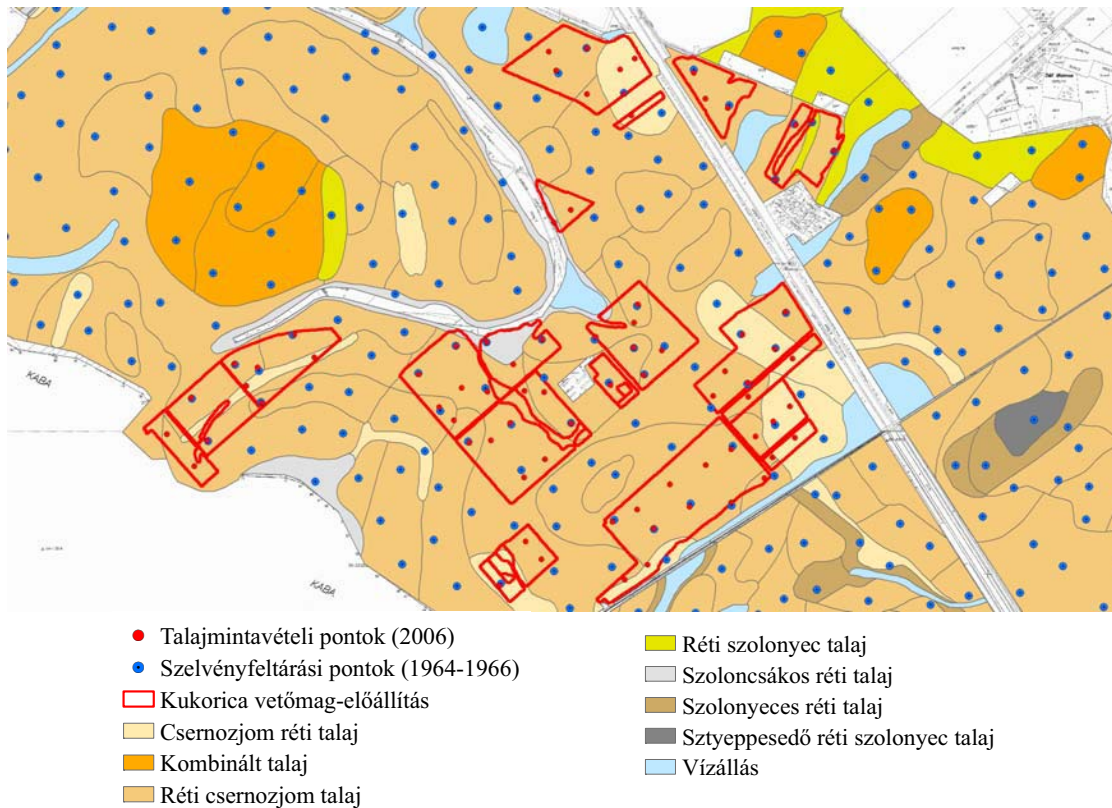
1. ábra. A vizsgált terület térbeli elhelyezkedése

A kukorica vetőmag-előállítás területének jellemzése genetikus talajtérképre alapozva térinformatikai eszközökkel történt. Hajdúszoboszló dél-délnyugati részének (az egykori Vörös Hajnal MTSZ és Köztársaság MTSZ területe) és északkeleti területének (egykori Állami Gazdaság MTSZ területe) beszkenelt és EOY (Egységes

Országos Vetület) koordinátarendszerbe beforgatott genetikus talajtérképét a Hajdú-Bihar Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága bocsátotta rendelkezésemre, melynek digitalizálását valamint a térinformációs adatbázis kialakítását *ArcGis 9.1* szoftverkörnyezetben végeztem. A térképek digitalizálása során minden talajfoltot (talajpolygon) egyedi objektumként definiáltam és egyedi kóddal láttam el. Az egyes talajfoltok azonosító kódját, valamint a genetikus talajtérkép által ismertetett tulajdonságokat (alapkőzet, talajváltozat, talaj altípusa) attribútum táblázatban rögzítettem. A talaj altípusának ismeretében a talajtípus és a főtípus definiálása a *Filep* (1995a) által ismertetett genetikus talajosztályozási rendszer alapján, a termőhelyi kategória meghatározása a *Baranyi, et al.* (1987) által leírt termőhelyi osztályozás alapján történt. Az attribútum táblázatban talajfoltonként rögzítettem a talajpolygon altípusa ismeretében meghatározott talajtípust, főtípust, termőhelyi kategóriát és a szoftver által kalkulált területi adatokat. A digitalizált talajtérképek attribútum táblázatainak exportálása után az adatbázis kialakítása, valamint a különböző, alapkőzetek, talajtípusok, főtípusok és termőhelyi kategóriák területének (ha) és területi arányának (%) meghatározása *SPSS for Windows 14.0* statisztikai programcsomaggal történt.

A termelési körzetben a kukorica vetőmag-előállítás területének lehatárolását *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával végeztem. A bemért táblák polygonjait illesztettem a termőterület digitalizált genetikus talajtérképéhez, így láthatóvá vált a táblákra jellemző talajtípusok, altípusok, változatok és szelvényfeltárási pontok térbeli elhelyezkedése. Ezen információk figyelembe vételével a mintavételi pontok kijelölése során elsődleges volt minden talajtípus és szelvényfeltárási pont esetében mintavételi pontok felvétele (2. ábra). Összesen 119 talajmintavételi pontot jelöltem ki, ebből 36 pontot az 1964-66-os szelvényfeltárások helyein. Az egyes mintavételi pontokat egyedi kóddal láttam el, ami lehetőséget adott a talajminták mintavételi pontok alapján történő egyedi azonosítására.

A talajmintavétel digitalizált genetikus talajtérképre alapozva, *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával, az előre kijelölt mintavételi pontokon, átlagosan 4 hektáronként, a talaj 0-30 centiméteres rétegében, 2006.05.20 és 2006.06.12 között, *Eikelkamp* típusú kézi talajfúróval történt. A talajmintavételt ősszel 2006.09.19 és 2006.10.02 között megismételtem, így 119 mintavételi ponton összesen 238 talajmintát vettem.



2. ábra. A talajmintavétel pontjainak kijelölése ArcGis 9.1 (ArcMap) szoftverkörnyezetben

A talajvizsgálatokat a DE ATC Agrokémiai és Talajtani Tanszékén végezték. A talajmintákból meghatározták az Arany-féle kötöttségi számot (*fonal- vagy kacspróba*), a desztillált vizes és a kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH-t (*elektrometriás pH-meghatározás*), mész- (*a talaj összes karbonáttartalmának meghatározása kalciméterrel*), vízdoldható összes só- (*sótartalom meghatározása meghatározott nedvességtartalmú talajpép elektromos vezetőképessége alapján*), humusz- (*Székely-módszer*), összes nitrogén- (*a humusz tartalomról számítással*), foszfor- (*ammóniumlaktát oldatból fotometriásan*), kálium- (*ammóniumlaktát oldatból lángfotometriával*) és a cinktartalmat (*KCl-EDTA oldatból atomabszorpcióval*).

A talajadottságok értékelése során a tavaszi és az őszi talajmintavétel mintavételi pontonként átlagolt értékeit alkalmaztam. A humusszal való ellátottság értékelése során a termőhelyi kategóriát és az Arany-féle kötöttségi számot, a foszforellátottság megítélésékor a termőhelyi kategóriát, $pH_{(KCl)}$ -t, és a mésztartalmat, a káliumellátottság vizsgálatokor a termőhelyi kategóriát és az Arany-féle kötöttségi számot, a cinkellátottság értékelésékor az Arany-féle kötöttségi számot vettem figyelembe. Az ellátottsági kategóriákat a *Filep* (1995c) által ismertetett határértékek alapján

határoztam meg. Az egy adott mintavételi pont által jellemezhető terület nagyságát táblaszinten, *ArcGis 9.1* szoftverkörnyezetben határoztam meg, majd a területi adatokat a talajvizsgálati eredményeket tartalmazó adatbázisban, mintavételi pontonként rögzítettem. A különböző kötöttségű, kémhatású, sótartalmú, mész-, humusz-, nitrogén-, foszfor- és káliummellátottságú talajok nagyságát (ha), valamint területi arányát (%) *SPSS for Windows 14.0* statisztikai programcsomaggal határoztam meg.

3.2. A talajban hosszú idő alatt bekövetkezett változások vizsgálatának módszere

A kukorica vetőmag-előállító terület talajmintavételi pontjainak kijelölése során 36 mintavételi pontot az 1964-66-os szelvényfeltárások pontjain jelöltem ki. A 2006-os talajmintavétel eredményeit összehasonlítottam az 1964-66-os szelvényfeltárások talajvizsgálati jegyzőkönyvében rögzített eredményekkel, amit a Hajdú-Bihar Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága bocsátott rendelkezésemre. A szelvényfeltárások és a 2006-os talajmintavétel is egyedi azonosítóval történtek, így lehetőségem adódott az eredmények páronként történő összehasonlítására, amit *SPSS for Windows 14.0* statisztikai programcsomaggal végeztem. A változók normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel értékeltem, majd a normalitásvizsgálat függvényében az 1966-os és 2006-os talajvizsgálati eredményekben jelentkező szignifikáns különbségeket párosított t-próbával vagy Wilcoxon teszttel határoztam meg. A statisztikai értékelést minden esetben 5 százalékos szignifikancia-szinten végeztem.

3.3. A talajtípusok összehasonlító vizsgálatának módszere

A talajtípusok közötti különbségek értékelése során a talajvizsgálati eredmények átlagértékeit, valamint a különböző kémhatású, kötöttségű, sótartalmú, mész-, humusz-, nitrogén-, foszfor-, kálium- és cinkellátottságú talajfoltok területét és területi arányát hasonlítottam össze.

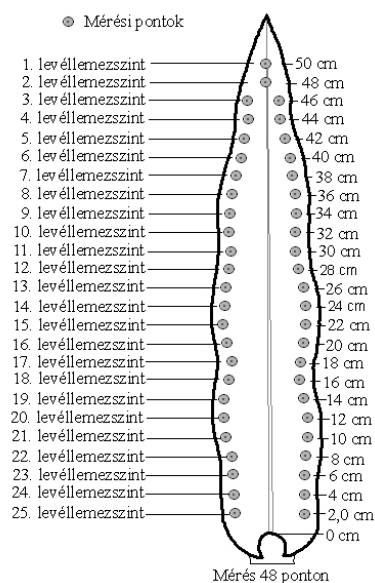
A statisztikai értékelés során Kolmogorov-Smirnov teszttel vizsgáltam az összehasonlítandó változók normalitását. A talajok közötti különbségek statisztikai értékelése a nem normál eloszlású talajparaméterekre nem paraméteres próbával (Kruskal-Wallis H teszt), a normál eloszlású talajtulajdonságokra paraméteres próbával (Duncan teszt és t-próba) történt. A normális eloszlást mutató változók variancia-azonosságát Levene teszttel értékeltem, majd a talajparamétereket két csoportra osztva (azonos szórású változók, nem azonos varianciájú változók) határoztam meg az

alkalmazható statisztikai próbák körét. A talajtípusok közötti különbségek értékelésére az azonos varianciájú talajparaméterekre vonatkozóan az azonos varianciát feltételező szimultán középérték összehasonlító tesztek közül olyan próbát választottam (Duncan teszt), melynek alkalmazása nem jár együtt az elsőfajú hiba (α) halmozódásával. A normál eloszlású, de nem azonos varianciájú változók esetében a szimultán középérték összehasonlító tesztek (Post Hoc tesztek) helyett t-próbát alkalmaztam, annak ellenére, hogy a többszörös páronkénti összehasonlításban halmozódik az elsőfajú hiba (α). Ennek oka, hogy a varianciák azonosságát nem feltételező Post Hoc tesztek (Tamhane T2, Dunnett T3, Dunnett C, Games-Howel teszt) alkalmazásakor is halmozódik az α -hiba, viszont a próba ereje kisebb mint a t-próba esetében. A statisztikai értékelést 228 talajminta vizsgálati eredményei alapján, 5 százalékos szignifikancia-szinten végeztem.

3.4. A SPAD-mérés megbízhatóságának vizsgálati módszere

A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának, valamint a természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysági vizsgálata során SPAD-érték (SPAD-index) méréseket is végeztem *Minolta SPAD-502* készülékkel, ezért 2006-ban vizsgáltam a mérés megbízhatóságát és pontosságát is.

A klorofill levéllemezen belüli megoszlását 29 db, a földfeletti 6-7. nódusból eredő, 54-56 centiméteres levélen vizsgáltam, beltenyésztett növényállományban, a címerhányás után. A levéllemezen 2 centiméterenként 48 mérési pontot jelöltem ki (3. ábra), majd a mért SPAD-indexeket mérési pontonként adatbázisban rögzítettem.

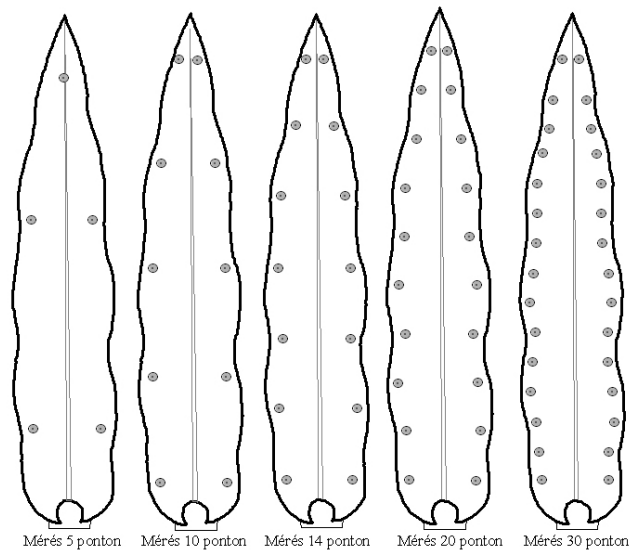


3. ábra. A SPAD-érték megoszlásának vizsgálatára kijelölt mérési pontok

Az eredmények értékelését *SPSS for Windows 14.0* statisztikai programcsomaggal végeztem. A vizsgált leveleken mért értékeket mérési pontonként átlagoltam, és értékeltem a klorofill levéllemez hosszában történő eloszlását.

A 48 pontos mérések eredményei alapján variancia-átlag grafikonon ábrázoltam a SPAD-értékeket, majd az átlagos SPAD-értékek és a varianciák közötti összefüggést regresszió-analízissel értékeltem.

A klorofill levéllemez hosszában történő eloszlásának figyelembe vételével 5, 10, 14, 20 és 30 mérési pontból álló mérési módszereket határoztam meg. Az 5 pontos mérés esetében a levéllemez alsó harmadában kettő, a levéllemez felső harmadában pedig három mérési pontot jelöltem ki. A 10, 14, 20 és 30 pontos mérések esetében a levéllemez alapi részének jobb és bal oldalán jelöltem ki az első két mérési pontot, a többi mérési pontot pedig a levéllemez jobb és bal oldalán a levéllemez hosszában arányosan osztottam el (4. ábra).



4. ábra. A mérési pontok elhelyezkedése a levéllemezen az 5, 10, 14, 20 és 30 pontos mérési módszerekben

A 48 pontos mérések eredményeiből levelenként 30 ismétlésben válogattam le SPAD-értékeket az 5, 10, 14, 20 és 30 pontos mérési módszereknek megfelelően. Az 5 pontos mérés esetében a levélcúcson kijelölt mérési ponthoz az 1. és 2. levéllemez szinten mért értékek, a levél felső harmadában kijelölt két mérési ponthoz a 9., 10. és 11. levéllemezszinten mért értékek, a levél alsó harmadában kijelölt mérési pontokhoz a 21., 22. és 23. levéllemezszinten mért értékek közül véletlenszerűen válogattam le adatokat. A 10, 14, 20 és 30 pontos mérési módszerek esetében is levéllemezszintenként

történt a SPAD-értékek leválogatása. A különböző mérési módszerekkel leválogatott adatok alapján meghatároztam a levelek átlagos SPAD-értékét, valamint a variancia komponensek felbontásával a levélen belüli és a levelek közötti szórást. Regresszió-analízissel értékeltem a mintavételi pontok számának összefüggését az átlagos SPAD-értékkel, a levélen belüli szórással és a levelek közötti szórással. A levelek közötti különbségek kimutatására alkalmas módszer meghatározása variancia analízissel (ANOVA) történt. A 30 ismétlésben leválogatott adatok alapján, minden ismétlésben variancia analízissel vizsgáltam a levelek közötti különbségeket és meghatároztam az F-próbastatisztika értékét. A 30 ismétlésben meghatározott F-értékek átlaga alapján értékeltem, hogy az adott mérési módszer milyen biztonsággal alkalmas a levelek közötti különbségek kimutatására.

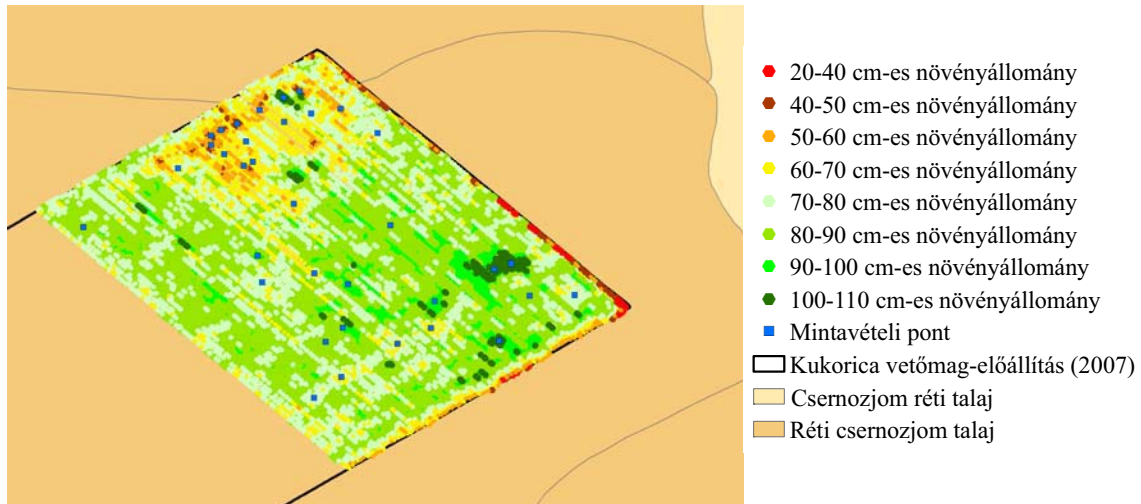
3.5. A vetőmag kukoricaállományban jelentkező heterogenitás értékelésének módszere

A vetőmag kukoricaállomány heterogenitását 2007-ben vizsgáltam Hajdúszoboszló déli termelési körzetében, karbonátos réti csernozjom talajon. A vizsgálatra a rendelkezésre álló táblák közül a növényállomány habitusában legkevésbé egységes, talajtípusában viszont homogén táblát választottam, amit az EMÁG 2000 Kft. bocsátott rendelkezésemre. Mintaterületként a növényállomány legheterogénebb részét jelöltem ki.

A növényállomány heterogenitásának vizsgálatát beltenyésztett kukorica anyavonalon, nullapás vetésben végeztem egy 10,4 hektáros, alaptrágyázott ($160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P_2O_5 , $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K_2O) mintaterületen. Az állományban véletlenszerűen lemértem 100 növény magasságát, és a mérési eredmények alapján 8 magassági kategóriát jelöltem ki: 20-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm, 90-100 cm, 100-110 cm. A helyszíni méréseket kétsoronként végeztem. A növényállomány magasságát mérőrúddal mérve meghatároztam, hogy az adott mérési ponton a növényállomány melyik magasság-kategóriába esik, a mérés helyének koordinátapontjait pedig *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával rögzítettem. A növénymagasság mérését a címerezést követően, a megmaradt két felső levél metszéspontjáig 2007.07.16 és 2007.07.20 között, 12633 mérési ponton végeztem. A mérési pontok átlagos területe $8,2 \text{ m}^2$ volt.

A különböző növénymagassággal jellemezhető állományfoltok területi lehatárolása és a mintavételi pontok kijelölése *ArcGis 9.1* szoftverkörnyezetben történt. Alacsony

területi kiterjedéséből adódóan a 20-40 cm magasságú állományfoltokat összevontam a 40-50 centiméteres állományrészekkel. A mérési eredmények alapján minden növénymagasság-kategóriában 4-8 mintavételi pontot jelöltem ki (összesen 35) (5. ábra).



5. ábra. A növénymagasság változása a mintaterületen

Mintavételi pontonként mértem a levelek SPAD-értékét, termés-, levél- és talajmintát vettem.

A SPAD-indexet (SPAD-érték) 2007.07.27-én (címerhányás után), *Minolta SPAD-502* készülékkel, mintavételi pontonként 10 növényen, a legfejlettebb levélen, levelenként 10 ponton mértem. A SPAD-mérést a levéllemez hosszában arányosan elosztva, a levéllemez jobb és bal oldalán öt-öt ponton végeztem.

A termés- és levélmintavétel (cső alatti levelek) 2007.08.29-én és 2007.08.30-án, mintavételi pontonként 10 növényen, a talajmintavétel 2007.09.25-én 0-30 és 30-60 cm mélységben, *Eikelkamp* típusú kézfúróval történt. Összesen 350 termésmintát, 35 levélmintát és 70 talajmintát vettem.

A levélanalízist és a talajvizsgálatokat DE ATC Agrokémiai és Talajtani Tanszékén végezték. A talajmintákból az ammóniumionok, a nitrát és összes oldható nitrogénformák mennyiségét 0,01 M CaCl_2 -oldatból fotometriásan (*SKALAR Segment Flow Analyser*) határozták meg. Az ásványosodott (szervetlen) nitrogénformák (N_{min}) mennyiségét az ammóniumion- és nitráttartalom összegeként, a könnyen mineralizálható szerves nitrogénformák (N_{org}) mennyiségét pedig az összes oldható nitrogénformák (N_{tot}) és a szervetlen nitrogénformák különbségeként határozták meg (Jászberényi et al., 1994).

$$N_{\min} = (\text{NH}_4\text{-N}) + (\text{NO}_3\text{-N})$$

$$N_{\text{org}} = N_{\text{tot}} - N_{\min}$$

A foszfortartalom ammóniumlaktát oldatból fotometriásan, a káliumtartalom ammóniumlaktát oldatból lángfotometriával, a kalcium-, magnézium-, réz- és cinktartalom Lakanen-Erviö oldatból atomabszorpcióval került meghatározásra.

A levélanalízis során a foszfor- és káliumtartalom méréséhez kénsavas, a nitrogén-, kalcium-, magnézium-, réz- és cinktartalom meghatározásához salétromsavas roncsolást alkalmaztak. A foszfortartalmat fotometrálással, a káliumtartalmat atomemissziós lángfotometriával, a többi elem mennyiségét pedig atomabszorpcióval mérték.

A cső alatti levelek tápelemtartalmát és a felvett tápelemek arányát a *Kádár* (1992) által ismertett ellátottsági kategóriák határértékei alapján értékeltem. A talaj pH_(H₂O), az AL-oldható foszfor-, AL-oldható kálium-, a réz- és cinktartalom minősítése a *Filep* (1995c) által meghatározott határértékek figyelembe vételével történt. A talaj réz- és cinktartalmát a Lakanen-Erviö módszerrel mérték, ami magasabb értékeket határoz meg mint a KCl-EDTA módszer. Ezen okból a KCl-EDTA módszerrel mért réz-, és cinktartalomra vonatkozó ellátottsági kategóriák határértékeit átszámoltam a Lakanen-Erviö módszerre. A számításhoz a *Molnáros és Gráczol* (2000) által meghatározott KCl-EDTA : Lakanen-Erviö arányokat (Cu-0,69; Zn-0,58) alkalmaztam. A talaj 0,01 mólos CaCl₂-kivonószerrel oldható ásványi és szerves nitrogénformák mennyiségét a *Jászberényi et al.* (1994) mérési eredményekhez hasonlítva értékeltem.

A növényenkénti szemszám (db·tő⁻¹) és a SPAD-érték, a termés (g·tő⁻¹) és a SPAD-index közötti összefüggéseket regresszió-analízissel vizsgáltam. A regressziós egyenletek alapján a SPAD-értékből kiindulva növénymagasság-kategóriánként becsültem az átlagos szemszámot és termést, majd a becsült értékeket a mért értékekhez viszonyítva meghatároztam a becslés pontosságát.

A terméseredményekben jelentkező heterogenitásáért felelős tényezőket főkomponens-analízissel kerestem. Vizsgáltam a kukoricaszemek száma (db·tő⁻¹) és a felvett tápelemek, a termés (g·tő⁻¹) és a felvett tápelemek, a levelekben mért tápelemek arányai és a szemszám, a termés és a tápelemarányok, a talajvizsgálati eredmények és a kukoricaszemek száma, valamint a termés és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggéseket.

A felvett nitrogén és a SPAD-index közötti összefüggést regresszió-analízissel értékeltem. A regressziós egyenlet alapján a SPAD-értékből kiindulva

növénymagasság-kategóriánként becsültem a levelek átlagos nitrogéntartalmát, majd a becsült értékeket a mért értékekhez viszonyítva meghatároztam a becslés pontosságát. A nitrogénfelvétel és a SPAD-index heterogenitásáért felelős talajtulajdonságokat főkomponens-analízissel kerestem.

A főkomponens-analízis alkalmazása során Kolmogorov-Smirnov tesztel ellenőriztem a vizsgált változók eloszlását, ami minden esetben normálisnak bizonyult, így az összefüggés-vizsgálatból nem zártam ki változókat. A vizsgálatokat minden esetben 90 fokos (Variamax) elforgatással végeztem.

A statisztikai értékelések 5 százalékos szignifikancia-szinten történtek.

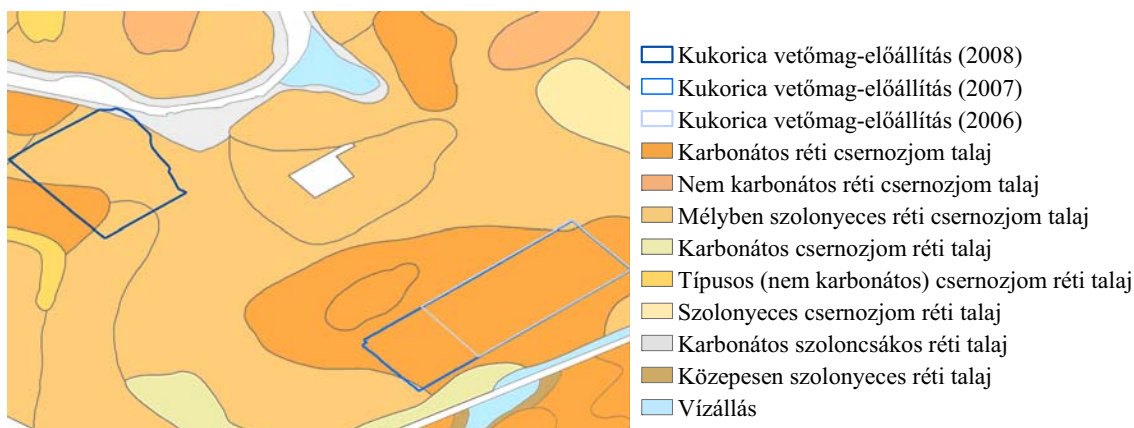
3.6. A természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysági vizsgálatának módszere

A természetes alapú lombtrágyák hatékonyságának vizsgálatát három egymás után következő évben (2006, 2007, 2008) végeztem Hajdúszoboszló déli termelési körzetében.

3.6.1. A vizsgálati területek talajadottságainak jellemzése

A vizsgálatokhoz talajtani szempontból egységes táblákat kerestem. A kukorica vetőmag-előállítás tábláinak térbeli lehatárolását *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával végeztem, majd a bemért táblák polygonjait digitalizált genetikus talajtérképhez illesztettem *ArcGis 9.1* szoftverkörnyezetben. A vizsgálatra alkalmas táblák körét a táblán belül fellelhető talajtípusok, altípusok száma és térbeli kiterjedése alapján határoztam meg.

A lombtrágya-kísérleteket 2006-ban egy 41,1 ha nagyságú vetőmag kukoricaállományban állítottam be, melynek 1,7 százaléka (0,7 ha) mélyben szolonyeces réti csernozjom talajon, 98,3 százaléka (40,7 ha) karbonátos réti csernozjom talajon helyezkedett el. A kezelt és a kontrolterületeket 2007-ben egy 29,5 hektáros állományban jelöltem ki. A 2007-es vizsgálati terület talaja 1,0 százalékban (0,3 ha) mélyben szolonyeces réti csernozjom talaj, 99,0 százalékban (29,2 ha) karbonátos réti csernozjom talaj volt. A vizsgálatokra 2008-ban egy 29,4 ha területű vetőmag kukoricaállományt választottam, melynek területét 1,0 százalékban (0,3 ha) szoloncsákos réti talaj, 13,3 százalékban (3,9 ha) karbonátos réti csernozjom talaj, 85,7 százalékban (15,2 ha) mélyben szolonyeces réti csernozjom talaj jellemezte (6. ábra).



6. ábra. A természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysági vizsgálatára kijelölt területek talajai

A vizsgálatra kijelölt területeken a talajmintavétel 2006 tavaszán és őszen digitalizált genetikus talajtérképre alapozva, *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával, átlagosan 4 hektáronként, a talaj 0-30 centiméteres rétegében, *Eikelkamp* típusú kézi talajfúróval történt.

A talajadottságok értékelése során a tavaszi és az őszi talajmintavétel mintavételi pontonként átlagolt értékeit alkalmaztam. A humusszal való ellátottság értékelése során a termőhelyi kategóriát és az Arany-féle kötöttségi számot (K_A), a foszforellátottság megítélésékor a termőhelyi kategóriát, $pH_{(KCl)}$ -t, és a mésztartalmat, a káliumellátottság vizsgálatokor a termőhelyi kategóriát és az Arany-féle kötöttségi számot, a cinkellátottság értékelésékor az Arany-féle kötöttségi számot vettem figyelembe. Az ellátottsági kategóriákat a *Filep* (1995c) által ismertetett határértékek alapján határoztam meg. Az éves átlagokat tekintve a vizsgált táblák talaja a K_A alapján (45-46) az agyagos vályog fizikai talajféleségbe tartozott (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérleti területek talajvizsgálati eredményeinek átlagértékei

Vizsgált talajparaméterek	Vizsgálati terület		
	2006	2007	2008
Arany-féle kötöttségi szám (K_A)	46	45	45
$pH_{(H_2O)}$	8,3	8,2	8,1
$CaCO_3$ (m/m%)	3,0	2,2	1,6
Vízoldható összes só (m/m%)	0,013	0,013	0,013
Humusz (m/m%)	3,01	3,12	2,92
Összes nitrogén ($mg \cdot kg^{-1}$)	1750	1814	1701
AL- P_2O_5 ($mg \cdot kg^{-1}$)	161	169	84
AL- K_2O ($mg \cdot kg^{-1}$)	287	286	218
KCl-EDTA Zn ($mg \cdot kg^{-1}$)	1,45	1,62	1,07

A kísérleti területek talaja gyengén lúgos kémhatású ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} = 8,1-8,3$), gyengén meszes ($\text{CaCO}_3 = 1,6-3,0 \text{ m/m}\%$), kis sótartalmú (Vízoldható összes só = $0,013 \text{ m/m}\%$), megfelelő humusztartalmú ($2,92-3,12 \text{ m/m}\%$), közepes nitrogéntartalmú (Összes nitrogén = $1701-1814 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), gyenge cinktartalmú volt (KCl-EDTA Zn = $1,07-1,62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Foszforban és káliumban a 2006-os és 2007-es kísérleti terület közepesen (AL- $\text{P}_2\text{O}_5 = 161-169 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, AL- $\text{K}_2\text{O} = 286-287 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a 2008-as vizsgálati terület gyengén ellátottnak (AL- $\text{P}_2\text{O}_5 = 84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, AL- $\text{K}_2\text{O} = 218 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) minősült (1. táblázat).

3.6.2. A kukorica vetőmag-előállítás technológiája a kísérleti területeken

A vizsgálatokat mind a három évben alaptrágyázott, vetőmag kukoricaállományban, nullapás vetésben végeztem. Az elővetemény minden esetben vetőmag-kukorica volt. A növényi maradványok felaprítása szárazúzással és tárcsázással (szeptember eleje - szeptember közepe), a felaprított szármaradványok leforgatása ősszel (szeptember közepe - szeptember vége) 30-35 cm mély szántással, a magágykészítés április elején - április közepén kompaktorral történt. A vetést (április vége - május eleje) nullapás rendszerben végezték, az anyasorok esetében *Monosem*, az apasorok esetében *Optima* típusú vetőgéppel.

Alaptrágyaként $130-160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ nitrogén, $80-85 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foszfor és $70-80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ kálium került kijuttatásra. A foszfor, a kálium és a nitrogén 10-15 százalékát komplex műtrágya formájában ősszel, a nitrogén 85-90 százalékát tavasszal, közvetlenül a magágykészítés előtt adták ki.

A vetéssel egy menetben történt a talaj fertőtlenítése $7-10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Force 1,5 G (*teflutrin*) felhasználásával. A magról kelő egy- és kétszikű gyomok elleni védekezésre postemergensen (április eleje - április vége) a Lumax (*mezotrion* + *S-metolaklór* + *terbutilazin*) $4-5 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ dózisával, 2-3 alkalommal került sor. A magágykészítés előtt 2008-ban szükség volt a Clinic (*glifozát-izopropilamin*) $4 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ mennyiségével történő mezei acat (*Cirsium arvense*) gyérítésre is. A mechanikai gyomirtás kultivátorozással május végén - június közepén 1-2 alkalommal történt.

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) imágói ellen a címerhányás időszakában a Calypso 480 SC (*tiakloprid*) $0,2 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ dózisával, a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) és a gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) ellen a Steward 30 DF (*indoxacarb*) $0,17 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ mennyiségével védekeztek.

Az öntözésre évente 3-6 alkalommal került sor 20-40 mm vízmennyiséggel, valamint 2007-ben április végén kelesztő öntözésre (2*10 mm) is szükség volt.

A főcímerezés géppel (*Hagie, Modern Flow*) 3-4 menetben történt, amit 4-5 átjárás követett.

3.6.3. A lombtrágya-kísérletek tervezése és kivitelezése

A kezelt és kezeletlen területeket 12 m szélességűre (16 anyasor) terveztem, a mintavételi pontokat pedig négy ismétlésben jelöltem ki *ArcGis 9.1* szoftverkörnyezetben. A vizsgálatokat Natur Plasma, cinkkel dúsított Natur Plasma, Natur Vita és Amalgerol Prémium készítményekkel végeztem.

Vizsgált készítmények:

- Natur Plasma (*Chlorella algasűrítmény tápelemekkel dúsítva*)
- Natur Vita (*Chlorella algasűrítmény porított változata*)
- Amalgerol Prémium (*növényi illóolajok, ásványi olajok, alginát, mannitol, laminarin, algakivonat, makro- és mikroelemek*)

A 2006-os évben Natur Plasmát alkalmaztam állománykezelésben 2,5 százalékos töménységben (6,4 l·ha⁻¹, 250 l·ha⁻¹ vízzel). Állománykezelést végeztem 2007-ben Natur Plasmával és cinkkel dúsított Natur Plasmával 2,5 százalékos (6,4 l·ha⁻¹, 250 l·ha⁻¹ vízzel), Amalgerol Prémiummal 1,0 százalékos töménységben (2,5 l·ha⁻¹, 250 l·ha⁻¹ vízzel) és a Natur Vita 250 g·ha⁻¹ dózisával (250 l·ha⁻¹ vízzel). Tarlókezelésben Amalgerol Prémiumot 2,0 százalékos (6,0 l·ha⁻¹, 300 l·ha⁻¹ vízzel) és Natur Plasmát 3,2 százalékos töménységben (10 l·ha⁻¹, 300 l·ha⁻¹ vízzel) juttattam ki. A harmadik évben (2008) a Natur Plasma 2,5 százalékos (6,4 l·ha⁻¹, 250 l·ha⁻¹ vízzel), az Amalgerol Prémium 1,0 százalékos (2,5 l·ha⁻¹, 250 l·ha⁻¹) és a Natur Vita 250 g·ha⁻¹ dózisát alkalmaztam állománykezelésben.

Az állománykezelés két időpontban (2. táblázat), 5-8 leveles állapotban és a címerhányás előtt egy-másfél héttel, *Berthoud Boxer 3000*-es permetezőgéppel történt.

A tarlókezelésekre 2006.10.15-én került sor *Berthoud Boxer 3000*-es permetezőgéppel, kukoricatarlón. A kezelést szárzúzás és táracsázás előzte meg, ezt követően a készítmények kijuttatása közvetlenül a talajfelületre történt, amit sekély (5-10 cm) tárcsás bedolgozás követett. A tarlókezelés hatását 2007-ben vetőmag kukoricaállományban értékeltem.

2. táblázat. A kezelések dózisa és időpontja

Állománykezelés	2006. év		2007. év		2008. év	
Natur Plasma (6,4 l·ha ⁻¹)	07.07	08.09	07.04	08.01	06.24	07.21
Cinkkel dúsított Natur Plasma (6,4 l·ha ⁻¹)	-		07.04	08.01	-	
Natur Vita (250 g·ha ⁻¹)	-		07.04	08.01	06.24	07.21
Amalgerol Prémium (2,5 l·ha ⁻¹)	-		07.04	08.01	06.24	07.21
Kombinált állománykezelés	2006. év		2007. év		2008. év	
Amalgerol Prémium (5,0 l·ha ⁻¹)	-		-		06.09	
Natur Plasma (5,0 l·ha ⁻¹)	-		-		07.07	
Natur Plasma (5,0 l·ha ⁻¹)	-		-		07.21	
Tarlókezelés	2006. év		2007. év		2008. év	
Amalgerol Prémium (6,0 l·ha ⁻¹)	10.15		-		-	
Natur Plasma (10,0 l·ha ⁻¹)	10.15		-		-	

Állománykezelésben a lombtrágyák kombinációinak hatékonyságát is vizsgáltam. Kombinált kezelésben 2008.06.09-én Amalgerol Prémium (5,0 l·ha⁻¹), 2008.07.07-én és 2008.07.21-én Natur Plasma (5,0 l·ha⁻¹) került kijuttatásra.

A hatékonyság értékeléséhez mintavételi pontonként 10 töről, kezelésként 40 db termésmintát vettem. Csövenként meghatároztam a kukoricaszemek számát, valamint a légszáras minták tömegét.

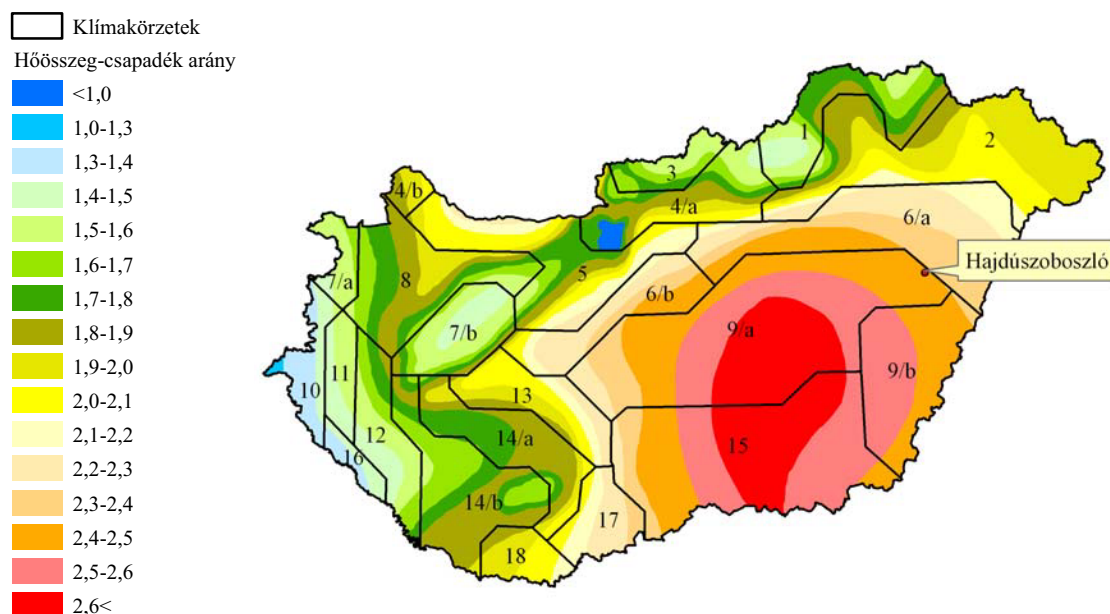
A harmadik évben (2008) a kezelésekben SPAD-méréseket is végeztem *Minolta SPAD-502* mérőkészülékkel. A méréseket mintavételi pontonként 10 növényen, a 6-7. levélen, a levéllemez hosszában arányosan elosztva, a levéllemez jobb és bal oldalán öt-öt ponton mértem. A méréseket három alkalommal végeztem el, az első kezelés előtt (2008.06.05), a két kezelés között (2008.07.11) és a második kezelés után (2008.08.06).

3.6.4. A lombtrágya-vizsgálatok eredményeinek statisztikai értékelése

A terméseredmények és a SPAD-mérés eredményeinek értékelése során Kolmogorov-Smirnov teszttel ellenőriztem az adatok eloszlásának normalitását, valamint a varianciák azonosságát. A normalitásvizsgálat minden esetben normál eloszlást igazolt, ezért a középértékek összehasonlítására paraméteres próbát választottam. A középértékek szimultán összehasonlítását Duncan teszttel végeztem, majd a nem azonos varianciájú kezelések esetében kapott szignifikancia-eredmények valódiságát t-próbával ellenőriztem.

3.7. A vizsgálati terület klimatikus viszonyainak jellemzése

Ángyán (1985) 57 mérőállomás meteorológiai adatai (1901-1980) alapján, a klímajellemzők komplex összefüggés-vizsgálatával Magyarországot klímakörzetekre osztotta. Hajdúszoboszló a 9/a klímakörzetben, a 9/a és a 6/a klímakörzet határán helyezkedik el, az ország legmelegebb és legszárazabb területének északkeleti részén (7. ábra).



(Saját szerkesztés Ángyán (1985) nyomán.)

7. ábra. Hajdúszoboszló térbeli elhelyezkedése a 9/a klímakörzetben

A 9/a klímakörzetben 80 év (1901-1980) adatait figyelembe véve a tenyészidőszak (192 nap) napsütéses óráinak száma 1480, effektív hőösszege $1347\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül alakul.

A tenyészidőszak várható átlaghőmérséklete $17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, a legmelegebb hónapjának (július) átlaghőmérséklete $21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, a vegetációs periódus leghűvösebb hónapjának (április) átlaghőmérséklete $10,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A várható évi csapadékösszeg 541 mm , amiből a tenyészidőszakban 313 mm csapadék esik. 80 év adatait figyelembe véve a klímakörzetben az ökológiai vízhiány várható értéke $100\text{-}170\text{ mm}$, melynek gyakorisága $3\text{-}5\text{év}\cdot 10\text{év}^{-1}$. A vegetációs időben a legtöbb csapadék (68 mm) júniusban, a legkevesebb (41 mm) szeptemberben esik.

A klímakörzet átlagos hőösszeg-csapadék aránya $2,4\text{-}2,5\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{mm}^{-1}$ (7. ábra). Az extrém csapadékos ($<1,47\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{mm}^{-1}$) évjáratok gyakorisága 3% , az extrém száraz ($4,54\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{mm}^{-1}$) évek beesési valószínűsége 29% . A kukoricatermesztés szempontjából jó évjáratok (a klímaelemek legalább $75\text{ }\%$ a kukoricatermesztés szempontjából

kedvező tartományba esik) gyakorisága 39%, a gyenge évjáratok (a klímaelemek kevesebb mint 25 százaléka esik a kukoricatermesztés szempontjából kedvező tartományba) beesési valószínűsége 7% (Ángyán, 1985).

A meteorológiai adatokat a Szilas Farm Kft. bocsátotta rendelkezésemre. A mérés a Boreas Kft. „zöld” Növényvédelmi állomásával történt. A 14 órás relatív nedvesség adatokat a Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Agrometeorológiai Obszervatóriuma biztosította.

Hajdúszoboszlón a tenyészidőszak napsütéses óráinak száma 2006-ban és 2008-ban megközelítette a kukorica számára optimális tartomány felső határát (1619 és 1618 óra), 2007-ben pedig meghaladta (1779 óra) azt.

A vegetációs periódus effektív hőösszege (1437-1660 °C) és átlaghőmérséklete (17,6-18,7 °C) mindhárom évben optimálisnak bizonyult. A leghűvösebb hónap (április) átlagos léghőmérséklete 12-13 °C, a legmelegebb hónap (július, augusztus) átlaghőmérséklete 21-23 °C volt (3. táblázat).

3. táblázat. Hajdúszoboszló klímajellemzői a vizsgált években

	Kedvező értékek	2006. év	2007. év	2008. év
Napsütéses órák száma a tenyészidőben	1420-1620	1619	1779	1618
Effektív hőösszeg (°C)	1250-1750	1442	1660	1437
A tenyészidőszak átlaghőmérséklete (°C)	16,8-19,0	17,6	18,7	17,6
A tenyészidőszak legmelegebb hónapja	-	július (23 °C)	július (23 °C)	augusztus (21 °C)
A tenyészidőszak leghidegebb hónapja	-	április (12 °C)	április (13 °C)	április (12 °C)
A tenyészidőszak csapadéka (mm)	270-410	348	394	406
A tenyészidőszak legcsapadékosabb hónapja	-	június (84 mm)	augusztus (160 mm)	június (150 mm)
A tenyészidőszak legszárazabb hónapja	-	szeptember (6 mm)	április (1 mm)	augusztus (36 mm)
Téli félév csapadéka (mm)	230-310	237	151	223
Éves csapadékmennyiség (mm)	500-720	585	545	629
Hőösszeg-csapadék arány (°C·mm ⁻¹)	1,9-3,1	2,5	3,0	2,3

Az évi csapadékösszeg 545 és 629 mm között változott, amiből a tenyészidőszakban 348-406 mm csapadék esett. A tenyészidő csapadéka mindhárom évben optimális volt, viszont a 2007-es és a 2008-as év téli félévének csapadéka (151 és 223 mm) elmaradt az optimum-tartomány alsó határától. A legcsapadékosabb hónap 2006-ban és 2008-ban a június (84 és 150 mm), 2007-ben az augusztus (160 mm), a legszárazabb hónap 2006-ban a szeptember (6 mm), 2007-ben az április (1 mm), 2008-ban pedig az augusztus (36 mm) volt.

A hőösszeg-csapadék arány ($2,3-3,0 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{mm}^{-1}$) mindhárom évben az optimum-tartományba esett. A hőösszeg-csapadék arány alapján a 2006-os ($2,5 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{mm}^{-1}$) és a 2007-es év ($3,0 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{mm}^{-1}$) a kukorica számára száraz, a 2008-as év ($2,3 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{mm}^{-1}$) csapadékos volt (3. táblázat).

A napsütéses órák száma meghaladta az optimum-tartomány felső határát mindhárom év áprilisában (219-302 óra), 2006 és 2007 júliusában (348 és 347 óra), valamint 2008 májusában (329 óra). A napfénytartam 2008 szeptemberében alacsonyabb volt (163 óra) az optimálisnál.

A vizsgálatok első két évében (2006, 2007) az áprilisi ($12,3 \text{ }^\circ\text{C}$ és $12,8 \text{ }^\circ\text{C}$) és a júliusi átlagos léghőmérséklet ($22,8$ és $22,6 \text{ }^\circ\text{C}$) magasabb, 2006 augusztusában ($18,5 \text{ }^\circ\text{C}$), valamint 2007 és 2008 szeptemberében ($14,3$ és $15,1 \text{ }^\circ\text{C}$) alacsonyabb volt az optimum szint alsó határánál.

A júniusi és az augusztusi csapadékösszeg 2006-ban meghaladta (84 és 82 mm) az optimum-tartomány felső határát, a szeptemberi csapadékmennyiség viszont alacsonyabb volt (6 mm) mint az optimális tartomány alsó határa. A 2007-es évben gyenge volt az áprilisi és a júniusi csapadékelátottság (1 és 12 mm), magas az augusztusi és a szeptemberi csapadékmennyiség (160 és 90 mm), valamint 2008 júniusában és szeptemberében a csapadékösszeg meghaladta (150 és 61 mm) az optimális szintet, a júliusi és az augusztusi csapadékmennyiség pedig alacsonyabb (43 és 36 mm) volt az optimálisnál.

A pollenszórás időszakának (július) átlagos 14 órás relatív légköri nedvessége 2006-ban 46%, 2007-ben 44%, 2008-ban 59% volt. A legkisebb mért érték 26-35%, a legnagyobb mért érték 78-93% között változott. A júliusi hónapban a 45% alatti relatív nedvességű napok száma 2006-ban és 2007-ben volt a legnagyobb (19-21 nap), vagyis a termékenyülés szempontjából a 2006-os és 2007-es év kedvezőtlenebb volt, mint a 2008-as (4. táblázat).

4. táblázat. A klímajellemzők mért értékeinek havi megoszlása

	Kedvező értékek	2006	2007	2008		Kedvező értékek	2006	2007	2008
Hónap	Napfénytartam (óra)				Hónap	Csapadék (mm)			
IV.	180-200	219	302	221	IV.	44-60	51	1	64
V	240-320	272	300	329	V	44-70	63	66	54
VI.	260-370	282	329	281	VI.	45-75	84	12	150
VII.	280-340	348	347	311	VII.	50-80	61	65	43
VIII.	260-320	261	302	314	VIII.	50-80	82	160	36
IX.	200-250	237	200	163	IX.	40-56	6	90	61
Hónap	Átlagos léghőmérséklet (°C)				14 órás relatív nedvesség júliusban				
IV.	10,3-12,1	12,3	12,8	11,6	Minimum (%)	34	26	35	
V	15,5-18,3	15,8	18,3	17,2	Maximum (%)	78	82	93	
VI.	18,9-22,9	19,2	22,1	20,2	Átlag (%)	46	44	59	
VII.	20,5-22,5	22,8	22,6	20,4	45% alatti relatív nedvességű napok száma	19	21	4	
VIII.	19,8-22,9	18,5	22,1	20,8					
IX.	16,8-20,6	17,2	14,3	15,1					

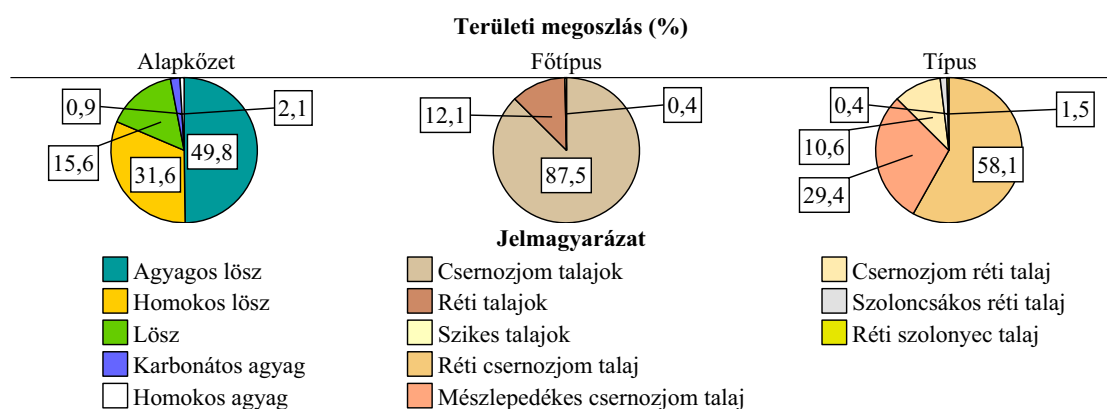
A címerhányás időszakában (július) mindhárom évben kedvezőtlen volt a csapadék eloszlása. A vizsgálatok első két évében (2006, 2007) a havi csapadékmennyiség (61-65 mm) a kukorica számára optimális tartományba esett (50-80 mm), viszont 2006-ban a havi csapadék 82 százaléka (50 mm) egy nap alatt (2006.07.22), 2007-ben a júliusi csapadék 72 százaléka (47 mm) két nap alatt (2007.07.04 és 2007.07.05), 2008-ban a havi csapadék 68 százaléka (29 mm) két nap alatt (2008.07.04 és 2008.07.07) esett le.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A hajdúszoboszlói kukorica vetőmag-előállító terület talajadottságainak értékelése

A hajdúszoboszlói termelési körzet kukorica vetőmag-előállító területének (580,4 ha), uralkodó alapköze az agyagos lösz (49,8% - 288,9 ha), a homokos lösz (31,6% - 183,5 ha) valamint a lösz (15,6% - 90,9 ha) talajképző kőzet volt. Kisebb területi arányban (0,9-2,1%) homokos agyag (5,0 ha) és karbonátos agyag (12,1 ha) alapkőzet is előfordult.

A vizsgált területet 87,5 százalékban (507,7 ha) csernozjom talajok, 12,1 százalékban (70,1 ha) réti talajok, 0,4 százalékban (2,6 ha) szikes talajok jellemezték. Legnagyobb területi aránnyal a réti csernozjom talaj (58,1% - 337,3 ha), a mészlepedékes csernozjom talaj (29,4% - 170,4 ha) és a csernozjom réti talaj (10,6% - 61,5 ha) rendelkezett, de kis területi gyakorisággal (0,4-1,5%) a réti szolonyc talaj (2,6 ha) és a szoloncsákos réti talaj (8,6 ha) is előfordult (8. ábra).

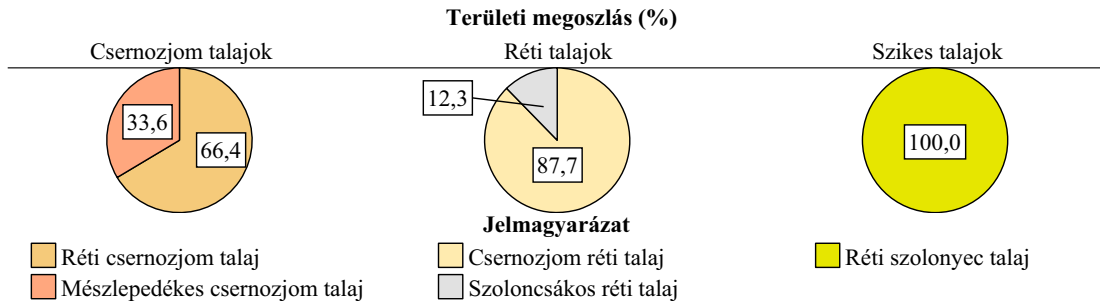


8. ábra. Az alapközetek, a talajfőtípusok és a talajtípusok területi megoszlása (%) a kukorica vetőmag-előállítás területén

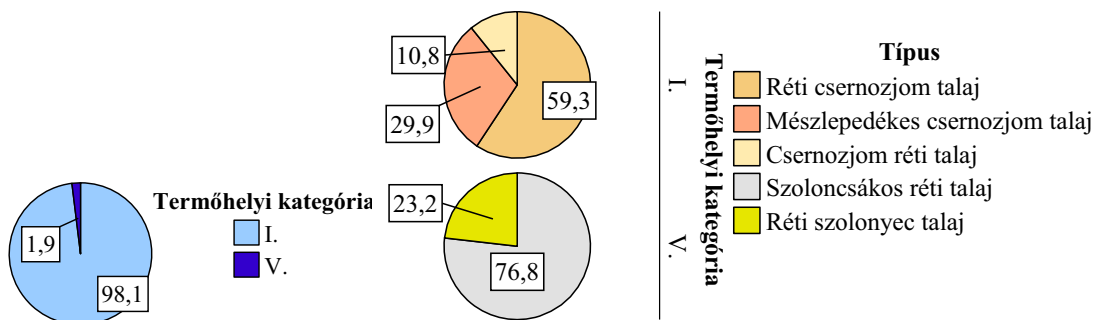
A csernozjom talajok főtypust 66,4 százalékban (337,3 ha) a réti csernozjom, 33,6 százalékban (170,4 ha) a mészlepedékes csernozjom talaj, a réti talajok főtypust 87,7 százalékban (61,5 ha) az I. termőhelyi kategóriába tartozó csernozjom réti talaj, 12,3 százalékban (8,6 ha) az V. termőhelyi csoportba tartozó szoloncsákos réti talaj adta. A szikes talajok főtypusban csak a réti szolonyc talaj (2,6 ha) fordult elő (9. ábra).

A vetőmag-előállítás területének 98,1 százaléka (569,2 ha) az I., 1,9 százaléka (11,2 ha) az V. termőhelyi kategóriába tartozott. Az I. termőhelyi csoportot 59,3 százalékban (337,3 ha) a réti csernozjom talaj, 29,9 százalékban (170,4 ha) a mészlepedékes csernozjom talaj, 10,8 százalékban (61,5 ha) a csernozjom réti talaj alkotta. Az V.

termőhely talajai a réti és a szikes talajok közül kerültek ki. A termőhelyi csoportot 76,8 százalékban (8,6 ha) a szoloncsákos réti talaj, 23,2 százalékban (2,6 ha) a réti szolonyec talaj adta (10. ábra).



9. ábra. A kukorica vetőmag-előállítás területén előforduló talajtípusok területi megoszlása (%) a fő típusokon belül

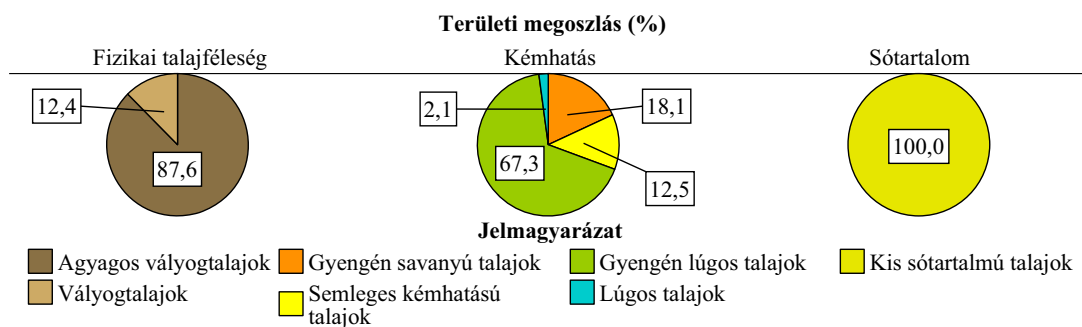


10. ábra. A termőhelyi kategóriák területi megoszlása (%) a vetőmag-előállítás területén, valamint a talajok területi megoszlása (%) a termőhelyi kategóriákon belül

A talajvizsgálati eredmények értékelése során a tavaszi és az őszi talajmintavétel mintavételi pontonként átlagolt értékeit vettem figyelembe. Az Arany-féle kötöttségi szám alapján (min.: 39, max.: 50) a területet 12,4 százalékban (72,1 ha) a vályog, 87,6 százalékban (508,3 ha) az agyagos vályog fizikai talajféleség jellemezte.

A kukorica vetőmag-előállítás gyengén savanyú ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} = 5,9-6,8$), semleges ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} = 6,8-7,2$), gyengén lúgos ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} = 7,2-8,5$) és lúgos ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} = 8,5-9,0$) talajokon történt. A legnagyobb területi aránnyal a gyengén lúgos talajok (67,3% - 390,7 ha) rendelkeztek, de jelentős volt a gyengén savanyú talajok (18,1% - 104,9 ha) és a semleges kémhatású talajok (12,5% - 72,7 ha) területi gyakorisága is.

A sótartalom egyik talajminta esetében sem érte el a mérsékeltén sós talajokra jellemző értéktartomány alsó határát (0,1 m/m%) (11. ábra), átlagértéke 0,015 m/m%, maximumértéke 0,028 m/m% volt.



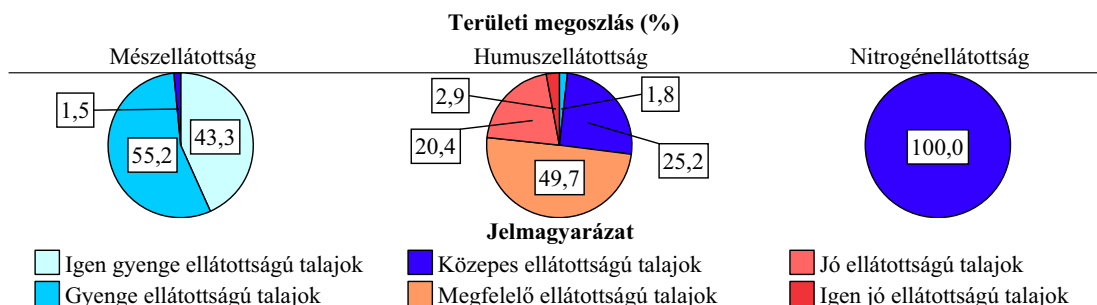
11. ábra. A fizikai talajfésülés, a különböző kémhatású és sórtartalmú talajok területi megoszlása (%) a kukorica vetőmag-előállítás területén

A mésztartalom 0,0-7,0 m/m%, a humusztartalom 1,80-4,43 m/m%, az összes nitrogén mennyisége 1047-2576 mg·kg⁻¹ között alakult.

A mésztartalom alapján a talajok több mint 50 százaléka (320,6 ha) a gyenge (CaCO₃ < 5,0 m/m%), 43,3 százaléka (251,0 ha) az igen gyenge ellátottsági kategóriába (a mésztartalom nem mérhető) került.

A vizsgált terület humusszal való ellátottsága változatos volt, humuszban gyengén, közepesen, megfelelően, jól és igen jól ellátott talajok is előfordultak. A humuszban gyengén (1,8% - 10,3 ha) és igen jól (2,9% - 17,0 ha) ellátott talajok területi aránya, jelentősen elmaradt a közepes (25,2% - 146,0 ha), a megfelelő (49,7% - 288,5 ha) és a jó (20,4% - 118,6 ha) humusztartalmú területek gyakoriságától.

Az összes nitrogén legkisebb mért értéke 1047 mg·kg⁻¹, legnagyobb mért mennyisége 2576 mg·kg⁻¹ volt. A jó nitrogénellátottságot (2500 mg·kg⁻¹ <) egy tavasszal vett talajminta nitrogéntartalma érte el, viszont az őszi és tavasszal mért nitrogénmennyiségek mintavételi pontonként átlagolt értékei nem haladták meg a közepes nitrogénellátottság felső határát (2500 mg·kg⁻¹) (12. ábra).



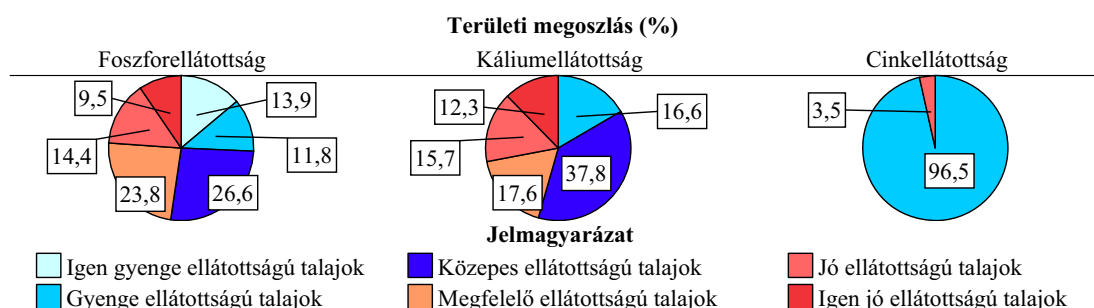
12. ábra. A különböző mész-, humusz- és nitrogénellátottságú talajok területi megoszlása (%) a kukorica vetőmag-előállítás területén

Az AL-oldható foszfortartalom ($24\text{-}554 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és káliumtartalom ($191\text{-}613 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) tekintetében a kukorica vetőmag-előállítás területe heterogénnek bizonyult. Előfordultak gyengén, közepesen, megfelelően jól és igen jól ellátott területek, valamint a foszfortartalmat tekintve igen gyengén ellátott talajok is.

A vetőmag-előállítás területének 9,5 százalékát (55,2 ha) az igen jó foszforellátottság jellemezte, ami elmaradt a többi foszforellátottsági kategória területi gyakoriságától. A közepes (26,6% - 154,6 ha) és a megfelelő (23,8% - 138,3 ha) foszfortartalmú területek aránya 9,4-14,8 százalékkal meghaladta az igen gyengén (13,9% - 80,5 ha), a gyengén (11,8% - 68,5 ha) és a jól (14,4% - 83,3 ha) ellátott talajok gyakoriságát.

A foszforellátottsághoz hasonlóan legkisebb arányban az igen jó (12,3% - 71,2 ha), legnagyobb hányadban a közepes (37,8% - 219,6 ha) káliumtartalmú talajok fordultak elő. A gyenge (16,6% - 96,2 ha), a megfelelő (17,6% - 102,1 ha) és a jó (15,7% - 91,3 ha) káliumellátottságú területek aránya közel hasonló volt.

A KCl-EDTA oldható cink mennyisége $0,21$ és $3,93 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között alakult. Átlagos mennyisége ($1,61 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nem érte el a jó tápanyag-ellátottsági kategória alsó határát, valamint a jó cinkellátottságú talajok területe (3,5% - 20,6 ha) jelentősen elmaradt a gyenge cinktartalmú talajok területétől (96,5% - 559,8 ha) (13. ábra).



13. ábra. A különböző foszfor-, kálium- és cinkellátottságú talajok területi megoszlása (%) a kukorica vetőmag-előállítás területén

A kukorica vetőmag-előállítás szempontjából kedvező az I. termőhelyi kategóriába tartozó talajok (98,1%) és a csernozjom talajok (87,5%) magas aránya. Kedvezőtlen a gyengén savanyú (18,1%), a gyenge mésztartalmú (98,5%) és a gyenge tápanyag-ellátottságú talajok magas aránya. A kukorica vetőmag-előállítás hatékonyságának növelése szükségessé teszi a kedvezőtlen adottságú területek javítását. Ennek érdekében elengedhetetlen a talajban hosszú idő alatt bekövetkezett változások, a területet jellemző

talajtípusok közötti különbségek és a növényállomány heterogenitását kiváltó talajtulajdonságok értékelése.

4.2. A kukorica vetőmag-előállítás területén hosszú idő alatt bekövetkezett talajváltozások értékelése

A talajban bekövetkezett változások értékelése során a 2006-os talajmintavétel és az 1966-os szelvényfeltárások talajvizsgálati eredményeit hasonlítottam össze 36 db 2006-ban és 36 db 1966-ban vett talajminta alapján.

A szelvényfeltárások óta a $pH_{(H_2O)}$ és a mésztartalom nem változott jelentősen, az átlagos $pH_{(H_2O)}$ 7,9-ről 8,1-re, az átlagos mésztartalom 1,1 tömegszázalékról 1,6 tömegszázalékra nőtt. A terület mindkét vizsgálati ciklusban gyengén lúgos és gyengén meszes volt.

A két vizsgálati időszak között a vízdoldható összes sók mennyisége átlagosan 0,034 tömegszázalékkal (1966 - 0,049 m/m%, 2006 - 0,015m/m%), a humusztartalom 0,99 tömegszázalékkal (1966 - 4,20 m/m%, 2006 - 3,21 m/m%), a össznitrogén-tartalom 551 $mg \cdot kg^{-1}$ -al (1966 - 2419 $mg \cdot kg^{-1}$, 2006 - 1868 $mg \cdot kg^{-1}$) csökkent. A vizsgált terület mindkét vizsgálati ciklusban kis sótartalmúnak és nitrogénben közepesen ellátottnak minősült, a humusszal való ellátottság viszont az igen jó ellátottsági kategóriából 2006-ra a megfelelő humuszellátottsági csoportba került.

Az AL-oldható foszfortartalmat 1966-ban 60 $mg \cdot kg^{-1}$ 2006-ban 172 $mg \cdot kg^{-1}$, az AL-oldható káliumtartalmat 1966-ban 205 $mg \cdot kg^{-1}$ 2006-ban 297 $mg \cdot kg^{-1}$ átlagérték jellemezte. Az elmúlt 40 évben az AL- P_2O_5 tartalom 112 $mg \cdot kg^{-1}$, az AL- K_2O tartalom 92 $mg \cdot kg^{-1}$ értékkel növekedett, így a foszforellátottság az igen gyenge ellátottsági kategóriából a közepes ellátottsági csoportba, a káliumtartalom pedig a gyenge ellátottsági kategóriából a közepes ellátottsági kategóriába került.

Kolmogorov-Smirnov tesztet alkalmazva igazolódott, hogy a vizsgálni kívánt változók normál eloszlásúak, kivételt képez a $pH_{(H_2O)}$ és a mésztartalom (m/m%). A normál eloszlású talajparaméterekben [vízdoldható összes sótartalom (m/m%), humusztartalom (m/m%), összes nitrogéntartalom ($mg \cdot kg^{-1}$), AL-oldható foszfortartalom ($mg \cdot kg^{-1}$), AL-oldható káliumtartalom ($mg \cdot kg^{-1}$)] bekövetkezett változásokat párosított t-próbával, a nem normál eloszlású talajjellemzők [$pH_{(H_2O)}$, mésztartalom (m/m%)] változását Wilcoxon teszttel értékeltem.

A két vizsgálati ciklus között a $pH_{(H_2O)}$ és a mésztartalom tekintetében a Wilcoxon teszt azonosságot, a humusz-, vízdoldható összes só-, összes nitrogén-, AL- P_2O_5 és AL-

K₂O tartalom esetében a párosított t-próba szignifikáns különbségeket igazolt. Az elmúlt 40 évben statisztikailag igazolható mértékben csökkent a humusztartalom (0,99 m/m%), az összes nitrogén mennyisége (551 mg·kg⁻¹) és a vízdoldható összes sótartalom (0,034 m/m%), valamint szignifikáns mértékben növekedett az AL-P₂O₅ (112 mg·kg⁻¹) és az AL-K₂O tartalom (92 mg·kg⁻¹) (5. táblázat).

5. táblázat. Az 1966-os és 2006-os talajvizsgálati eredmények összehasonlító statisztikai értékelésének eredménytáblázata

Wilcoxon teszt	Átlagos Rang		z-érték	Szignifikancia
	Negatív	Pozitív		
pH _(H₂O)	15,79	20,23	-1,760	0,078
CaCO ₃ (m/m%)	18,56	14,19	-1,348	0,178
Párosított t-próba	Átlagos differencia		t-érték	Szignifikancia
Humusz (m/m%)	-0,991		-11,670	0,000(*)
Vízdoldható összes só (m/m%)	-0,034		-8,637	0,000(*)
Összes nitrogén (mg·kg ⁻¹)	-551,001		-10,800	0,000(*)
AL-P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	112,591		6,500	0,000(*)
AL-K ₂ O (mg·kg ⁻¹)	91,906		6,323	0,000(*)
(*) A két vizsgálati ciklus talajvizsgálati eredményei között 5 százalékos szignifikancia-szinten statisztikai értelemben vett különbség van.				

A nagymértékű humusztartalom-csökkenés oka az intenzív kukoricatermesztés és a vizsgált terület meliorációja lehetett. A rendszeres belvízkárok kiküszöbölése érdekében a vizsgált területen altalajcsöveket helyeztek el, melynek kialakítása során a feltalaj keveredett az altalajjal, valamint a beavatkozás eredményeként előtérbe kerülhettek az aerob folyamatok, melyek szintén a szervesanyag csökkenését eredményezték. A humusztartalom csökkenése a talaj termékenységének fenntartása szempontjából kedvezőtlen, ezért a gyakorlatban a folyamat megállítására kell törekedni. Az eredményesebb vetőmag-előállítás érdekében szükséges a talaj szerves anyag tartalmának, ezen keresztül a talaj mikrobiális aktivitásának növelése. Ezért a termelésben törekedni kell a szervesanyag nagyobb arányú felhasználására, valamint a tápanyagok feltáródásában és a nitrogén fixálásában szerepet játszó baktériumokat is (pld.: *Azotobacter spp.*, *Azotomonas spp.*, *Clostridium spp.*) tartalmazó talajtrágyák alkalmazására.

A talaj sótartalmának csökkenése szignifikáns, ami a csapadék és az öntözés hatására bekövetkező lefelé irányuló vízmozgás eredménye. A folyamat kedvezőtlen hatású abban az esetben, ha a sók a kukorica gyökérzónájának valamely talajrétegében

felhalmozódtak, mivel a magas sókoncentráció akadályozza kultúrnövényeink víz- és tápanyagfelvételét, és sejtroncsolódást okozhat (Herke, 1959; Várallyay, 1966; Bohn *et al.*, 1985). A későbbiekben vizsgálni kell, hogy a kilúgzott sók felhalmozódtak e valamely felszínközeli talajrétegben.

Az összes nitrogén átlagos mennyisége szerint 2006-ban és 1966-ban is közepes ellátottság jellemezte a területet, de hangsúlyozni kell, hogy 1966-ban az átlagos nitrogéntartalom ($2419 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) megközelítette a jó nitrogénellátottság alsó határát ($2500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). A talaj nitrogéntartalmának csökkenése a humuszfogyasztó gazdálkodás eredményeként következett be, ezért a terület nitrogénellátottságának javítása érdekében szükséges a szerves trágyák és a baktériumtrágyák rendszeres alkalmazása.

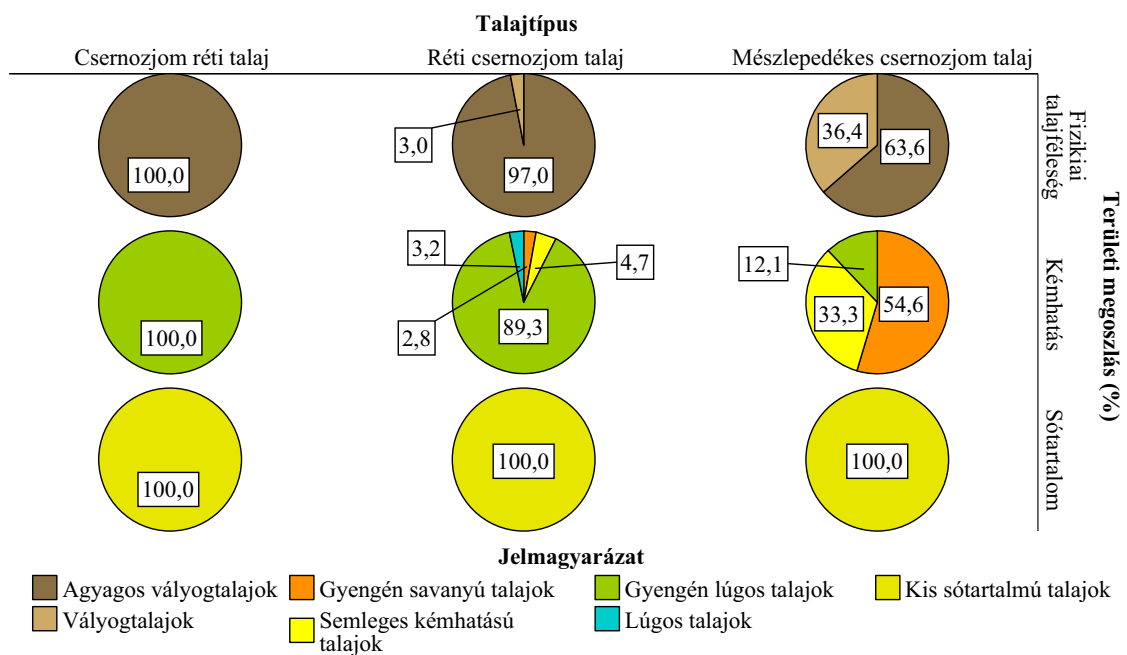
A vizsgált terület AL-oldható foszfor- és káliumtartalmának növekedése a '70-es években végzett foszfor- és káliumfeltöltő trágyázás sikerességét igazolja. Ennek ellenére a kukorica vetőmag-előállítás hatékonyságának növelése érdekében az alacsony foszfor- és káliumellátottságú talajok további javítása szükséges magasabb adagú műtrágyák alkalmazásával, ezt viszont a műtrágyázás magas költsége jelenleg nem teszi lehetővé.

4.3. A kukorica vetőmag-előállítás területét jellemző főbb talajtípusok összehasonlító értékelése

A csernozjom réti talaj és a réti csernozjom talaj Arany-féle kötöttségi számának átlagértéke azonos (45), a mészlepedékes csernozjom talajon meghatározott átlagérték alacsonyabb (43) volt. A csernozjom réti talaj teljes területe az agyagos vályog fizikai talajféleségbe tartozott, míg a másik két talaj esetében vályog területek is előfordultak, a réti csernozjom talajon 3,0% (10,1 ha), a mészlepedékes csernozjom talajon 36,4% (62,0 ha) területi gyakorisággal.

A csernozjom réti és a réti csernozjom talajt közel hasonló átlagos $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (8,2 és 8,0), a mészlepedékes csernozjom talajt alacsonyabb (6,9) átlagérték jellemezte. A csernozjom réti talaj és a réti csernozjom talaj esetében a gyengén lúgos területek (100% - 61,5 ha és 89,3% - 301,2 ha) a mészlepedékes csernozjom talajon pedig a gyengén savanyú (54,6% - 93,0 ha) és a semleges (33,3% - 56,8 ha) területek domináltak.

A vizsgált talajok vízdoldható összes sótartalma ($0,014\text{-}0,016 \text{ m/m}\%$) egyik talajminta esetében sem haladta meg a kis sótartalmú talajokra jellemző sómennyiség alsó határát ($0,1\%$), mindhárom talajtípus teljes területe kis sótartalmúnak bizonyult (14. ábra).

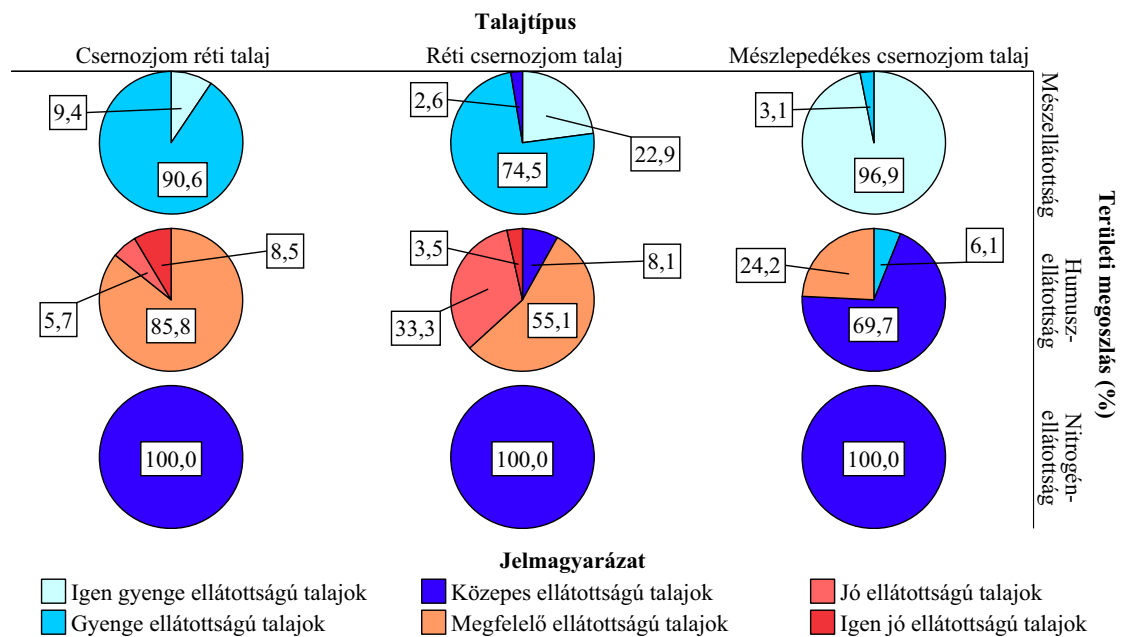


14. ábra. A fizikai talajfésülés, a különböző kémhatású és sótartalmú talajok területi megoszlása (%) a talajtípusokon belül

A csernozjom réti és a réti csernozjom talajra közel hasonló (1,9 és 1,7 m/m%), a mészlepedékes csernozjom talajra alacsonyabb (0,03 m/m%) átlagos mésztartalmat mértek. A legnagyobb területi gyakorisággal a mészlepedékes csernozjom talajon az igen gyenge (96,9% - 165,2 ha), a csernozjom réti és a réti csernozjom talajon pedig a gyenge mésztartalmú területek (90,6% - 55,7 ha és 74,5% - 251,2 ha) rendelkeztek, közepesen ellátott területek pedig csak a réti csernozjom talaj (2,6% - 8,8 ha) esetében fordultak elő.

A legkisebb átlagos humusztartalmat a mészlepedékes csernozjom talajra (2,62 m/m%), a legmagasabbat (3,19 m/m%) a réti csernozjom talajon mérték, a csernozjom réti talaj átlagos humuszellátottsága (3,17 m/m%) pedig megközelítette a réti csernozjom talajra meghatározott átlagértéket. A csernozjom réti talaj esetében csak megfelelően, jól és igen jól ellátott területek fordultak elő, viszont a réti csernozjom talaj különböző humuszellátottságú területei között közepesen ellátott területeket is azonosítottam. A mészlepedékes csernozjom talajt a gyenge, a közepes és a megfelelő ellátottsági kategóriák jellemezték. A csernozjom réti talajon a megfelelő (85,8% - 52,8 ha), a réti csernozjom talajon a megfelelő (55,1% - 185,8 ha) és a jó (33,3% - 112,5 ha), a mészlepedékes csernozjom talajon a közepes (69,7% - 118,8 ha) ellátottsági kategória dominált.

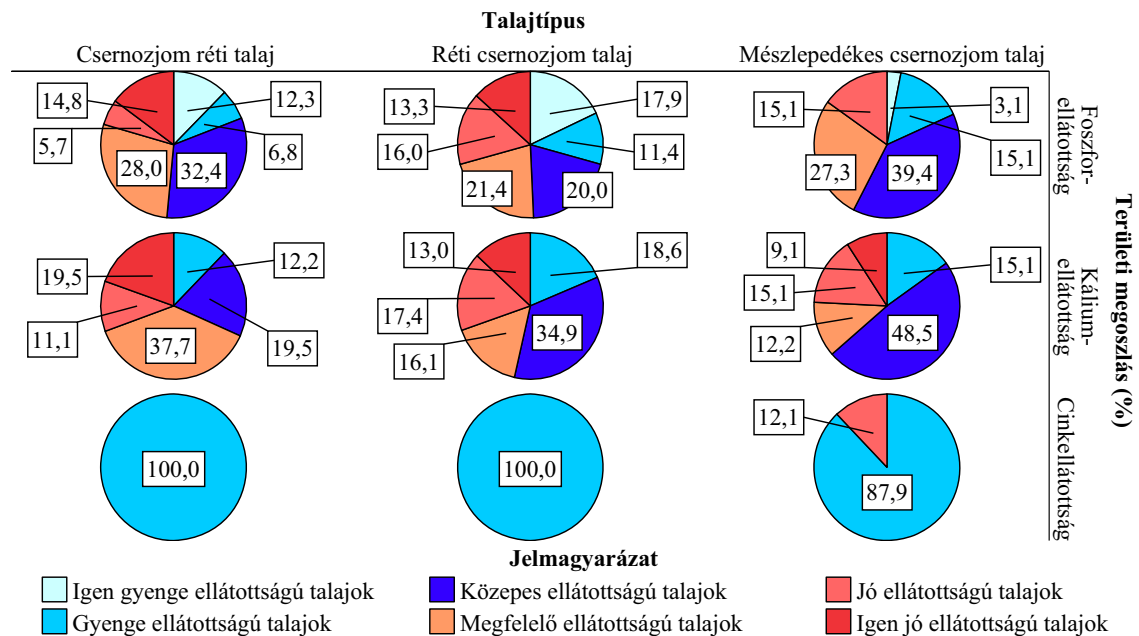
A három talajtípus nitrogénellátottsága a teljes területet tekintve a közepes ellátottsági kategóriába esett (15. ábra). Az össznitrogén-tartalom átlagos értéke a réti csernozjom talajon volt a legmagasabb ($1857 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a csernozjom réti talajon alacsonyabb ($1846 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és a mészlepedékes csernozjom talajon a legalacsonyabb ($1526 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).



15. ábra. A különböző mész-, humusz- és nitrogénellátottságú talajok területi megoszlása (%) a talajtípusokon belül

A legnagyobb átlagos AL-oldható foszfortartalmat a csernozjom réti talajra ($198 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a legalacsonyabbat ($153 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a mészlepedékes csernozjom talajra számoltam, a réti csernozjom talaj átlagos $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ tartalma pedig $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ mennyiséggel meghaladta a mészlepedékes csernozjom talajon mért értékek átlagát. A csernozjom réti és a réti csernozjom talaj esetében igen gyenge, gyenge, közepes, megfelelő, jó és igen jó foszfortartalmú területek is előfordultak, viszont a mészlepedékes csernozjom talajt az igen jó foszforellátottság nem jellemezte. A legnagyobb területi arányt mindhárom talajon a közepes és a megfelelő ellátottsági kategória képviselte. A két ellátottsági kategória területi gyakorisága a mészlepedékes csernozjom talajon $66,7\%$ ($113,6 \text{ ha}$), a csernozjom réti talajon $60,4\%$ ($37,1 \text{ ha}$), a réti csernozjom talajon $41,4\%$ ($139,7 \text{ ha}$) volt. Az igen gyenge és gyenge foszfortartalmú területek aránya a réti csernozjom talajon ($29,3\%$ - $98,8 \text{ ha}$) meghaladta, a csernozjom réti talajon ($19,1\%$ - $11,8 \text{ ha}$) és a mészlepedékes csernozjom talajon ($18,2\%$ - $31,0 \text{ ha}$)

meghatározott területi gyakoriságokat. A jó és igen jó foszforellátottságú talajok területi aránya a réti csernozjom talajon volt a legnagyobb (29,3% - 98,8 ha), a csernozjom réti talajon kisebb (20,5% - 12,6 ha) és a mészlepedékes csernozjom talajon a legkisebb (15,1% - 25,8 ha) (16. ábra).



16. ábra. A különböző foszfor-, kálium- és cinkellátottságú talajok területi megoszlása (%) a talajtípusokon belül

Az átlagos AL-oldható káliumtartalom a csernozjom réti talajon volt a legmagasabb ($321 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a réti csernozjom talajon alacsonyabb ($311 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a mészlepedékes csernozjom talajon a legalacsonyabb ($299 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). A foszforhoz hasonlóan a káliumellátottság is nagy változatosságot mutatott mindhárom talaj esetében, viszont a foszforral ellentétben káliummal igen gyengén ellátott területek egyik talajtípuson sem fordultak elő. A közepes és a megfelelő káliumtartalmú területek aránya mindhárom talajon meghaladta az 50 százalékot, a mészlepedékes csernozjom talajon 10,7 százalékkal (103,3 ha), a csernozjom réti talajon 7,2 százalékkal (35,2 ha), a réti csernozjom talajon 1,0 százalékkal (172,2 ha). A gyenge káliumellátottságú talajok területi gyakorisága a réti csernozjom talajon (18,6% - 62,8 ha) meghaladta a mészlepedékes csernozjom talajra (15,1% - 25,8 ha) és a csernozjom réti talajra (12,2% - 7,5 ha) jellemző területi arányokat. A jó és igen jó káliumtartalmú talajok tekintetében a csernozjom réti és a réti csernozjom talaj esetében közel hasonló (30,6% - 18,8 ha és 30,4% - 102,3 ha), a mészlepedékes csernozjom talajra pedig alacsonyabb (24,2% - 41,3 ha) területi gyakoriságot határoztam meg.

A csernozjom réti talajra $1,45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a réti csernozjom talajra ennél alacsonyabb ($1,44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a mészlepedékes csernozjom talajra pedig magasabb ($2,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) átlagos KCl-EDTA oldható cinktartalmat számoltam. A csernozjom réti talaj és a réti csernozjom talaj teljes területe cinkben gyengén ellátottnak minősült, ezzel ellentétben a mészlepedékes csernozjom talaj területének 12,1 százaléka (20,6 ha) jó cinkellátottságot mutatott (16. ábra).

A talajvizsgálati eredmények statisztikai értékelése során előzetes vizsgálatokat végeztem az összehasonlítandó adatsokaságok normalitására, valamint a varianciák azonosságára. Az Arany-féle kötöttségi szám, valamint a mésztartalom nem minden talajtípus esetében volt normál eloszlású, azért a talajtípusok kötöttségében és mésztartalmában jelentkező különbségeket Kruskal-Wallis H teszttel értékeltem. A talajok vízdoldható összes só- és KCl-EDTA cinktartalma normál eloszlást mutatott, a varianciák azonosak voltak, ezért a talajok só- és cinktartalmát Duncan teszttel hasonlítottam össze. A $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$, a humusz-, az össznitrogén-, az AL-oldható foszfor- és a káliumtartalom eloszlása normális volt, de a varianciák talajtípusonként különböztek, ezért független kétmintás t-próbát alkalmaztam a különbségek értékelésére.

A Kruskal-Wallis H teszt igazolta, hogy a csernozjom réti, a réti csernozjom és a mészlepedékes csernozjom talaj kötöttségében és mésztartalmában különbség van (6. táblázat).

6. táblázat. A Kruskal-Wallis H teszt eredménytáblázata a talajtípusok nem normál eloszlású talajparamétereiben jelentkező különbségek értékeléséhez

		Arany-féle kötöttség	CaCO ₃ (m/m%)
Átlagos Rang	Cs.R.T	101,4	141,2
	R.Cs.T	98,5	132,5
	M.Cs.T	45,0	66,6
Chi-négyzet		41,659	60,497
Szignifikancia		0,000	0,000
Átlagos Rang	Cs.R.T	62,1	87,0
	M.Cs.T	62,0	80,3
Chi-négyzet		0,000049	0,513
Szignifikancia		0,994	0,474
<i>Cs.R.T = Csernozjom réti talaj, R.Cs.T = Réti csernozjom talaj, M.Cs.T = Mészlepedékes csernozjom talaj</i>			

A nem paraméteres próbák csak az azonosságra adnak megbízható eredményt, ezért a vizsgálatból kivontam az alacsonyabb Arany-féle kötöttségi számmal és

mész tartalommal jellemezhető mészlepedékes csernozjom talajt, így a teszt a réti csernozjom és a csernozjom réti talaj kötöttségének és mész tartalmának azonosságát igazolta (6. táblázat). Az Arany-féle kötöttségi szám esetében hangsúlyozni kell, hogy a kacspróba szubjektívitasából adódóan csak a 4-5 feletti érték különbségek lehetnek valóságok.

A Duncan teszt a vizsgált talajok só tartalmában nem mutatott statisztikailag igazolható különbségeket. A réti csernozjom talaj cinktartalma szignifikánsan magasabbnak bizonyult a mészlepedékes csernozjom és a csernozjom réti talaj esetében mért értékekhez viszonyítva, viszont nem volt statisztikai értelemben vett különbség a mészlepedékes csernozjom és a csernozjom réti talaj cinktartalmában (7. táblázat).

7. táblázat. A Duncan teszt eredmény táblázata a talajtípusok normál eloszlású és azonos varianciájú talajparamétereiben jelentkező különbségek értékeléséhez

Homogéncsoportok	Vízdható összes só (m/m%)	KCl-EDTA Zn (mg·kg ⁻¹)	
	1	1	2
Csernozjom réti talaj	0,014	1,44	
Mészlepedékes csernozjom talaj	0,015	1,45	
Réti csernozjom talaj	0,016		2,02
Szignifikancia	0,340	0,894	1,000

A t-próba szignifikancia-eredményei alapján nem adódott igazolható különbség a csernozjom réti és a réti csernozjom talaj humusz-, össznitrogén- és AL-P₂O₅ tartalmában, az AL-K₂O tartalom pedig minden talajtípuson azonosnak bizonyult. A pH_(H₂O) tekintetében a t-próba minden talajtípus között szignifikánsan különbségeket igazolt. A csernozjom réti talaj pH_(H₂O)-ja 0,2-el magasabb volt mint a réti csernozjom és 1,3-el magasabb mint a mészlepedékes csernozjom talaj esetében. A réti csernozjom és a mészlepedékes csernozjom talaj pH_(H₂O)-ja közötti különbség 1,1 volt.

A réti csernozjom és a mészlepedékes csernozjom talaj pH_(H₂O)-ja közötti különbség 1,1 volt. Szignifikáns különbség adódott a csernozjom réti és a mészlepedékes csernozjom talaj humusz- (0,55 m/m%), össznitrogén- (320 mg·kg⁻¹) és AL-P₂O₅ tartalmában (45 mg·kg⁻¹), továbbá statisztikailag igazolható különbség jelentkezett a réti csernozjom és mészlepedékes csernozjom talaj humusz- (0,57 m/m%), össznitrogén- (331 mg·kg⁻¹) és AL-P₂O₅ tartalmában (30 mg·kg⁻¹) (8. táblázat).

8. táblázat: A t-próba eredménytáblázata a talajtípusok normál eloszlású és nem azonos varianciájú talajparamétereiben jelentkező különbségek értékeléséhez

			Átlagos differencia	t-érték	Szignifikancia
pH _(H₂O)	Cs.R.T	R.Cs.T	0,189	2,562	0,012(*)
		M.Cs.T	1,340	17,123	0,000(*)
	R.Cs.T	M.Cs.T	1,151	13,955	0,000(*)
Humusz (m/m%)	Cs.R.T	R.Cs.T	-0,018	-0,249	0,804
		M.Cs.T	0,550	6,746	0,000(*)
	R.Cs.T	M.Cs.T	0,569	9,005	0,000(*)
Összes nitrogén (mg·kg ⁻¹)	Cs.R.T	R.Cs.T	-10,719	-0,238	0,703
		M.Cs.T	319,904	5,626	0,000(*)
	R.Cs.T	M.Cs.T	330,623	8,007	0,000(*)
AL-P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	Cs.R.T	R.Cs.T	14,756	0,774	0,440
		M.Cs.T	44,519	2,359	0,024(*)
	R.Cs.T	M.Cs.T	29,763	2,939	0,004(*)
AL-K ₂ O (mg·kg ⁻¹)	Cs.R.T	R.Cs.T	10,196	0,744	0,460
		M.Cs.T	22,123	1,451	0,150
	R.Cs.T	M.Cs.T	11,927	0,984	0,326
<p><i>Cs.R.T = Csernozjom réti talaj, R.Cs.T = Réti csernozjom talaj, M.Cs.T = Mészlepedékes csernozjom talaj,</i> <i>(*) A talajtípusok között 5 százalékos szignifikancia-szinten statisztikailag igazolható különbség van.</i></p>					

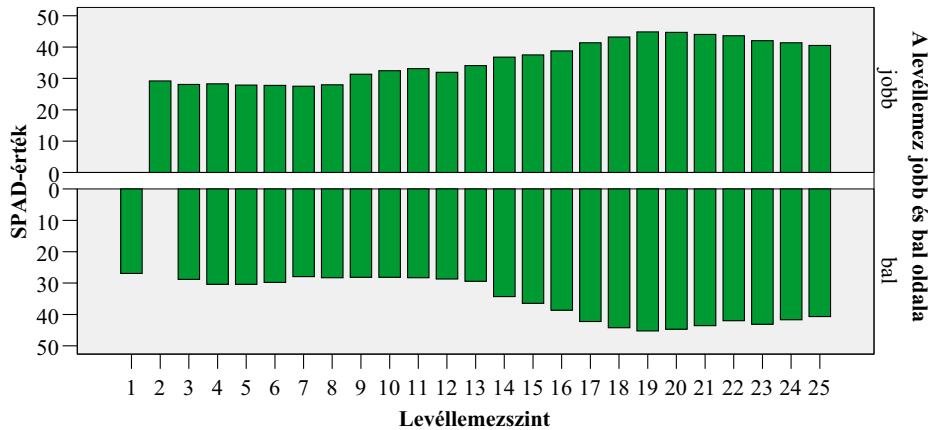
Az eredmények igazolták, hogy a talajgenetikai rendszerben egymáshoz közel álló talajtípusok között is lehetnek olyan különbségek, melyek a tápanyag-utánpótlás módját jelentősen befolyásolják. A talajadottságok értékelése során a vizsgálatokat talajtípusokra lebontva szükséges végezni, ugyanis a vizsgálati terület egységes értékelése során elfedjük azokat a különbségeket, melyek a kukorica vetőmag-előállítás hatékonyságát befolyásolják, de talajtípusonként változnak. Ennek érdekében a talajmintavételt talajtípusonként, genetikus talajtérképre alapozva, előre kijelölt és ismert koordinátájú mintavételi pontokon szükséges elvégezni.

4.4. A SPAD-mérés megbízhatósági vizsgálatának eredményei

A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának értékelése, valamint a természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysági vizsgálata során SPAD-érték (SPAD-index) méréseket is végeztem Minolta SPAD-502 készülékkel, ezért 2006-ban vizsgáltam a mérés megbízhatóságát és pontosságát is.

A klorofilltartalom eloszlásának vizsgálatára a földfeletti 6-7. nóduszokból eredő, 54-56 centiméteres leveleket használtam. A levéllemezen 2 centiméterenként 48 mérési

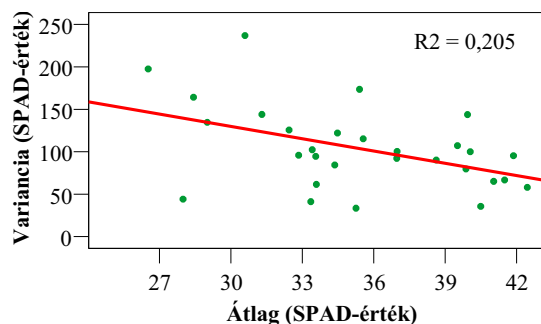
pontot jelöltem ki (3. ábra), majd a mért értékeket mérési pontonként adatbázisban rögzítettem. A vizsgált leveleken mért SPAD-indexeket mérési pontonként átlagolva megállapítottam, hogy a SPAD-érték a levéllemez alapi részétől (41-42 SPAD-érték) indulva növekszik a levélalaptól mért 10-16 centiméteres távolságig (44-45 SPAD-érték), ezt követően pedig csökken a levéllemez csúcsáig (27-29 SPAD-érték) (17. ábra).



17. ábra. A SPAD-értékek változása a levéllemez hosszában

További vizsgálataimat arra a hipotézisre alapoztam, hogy a kukorica levéllemezében a klorofill nem egyenletesen oszlik meg, ezért a levéllemez átlagos SPAD-indexének meghatározása során fontos szempont, hogy a levéllemez mely pontjain végezzük a méréseket.

A levelek átlagos SPAD-értéke és a SPAD-mérések varianciája közötti összefüggés grafikus ábrázolásával arra a következtetésre jutottam, hogy az átlagos SPAD-index növekedésével a SPAD-érték variancia csökken (18. ábra). Ennek oka, hogy a magasabb átlagos SPAD-indexű levelekben a klorofill eloszlása egyenletesebb, zöldessége kiegyenlítettebb, míg az alacsonyabb SPAD-adatokkal rendelkező leveleken klorotikus és nekrotikus foltok, csíkok jelennek meg.



18. ábra. Az átlagos SPAD-érték és a variancia közötti összefüggés

Az összefüggés létezését lineáris regresszió-analízissel vizsgáltam 5 százalékos szignifikancia-szinten. A korrelációs koefficiens ($R = 0,453$) alapján a levelek átlagos SPAD-indexe és a mért értékek varianciája közötti összefüggés közepes, valamint a determinációs együtthatóból ($R^2 = 0,205$) következően a SPAD-mérések varianciája 20,5 százalékban függ az átlagos SPAD-értéktől. A becslés pontossága 43,9, vagyis a becsült varianciák 43,9-el térnek el a mérések varianciájától. A maradékértékek és a becsült értékek szórása szignifikánsan különbözik (Szig. $< 0,05$), tehát a regresszió létezik (9. táblázat).

9. táblázat. A levelek átlagos SPAD-értéke és a SPAD-index variancia közötti összefüggés értékelése regresszió-analízissel

	R = 0,453	R² = 0,205		SEE = 43,9	
	SS	df	MS	F	Szig.
Regresszió	13439,5	1	13439,5	6,976	0,014
Maradék	52018,5	27	1926,61		
Összes	65458	28			

(*R* = korrelációs koefficiens, *R²* = determinációs együttható, *SEE* = a becslés hibája, *SS* = négyzetes eltérések összege, *df* = szabadságfokok száma, *MS* = variancia, *F* = F-próbastatisztika, *Szig.* = Szignifikancia)

A klorofill levéllemez hosszában történő eloszlásának figyelembe vételével 5, 10, 14, 20 és 30 mérési pontból álló mérési módszereket határoztam meg. Az 5 pontos mérés esetében a levéllemez alsó harmadában kettő, a levéllemez felső harmadában pedig három mérési pontot jelöltem ki. A 10, 14, 20 és 30 pontos mérések esetében a levéllemez alapi részén jelöltem ki az első mérési pontot, a többi mérési pontot pedig a levéllemez jobb és bal oldalán a levéllemez hosszában arányosan osztottam el (4. ábra).

A 48 pontos mérések eredményeiből levelenként 30 ismétlésben válogattam le SPAD-értékeket az 5, 10, 14, 20 és 30 pontos mérési módszereknek megfelelően, majd a különböző mérési módszerekkel leválogatott adatok alapján meghatároztam a levelek átlagos SPAD-értékét, valamint a variancia komponensek felbontásával a levélen belüli és a levelek közötti szórást.

A levelek átlagos SPAD-indexe a különböző mérési módszerek esetében 34,7 és 35,3 között változott. A levélen belüli szórás a mérési pontok számának növelésével csökkent, de a 10, 14, 20, és 30 pontos mérések között nem volt jelentős különbség (10,1-10,5 SPAD-érték). Az 5 pontos mérés levélen belüli szórása 0,8-1,2 SPAD-értékkel magasabb volt, mint a többi mérési módszer esetében, ami a levelek közötti szórásban is megnyilvánult (10. táblázat).

10. táblázat. Az átlagos SPAD-index, az átlagos levélen belüli szórás és az átlagos levelek közötti szórás a különböző mérési módszerek esetében

A mérési pontok száma	5	10	14	20	30
Átlag (SPAD-érték)	35,0	34,7	34,9	34,9	35,3
Átlagos szórás a levélen belül	11,3	10,5	10,3	10,3	10,1
Átlagos szórás a levelek között	5,0	4,5	4,4	4,4	4,5

Regresszió-analízissel vizsgálva a mérési pontok száma és az átlagos SPAD-index között gyenge ($R = 0,279$), a mérési pontok száma és a levelek belső szórása között erős ($R = 0,765$), a mérési pontok száma és a levelek közötti szórás között ($R = 0,570$) közepes összefüggést állapítottam meg. A maradékértékek és a becült értékek szórása minden esetben szignifikánsan különbözött ($Szig. < 0,05$), tehát a regressziók léteznek (11. táblázat).

11. táblázat. A mérési pontok számának regressziója az átlagos SPAD-értékkal, a levélen belüli szórással és a levelek közötti szórással

Összefüggés	R	R ²	SEE	F	Szig.
A mérési pontok száma - Átlagos SPAD-érték	0,279	0,078	0,3826	12,601	0,001
A mérési pontok száma - Levélen belüli szórás	0,765	0,586	0,3082	210,626	0,000
A mérési pontok száma - Levelek közötti szórás	0,570	0,325	0,251	71,803	0,000

(R = korrelációs koefficiens, R^2 = determinációs együttható, SEE = a becslés hibája, F = F-próbastatisztika, $Szig.$ = Szignifikancia)

A regresszió-analízis eredményei alapján megállapítottam, hogy a mérési pontok száma az átlagos SPAD-érték meghatározásának pontosságát kevésbé, a levelek közötti különbségek kimutathatóságát közepes-erős mértékben befolyásolja.

A levelek közötti különbségeket egytényezős variancia analízissel (ANOVA) vizsgáltam a különböző mérési módszerek esetében. A csoportok közötti variancia az 5 pontos mérés esetében kisebb volt, mint a csoporton belüli variancia, ezért egynél kisebb F-értéket kaptam. 10 pontos mérést alkalmazva az F-érték nagyobb volt egynél, és a mérési pontok számának növelésével a csoportok közötti és a csoporton belüli variancia hányadosa (F-érték) egyre nagyobb lett (12. táblázat).

12. táblázat. A csoportok közötti és a csoporton belüli varianciák alakulása

A mérési pontok száma	5	10	14	20	30	48
Csoportok közötti variancia (MS_{bg})	126,5	204,9	267,9	390,8	600,4	986,7
Csoporton belüli variancia (MS_{wg})	127,8	110,8	105,6	106,5	102,6	103,6
F-próbastatisztika	0,990	1,849	2,537	3,669	5,852	9,524

A levelek közötti különbségek biztonságos kimutatása csak egynél nagyobb F-érték mellett lehetséges, valamint minél nagyobb az F-próbastatisztika, annál nagyobb valószínűséggel mutathatóak ki kisebb különbségek is. Az 5 pontos mérési módszer esetében az F-érték egynél kisebb, ezért a levelek közötti különbségek kimutathatósága bizonytalan. Az F-próbastatisztika a 10 pontos szisztematikus mérés esetében már egynél nagyobb értéket adott, vagyis a levelek átlagos SPAD-értékében jelentkező különbségek nagy biztonsággal történő kimutatásához legalább 10 ponton szükséges SPAD-mérést végezni. Ez abban az esetben igaz, ha a levelek közötti különbségek kimutatása során a levélen belül mért értékeket hasonlítjuk össze. A levelek közötti különbségek kimutatása történhet a levelek átlagos SPAD-értéke alapján is. Ebben az esetben elegendő öt ponton mérni a levelek SPAD-indexét, ugyanis a mérési pontok száma az átlagos SPAD-értéket kevésbé befolyásolja.

4.5. A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának értékelése

4.5.1. A különböző magasságú állományfoltok területi megoszlása

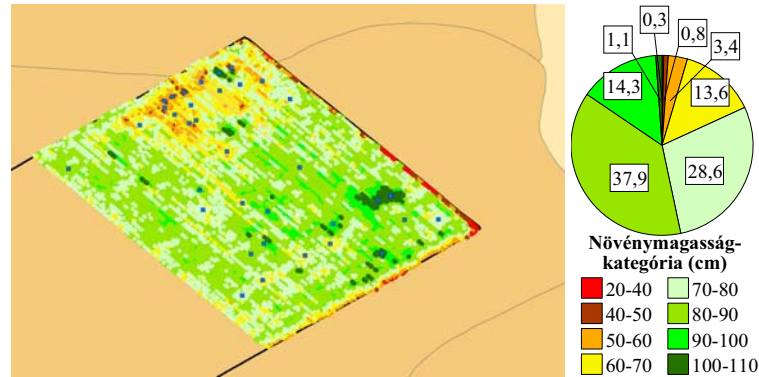
Hajdúszoboszló déli termelési körzetében, 2007-ben egy vetőmag kukoricaállomány heterogenitását vizsgáltam, karbonátos réti csernozjom talajon, beltenyésztett kukorica anyavonalon, nullapás vetésben, egy 10,4 hektáros, alaptrágyázott mintaterületen.

A növényállomány magasságát 2-3 méterenként mérőrúddal mértem, a mérés helyének koordinátapontjait pedig *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával rögzítettem.

ArcGis 9.1 szoftverkörnyezetben a különböző növénymagassággal jellemezhető állományfoltok területét lehatároltam, majd a különböző növénymagasságú állományfoltokban mintavételi pontokat jelöltem ki.

A mintaterületen legnagyobb arányban a 80-90 cm (37,9% - 3,94 ha) és a 70-80 cm magasságú (28,6% - 2,97 ha) állományfoltok, legkisebb gyakorisággal a 20-40 cm (0,3% - 0,03 ha) és a 40-50 cm (0,8% - 0,08 ha) növénymagasság-kategóriák fordultak elő. Alacsony volt a 100-110 centiméteres (1,1% - 0,12 ha) és az 50-60 centiméteres

(3,4% - 0,35 ha) növényállományok területi gyakorisága. Közel hasonlóan alakult a 90-100 cm (14,3% - 1,49 ha) és a 60-70 cm (13,6% - 1,42 ha) magassággal jellemezhető állományrészek területi kiterjedése (19. ábra).



19. ábra. A különböző növénymagasság-kategóriák területi megoszlása (%)

Mintavételi pontonként mértem a legfejlettebb levelek SPAD-értékét, levél- és talajmintákat vettem. Az alacsony területi kiterjedéséből adódóan a 20-40 cm magasságú állományfoltokat összevontan kezeltem a 40-50 cm-es állományrészekkel.

4.5.2. A terméseredmények és a SPAD-érték közötti összefüggések értékelése

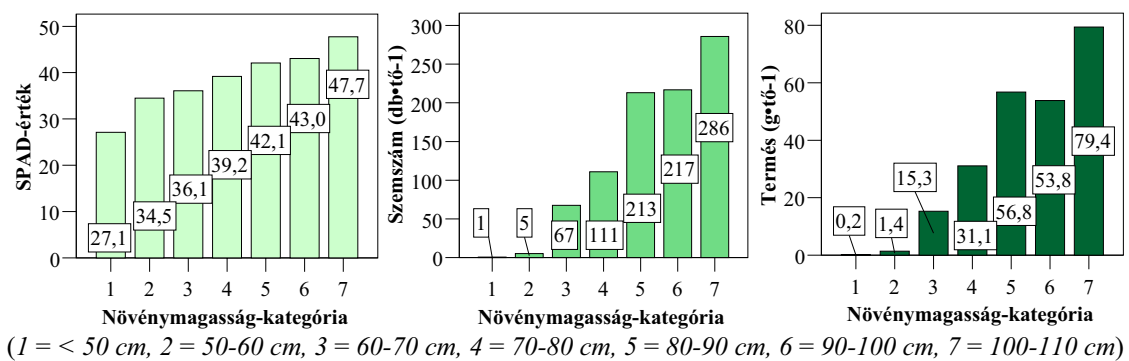
A terméseredmények és a SPAD-index közötti összefüggés vizsgálatával arra a kérdésre kerestem választ, hogy a SPAD-mérés alapján prognosztizálhatóak e a terméseredmények.

A különböző magasságú növényállományok átlagos SPAD-indexe 27,1 és 47,7 között változott, és a növénymagasság növekedésével párhuzamosan növekvő tendenciát mutatott. A legkisebb átlagos SPAD-értéket az 50 centiméternél alacsonyabb (27,1), a legnagyobb átlagértéket (47,7) a 100-110 cm magasságú állományfoltokban tapasztaltam. 30,0 és 40,0 közötti átlagos SPAD-indexet számoltam az 50-60 cm (34,5), a 60-70 cm (36,1) és a 70-80 cm (39,2) magassággal jellemezhető növényállományokban, 40,0 feletti átlagértéket a 80-90 centiméteres (42,1) és a 90-100 centiméteres (43,0) állományrészekben.

A terméseredmények a SPAD-indexhez hasonlóan, a növénymagasság növekedésével növekvő tendenciát mutattak. A növényenkénti számszám az 50 centiméternél alacsonyabb állományfoltokban volt a legkisebb, a magasság növekedésével nőtt és a 100-110 cm magasságú növényállományokban volt a legnagyobb. A 70 centiméternél alacsonyabb állományokban nem termékenyült tövek is

előfordultak. A tövenkénti átlagos szemszám az 50 cm alatti ($1 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$) valamint az 50-60 cm közötti ($5 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$) növények esetében volt a legkisebb, és a 100-110 cm magasságú állományokban a legnagyobb ($286 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$). Az állományfoltok átlagos szemtermése $200 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$ alatt maradt a 60-70 centiméteres ($67 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a 70-80 centiméteres ($111 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$), és $200 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$ felett alakult a 80-90 cm ($213 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a 90-100 cm ($217 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$) magasságú állományrészekben.

Az átlagos termés az 50 centiméternél alacsonyabb ($0,2 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1} - 0,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) és az 50-60 cm közötti ($1,4 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1} - 0,08 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) állományfoltokban volt a legalacsonyabb, és a 100-110 cm magasságú növényállományokban ($79,4 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1} - 4,76 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a legmagasabb. Az átlagtermés $50 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1}$ felett alakult a 80-90 cm ($56,8 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1} - 3,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) és a 90-100 cm magasságú ($53,8 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1} - 3,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), $50 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1}$ alatt a 70-80 cm ($31,1 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1} - 1,86 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) és a 60-70 cm ($15,3 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1} - 0,92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) magassággal jellemezhető állományrészekben (20. ábra).

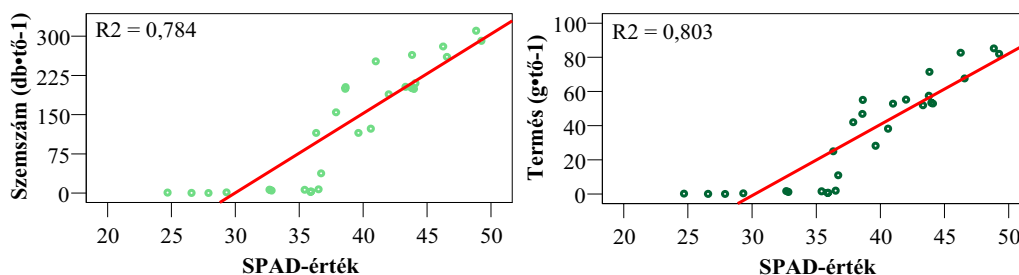


20. ábra. Az átlagos SPAD-érték, az átlagos szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és az átlagos termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) a különböző növénymagasság-kategóriákban

A terméseredményeket és a SPAD-adatok közötti lehetséges összefüggéseket grafikonon ábrázolva arra a következtetésre jutottam, hogy a SPAD-index és a növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$), valamint a SPAD-érték és a termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) között szoros pozitív összefüggés van, vagyis a SPAD-index növekedésével javul a növényenkénti szemszám és a grammban kifejezett tövenkénti termés (21. ábra).

Az összefüggések létezését a szakirodalomra alapozva (Turner és Jund, 1991; Montemurro et al., 2006) regresszió-analízissel vizsgáltam.

A SPAD-adatok és a növényenként mért szemszám közötti regresszió értékelésével $R = 0,885$ korrelációs koefficienssel és $R^2 = 0,784$ determinációs együtthatóval jellemezhető összefüggést kaptam (13. táblázat).



21. ábra. A SPAD-érték összefüggése a növényenkénti szemszámmal ($\text{db}\cdot\text{tö}^{-1}$) és a terméssel ($\text{g}\cdot\text{tö}^{-1}$)

Az eredmények alapján az összefüggés erős ($R = 0,885$), a kukoricatövenkénti szemszám 78,4 százalékban függ a SPAD-indextől ($R^2 = 0,784$), valamint a becslés $52,8$ szemszám $\text{db}\cdot\text{tö}^{-1}$ hibával végezhető a SPAD-érték alapján. A maradékértékek és a becült értékek szórása szignifikánsan különbözik, tehát a regresszió létezik. A regressziós állandó és a regressziós koefficiens szignifikánsan különbözik a nullától, így az alábbi regressziós egyenlet írható fel: $Y = X \cdot 15,2 - 455,1$, ahol Y = a szemszám becült értéke, X = mért SPAD-érték (13. táblázat).

13. táblázat. A SPAD-érték és a növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{tö}^{-1}$) közötti összefüggés értékelése regresszió-analízissel

$R = 0,885$		$R^2 = 0,784$		$SEE = 52,8$	
	SS	df	MS	F	Szig.
Regresszió	263670,7	1	263670,7	94,428	0,000
Maradék	72599,7	26	2792,3		
Összesen	336270,4	27			
	B	SE	t	Szig.	
Regressziós állandó	-455,1	61,042	-7,455	0,000	
Regressziós koefficiens	15,2	1,563	9,717	0,000	

(R = korrelációs koefficiens, R^2 = determinációs együttható, SEE = a becslés hibája, SS = négyzetes eltérések összege, df = szabadságfokok száma, MS = variancia, F = F -próbatisztika, $Szig.$ = Szignifikancia, B = nem standardizált koefficiens, SE = standard hiba, t = t -próbatisztika)

A termés ($\text{g}\cdot\text{tö}^{-1}$) és a SPAD-index közötti összefüggés erős ($R = 0,896$). A SPAD-mérés 80,3 százalékban magyarázza a termést ($R^2 = 0,803$), valamint a termés $13,6$ $\text{g}\cdot\text{tö}^{-1}$ hibával becsülhető a SPAD-érték alapján. Az F -próbatisztikához tartozó szignifikancia-érték kisebb (0,000), mint a választott szignifikancia-szint ($\alpha = 0,05$), tehát a regresszió létezik. A regresszió-analízis során megállapított regressziós állandó és regressziós koefficiens statisztikai értelemben különbözik a nullától, vagyis létezik, így a regressziós egyenlet $Y = 4,2 \cdot X - 125,5$, ahol Y = a termés ($\text{g}\cdot\text{tö}^{-1}$) becült értéke, X = mért SPAD-érték (14. táblázat).

14. táblázat. A SPAD-érték és a termés ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) közötti összefüggés értékelése regresszió-analízissel

$R = 0,896$		$R^2 = 0,803$		$SEE = 13,6$	
	SS	df	MS	F	Szig.
Regresszió	19738,2	1	19738,2	106,19	0,000
Maradék	4833,0	26	185,9		
Összesen	24571,2	27			
	B	SE	t	Szig.	
Regressziós állandó	-125,5	15,750	-7,971	0,000	
Regressziós koefficiens	4,2	0,403	10,305	0,000	

(R = korrelációs koefficiens, R^2 = determinációs együttható, SEE = a becslés hibája, SS = négyzetes eltérések összege, df = szabadságfokok száma, MS = variancia, F = F -próbatatisztika, $Szig.$ = Szignifikancia, B = nem standardizált koefficiens, SE = standard hiba, t = t -próbatatisztika)

A termés becslésére a SPAD-érték csak adott körülmények és feltételek között alkalmazható, ugyanis a SPAD-index és a termés közötti kapcsolatot az évjárat, a genotípus és egyéb háttértényezők is befolyásolják (Lemaire et al., 2008).

Vizsgálati eredményeim igazolták, hogy a terméseredményekben jelentkező területi variabilitás SPAD-méréssel jól térképezhető, ugyanis a SPAD-index szoros összefüggésben van a kukoricaszemek számával ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) és a terméseredményekkel ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$), viszont nem alkalmas a beltenyészett kukoricavonalak várható termésének prognosztizálására, melynek oka a becslés magas hibája.

A regressziós egyenletek alapján a SPAD-értékből kiindulva növénymagasság-kategóriánként becsültem a kukoricaszemek számát, majd a becsült értékeket viszonyítva a mért értékekhez meghatároztam a becslés pontosságát. Az átlagos szemszám ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) nem volt becsülhető a 60 centiméternél alacsonyabb állományokban, mert a becslési hiba ($52,8 \text{ db}\cdot\text{t}^{-1}$) meghaladta a mért értékeket ($1-5 \text{ db}\cdot\text{t}^{-1}$). Pontos becslést (92-94%) adtam a 90 centiméternél magasabb állományfoltokra, viszont a 90 centiméternél alacsonyabb állományrészekben a becslés pontossága (60-87%) nem érte el a kívánt szintet (90-95%). Az átlagos termés ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) becslése az átlagos növényenkénti szemszám becsléséhez hasonlóan nem volt kivitelezhető a 60 cm alatti állományfoltokban, ugyanis a becslés hibája ($13,6 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$) meghaladta a mért értékeket ($0,2-1,4 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$). A 90 centiméternél magasabb állományokban kellő pontossággal (94-97%) becsültem a termést, a 80 cm alatti állományfoltokban viszont pontatlanul (29-74%) (15. táblázat).

15. táblázat. A becslés pontossága a különböző magasságú állományfoltokban

Növénymagasság	Szemszám (db·tő ⁻¹)			Termés (g·tő ⁻¹)		
	X	X _b	B _p	X	X _b	B _p
40-50 cm	1	-	-	0,2	-	-
50-60 cm	5	-	-	1,4	-	-
60-70 cm	67	94	60%	15,3	26,1	29%
70-80 cm	111	141	73%	31,1	39,1	74%
80-90 cm	213	185	87%	56,8	51,3	90%
90-100 cm	217	199	92%	53,8	55,3	97%
100-110 cm	286	270	94%	79,4	75,0	94%

(X = átlagérték, X_b = becsült érték, B_p = becslés pontossága)

4.5.3. A növényenkénti szemszám és a felvett tápelemek, valamint a termés és a tápelemfelvétel közötti összefüggések értékelése

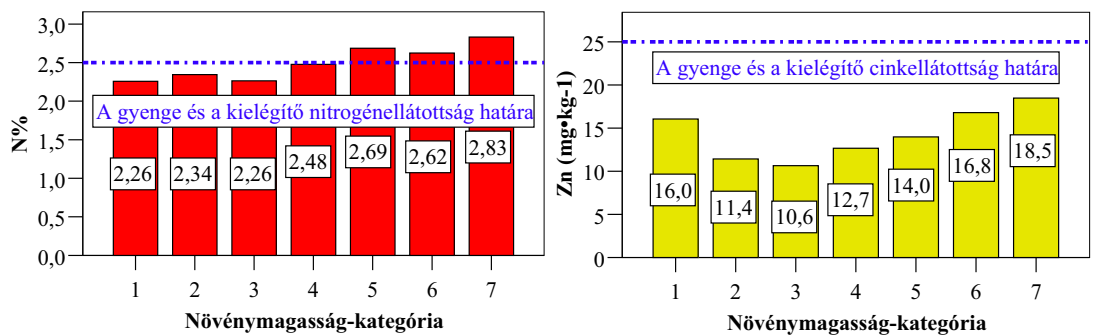
A terméseredmények és a felvett tápelemek közötti összefüggések értékelésével a vetőmag kukoricaállomány heterogenitásáért felelős tényezőket kerestem.

A levélanalízis eredményeit értékelve néhány felvett tápelem (nitrogén, cink) növénymagasság-kategóriák szerinti változásában hasonló tendenciát tapasztaltam, mint a terméseredmények és a SPAD-mérés esetében.

A felvett nitrogén mennyisége 1,94% és 2,93% között változott. A legkisebb átlagos nitrogéntartalmat (2,26-2,34%) a 70 centiméternél alacsonyabb állományfoltokban, a legmagasabbat (2,83%) a 100-110 cm magasságú növényállományokban számoltam. A mért értékek átlaga a 70 centiméternél alacsonyabb állományfoltokban a gyenge (< 2,5%), a 70 centiméternél magasabb állományokban a kielégítő (2,5-3,5%) ellátottsági kategóriába esett.

A levelek cinktartalma 5,7 és 21,1 mg·kg⁻¹ között alakult, és átlagértéke egyik növénymagasság-kategóriában sem érte el a kielégítő cinkellátottság alsó határát (25 mg·kg⁻¹). A kielégítő cinktartalomhoz viszonyítva a cinkhiány az 50-60 cm magasságú állományfoltokban (-13,6 mg·kg⁻¹), a 60-70 cm magasságkategóriában (-14,4 mg·kg⁻¹) és a 70-80 cm magasságú növényállományokban (-12,3 mg·kg⁻¹) volt a legmagasabb (22. ábra).

A foszfortartalom legkisebb mért értéke 0,36%, legmagasabb értéke 0,85% volt, átlagértéke pedig minden növénymagasság-kategóriában meghaladta a kielégítő foszforellátottság felső határát (0,35%). A felvett foszfor mennyisége legnagyobb mértékben (+0,39-0,41%) az 50 centiméternél alacsonyabb és az 50-60 centiméteres állományfoltokban haladta meg a magas foszforellátottság szintjét (0,35%).



(1 = < 50 cm, 2 = 50-60 cm, 3 = 60-70 cm, 4 = 70-80 cm, 5 = 80-90 cm, 6 = 90-100 cm, 7 = 100-110 cm)

22. ábra. A vetőmag kukorica állomány nitrogén- és cinkfelvétele a különböző magasságú állományfoltokban

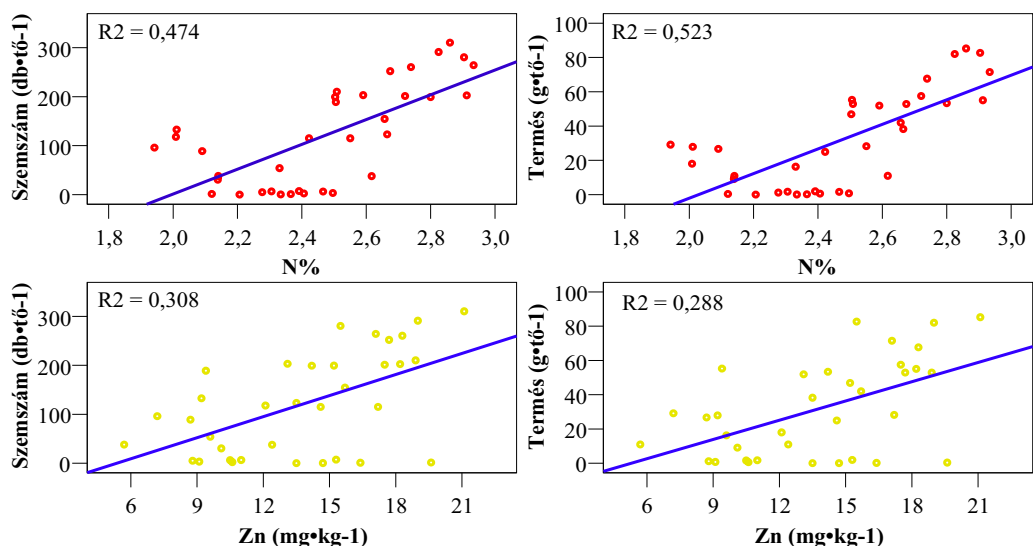
A levelek káliumtartalma 0,56% és 2,03% között alakult, átlagértéke csak az 50 centiméternél alacsonyabb állományfoltokban érte el a kielégítő ellátottság alsó határát (1,5%).

Az átlagos magnéziumfelvétel minden esetben elérte a kielégítő magnézium-ellátottság alsó határát (0,20%), a felvett kalcium mennyisége pedig a magas kalcium ellátottság szintjét (0,80%). A levelek magnéziumtartalma 0,25-0,58%, kalciumtartalma 0,50-1,47% között változott.

A mért legkisebb réztartalom 15 mg·kg⁻¹, a legnagyobb rézmennyiség 27 mg·kg⁻¹ volt. Az átlagos réztartalom minden növénymagasság-kategóriában meghaladta a kielégítő ellátottság felső határát (20 mg·kg⁻¹).

A felvett tápelemek és a terméseredmények közötti lehetséges összefüggéseket grafikonon ábrázolva megállapítottam, hogy a kukoricaszemek száma (db·tő⁻¹) és a termés (g·tő⁻¹) növénymagasság-kategóriánként történő variabilitását nagy valószínűséggel a hiányos nitrogén- és cinkfelvétel okozta. Mindkét tápelem esetében pozitív összefüggés jelentkezett, vagyis a nagyobb terméseredmény a levelek magasabb nitrogén- és cinktartalmával járt együtt (23. ábra).

A kukoricaszemek száma (db·tő⁻¹) és a felvett tápelemek közötti összefüggés vizsgálata során a főkomponens-analízis alapvetően 3 főkomponenst határozott meg. A 3 főkomponens közül a szemszám csak a kettes főkomponensben mutatott szoros összefüggést (0,909) a felvett tápelemekkel, a másik két főkomponensben az összefüggés igen gyenge (-0,298 és -0,009) volt, vagyis a kukoricaszemek száma és a felvett tápelemek közötti összefüggéseket a 2. főkomponens határozta meg (16. táblázat).



23. ábra. A levelek nitrogén- és cinktartalmának összefüggése a növényenkénti szemszámmal ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a terméssel ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$)

A főkomponens-analízis a növényenkénti szemszám (0,909), a levelek nitrogéntartalma (0,839) és a levelek cinktartalma (0,818) között szoros összefüggést igazolt. A kálium gyenge (0,314), a többi felvett tápelem pedig igen gyenge (0,034-0,131) összefüggést adott a tövenkénti szemszámmal, a nitrogéntartalommal és a cinktartalommal. A főkomponens súlyokból következően a kukoricaszemek számában jelentkező heterogenitás fő oka az elégtelen nitrogén- és cinkfelvétel volt (16. táblázat).

16. táblázat. A szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a felvett tápelemek közötti összefüggések a főkomponens súlyok alapján

A vizsgált változók	Főkomponensek		
	1	2	3
N%	0,221	0,839	0,294
P%	0,917	-0,054	0,272
K%	0,874	0,314	0,085
Mg%	0,026	0,113	0,960
Ca%	-0,719	0,034	0,623
Cu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,485	0,131	0,718
Zn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,335	0,818	0,027
Szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$)	-0,298	0,909	-0,009

A termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a felvett tápelemek közötti összefüggés vizsgálata során főkomponens-analízis alkalmazásával 3 főkomponenst határoztam meg. A termés az 1. és a 3. főkomponensben alacsony (-0,280 és 0,012), a 2. főkomponensben magas (0,913) főkomponens súllyal szerepelt, vagyis a termés és a tápelemek közötti

összefüggéseket a második főkomponens mutatja. A főkomponens súlyok alapján a termés (0,913) a levelek nitrogéntartalmával (0,852) és cinktartalmával (0,804) szoros, a káliummal gyenge (0,319) a többi tápelemmel pedig igen gyenge (0,035-0,139) összefüggést adott. A főkomponens súlyokból következően a termésben jelentkező heterogenitás fő oka szintén az elégtelen nitrogén- és cinkfelvétel volt (17. táblázat).

A termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$), a növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a felvett tápelemek összefüggéseinek vizsgálatával igazoltam, hogy a vetőmag kukoricaállomány heterogenitása alapvetően az elégtelen nitrogén- és cinkfelvételtől adódott, amit kis mértékben a hiányos káliumfelvétel is befolyásolt.

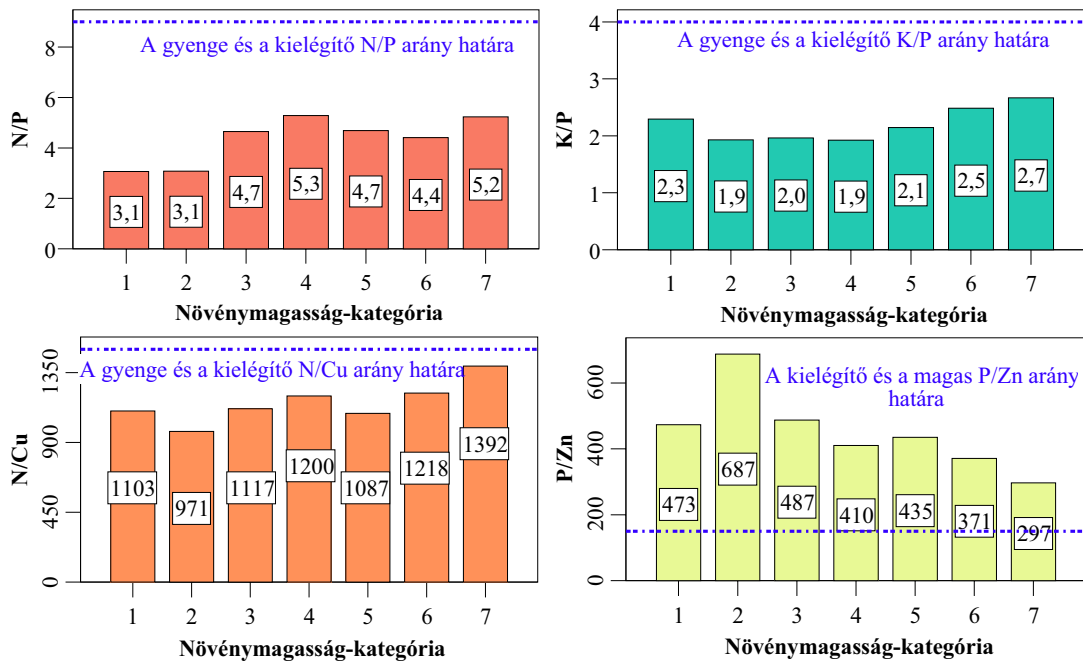
17. táblázat. A termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a felvett tápelemek közötti összefüggések a főkomponens súlyok alapján

A vizsgált változók	Főkomponensek		
	1	2	3
N%	0,216	0,852	0,284
P%	0,918	-0,053	0,272
K%	0,872	<i>0,319</i>	0,081
Mg%	0,027	0,118	0,959
Ca%	-0,717	0,035	0,624
Cu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,485	0,139	0,716
Zn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,339	0,804	0,023
Termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$)	-0,280	0,913	0,012

4.5.4. A növényenkénti szemszám valamint a termés, és a felvett tápelemek arányai közötti összefüggések értékelése

A tápelemarányok értékelése során néhány esetben (N/P, N/Cu, P/Zn, K/P) az arányok növénymagasság szerinti változását tapasztaltam, ami a fent említett tápelemarányok növénymagasság növekedésével párhuzamos javuló tendenciájában nyilvánult meg. A N/P, N/Cu és a K/P arány egyik növénymagasság-kategóriában sem érte el a kielégítő szint alsó határát, a P/Zn aránya viszont minden esetben többszörösen (3-7 szerez) meghaladta a magas P/Zn arány szintjét (24. ábra).

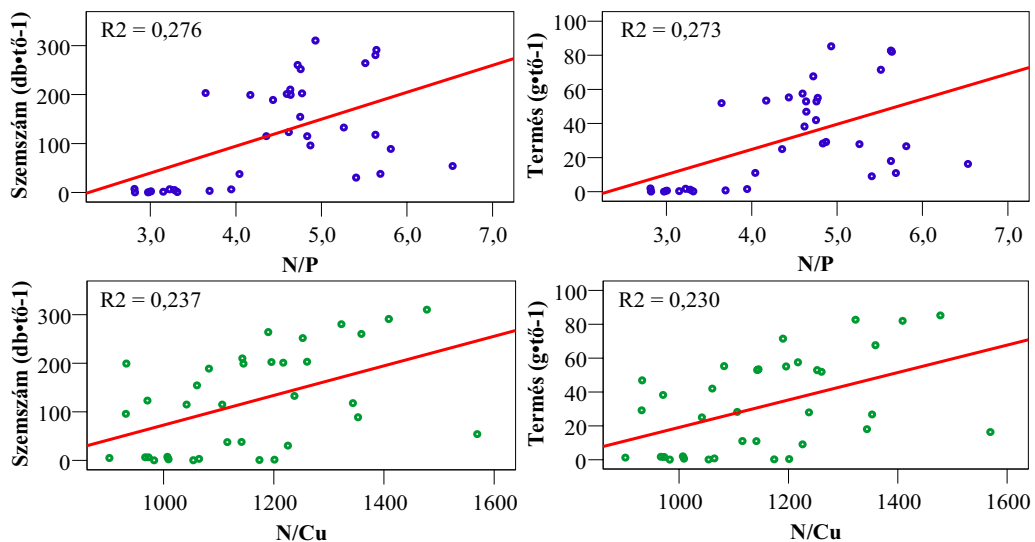
A N/P arány 1,7-2,9-szer, a N/Cu arány 1,1-1,5-szer, a K/P arány 2,2-3,1-szer alacsonyabb volt mint a kielégítő szint alsó határa.



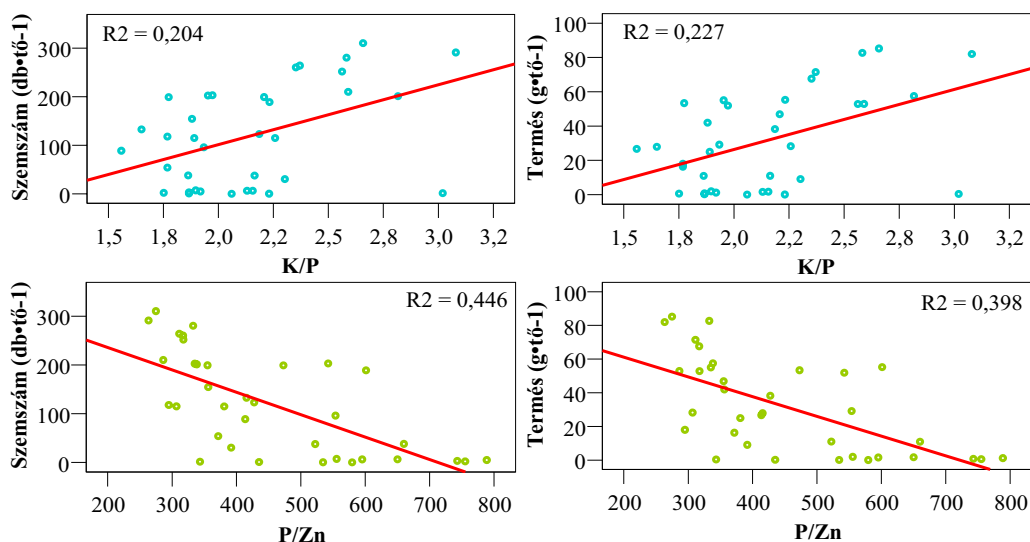
(1 = < 50 cm, 2 = 50-60 cm, 3 = 60-70 cm, 4 = 70-80 cm, 5 = 80-90 cm, 6 = 90-100 cm, 7 = 100-110 cm)

24. ábra. A levelek N/P, N/Cu, P/Zn és K/P arányának alakulása a különböző magasságú állományfoltokban

A tápelemarányok és a terméseredmények közötti lehetséges összefüggéseket grafikonon ábrázoltam. A növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) és a termés ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) a N/P, N/Cu, K/P tápelemarányokkal pozitív, a P/Zn aránnyal negatív összefüggést adott (25. és 26. ábra).



25. ábra. A levelek N/P és N/Cu arányának összefüggése a növényenkénti szemszámmal ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) és a termékkel ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$)



26. ábra. A levelek K/P és P/Zn arányának összefüggése a növényenkénti szemszámmal ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a terméssel ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$)

A többi vizsgált tápelemarány növénymagasság-kategóriánként történő változása nem mutatott összefüggést a növénymagassággal. Magas ($1,7 <$) volt a N/K arány a 60 centiméternél magasabb, kielégítő (1,3-1,7) a 60 cm alatti állományfoltokban. A K/Ca arány minden esetben gyengének ($<3,0$), a K/Mg arány a 90-100 cm növénymagasság-kategóriában kielégítőnek (4,0-8,0), a többi magasság-kategóriában gyengének ($< 4,0$) minősült. A P/Cu arány minden esetben elérte a kielégítő szintet (200-500).

Főkomponens-analízis alkalmazásával két főkomponensben írtam le a kukoricaszemek száma ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a tápelemarányok közötti összefüggésrendszert (18. táblázat).

18. táblázat. A kukoricaszemek száma ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a felvett tápelemek arányai közötti összefüggések a főkomponens súlyok alapján

A vizsgált változók	Főkomponensek	
	1	2
N/P	-0,645	0,716
K/P	0,649	0,601
N/K	-0,907	0,233
K/Ca	0,939	-0,009
K/Mg	0,924	0,145
P/Zn	0,031	-0,875
P/Cu	0,706	-0,365
N/Cu	-0,122	0,753
Szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$)	-0,002	0,836

A tövenkénti szemszám (db) az 1. főkomponensben igen gyenge (-0,002) a 2. főkomponensben szoros (0,836) összefüggést mutatott a növények által felvett tápelemek arányaival. A főkomponens súlyok alapján a növényenkénti szemszám (0,836) a P/Zn (-0,875), a N/Cu (0,753) és a N/P (0,716) arányokkal erős, a K/P aránnyal (0,601) közepes összefüggést adott. A szemszám és a felvett tápelemek közötti összefüggésrendszert a P/Cu arány gyenge (-0,365), a többi tápelemarány igen gyenge (0,009-0,233) mértékben befolyásolta (18. táblázat).

A termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a növények által felvett tápelemek arányai között a főkomponens-analízis két főkomponenst mutatott ki. A termés az 1. főkomponensben alacsony (0,011), a 2. főkomponensben magas főkomponens súllyal (0,831) szerepelt, vagyis a termés és a felvett tápelemek közötti összefüggésrendszert a 2. főkomponens írta le. A főkomponens súlyok alapján a termés (0,831) szoros összefüggést adott a P/Zn (-0,866), a N/Cu (0,752) és a N/P (0,716) arányokkal, valamint közepes összefüggést a K/P (0,611) aránnyal. A P/Cu arány a termés és a felvett tápelemek közötti összefüggéseket gyenge (-0,365), a többi tápelemarány igen gyenge (0,001-0,226) mértékben befolyásolta (19. táblázat).

19. táblázat. A termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a felvett tápelemek arányai közötti összefüggések a főkomponens súlyok alapján

A vizsgált változók	Főkomponensek	
	1	2
N/P	-0,650	0,716
K/P	0,646	0,611
N/K	-0,909	0,226
K/Ca	0,939	-0,001
K/Mg	0,923	0,149
P/Zn	0,038	-0,866
P/Cu	0,707	-0,365
N/Cu	-0,128	0,752
Termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$)	0,011	0,831

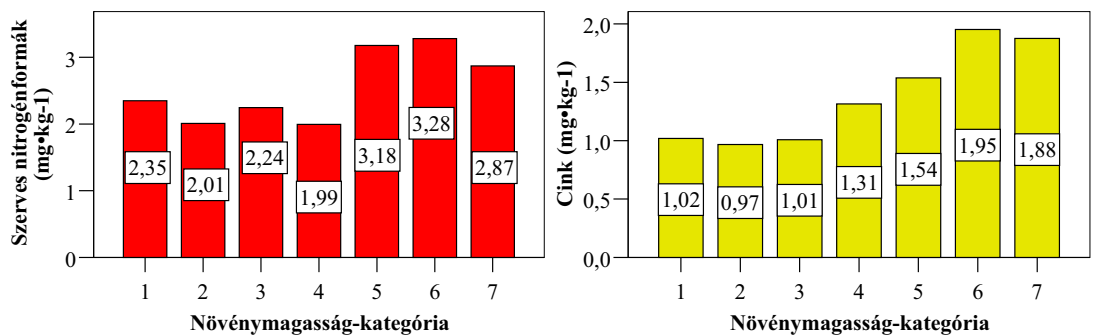
Az összefüggés-vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy a vetőmag kukoricaállomány heterogenitását alapvetően az elégtelen nitrogén- és cinkfelvétel okozta, de szerepet játszottak benne az alacsony cink- és nitrogénfelvételtől valamint a magas foszfor- és rézfelvételtől adódó kedvezőtlen tápelemarányok (P/Zn, N/P, N/Cu)

is. Közepes mértékben az alacsony káliumfelvételtől és a magas foszforfelvételtől következő kedvezőtlen (alacsony) K/P arány is hozzájárult a heterogenitáshoz.

4.5.5. A növényenkénti szemszám valamint a termés, és a talaj 0-30 centiméteres rétegéből vett minták talajvizsgálati eredményei közötti összefüggések értékelése

A talajvizsgálati eredmények értékelése során a cinktartalom és a könnyen mineralizálható (CaCl_2 -oldható) szerves nitrogénformák mennyisége növénymagasság-kategóriák szerinti változásában hasonló tendenciát tapasztaltam mint a terméseredmények és a SPAD-index esetében.

A CaCl_2 -oldható szerves nitrogénformák mennyisége 1,27 és 3,57 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között változott. Átlagos mennyisége a 80 cm alatti állományfoltokban 1,99-2,35 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a 80 centiméternél magasabb növényállományokban 2,87-3,28 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között alakult. A talaj felső 30 centiméteres rétegében mért legkisebb cinktartalom 0,80 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a legmagasabb mért érték 2,42 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt. Átlagos mennyisége a 70 centiméternél kisebb állományfoltokban volt a legkisebb (0,97-1,02 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és a 90 centiméternél magasabb növényállományokban a legmagasabb (1,88-1,95 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (27. ábra).



(1 = < 50 cm, 2 = 50-60 cm, 3 = 60-70 cm, 4 = 70-80 cm, 5 = 80-90 cm, 6 = 90-100 cm, 7 = 100-110 cm)

27. ábra. A talaj 0-30 centiméteres rétegében mért szerves nitrogénformák mennyisége ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és a cinktartalom ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a különböző magasságú állományfoltokban

A mintaterületen mért $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ értékek 7,1 és 7,6 között változtak, a növénymagasság-kategóriánként átlagolt értékek pedig minden esetben a gyengén lúgos tartományba (7,2-8,5) estek.

Az ammóniumionok mennyisége 0,20-1,54 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a nitráttartalom 3,2-20,7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a könnyen oldható szerves nitrogénformák mennyisége 1,27-3,57 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között változott. *Jászberényi et al.* (1994) mészlepedékes csernozjom talajon mérték a szerves és a szerves nitrogénformák mennyiségét. Az általam vizsgált karbonátos réti csernozjom talajban az ásványosodott nitrogénformák mennyisége (3,9-21,1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

közel hasonlóan alakult, mint a *Jászberényi et al.* (1994) által mért értékek (9,0-21,8 mg·kg⁻¹), a CaCl₂-oldható szerves nitrogénformák mennyisége (1,27-3,57 mg·kg⁻¹) viszont jelentősen elmaradt a mészlepedékes csernozjom talajon mért értékektől (7,6-8,1 mg·kg⁻¹, *Jászberényi et al.*, 1994).

Az AL-oldható foszfor legkisebb mért mennyisége 74 mg·kg⁻¹, legnagyobb mért értéke 373 mg·kg⁻¹ volt. A talaj foszforellátottsága az 50 cm alatti és a 70-80 cm és a 100-110 cm közötti állományfoltokban a jó (241-300 mg·kg⁻¹), a 60-70 és 80-110 cm közötti növényállományokban a megfelelő (201-240 mg·kg⁻¹), az 50-60 cm növénymagasság-kategóriában a gyenge (121-160 mg·kg⁻¹) ellátottsági-kategóriába került.

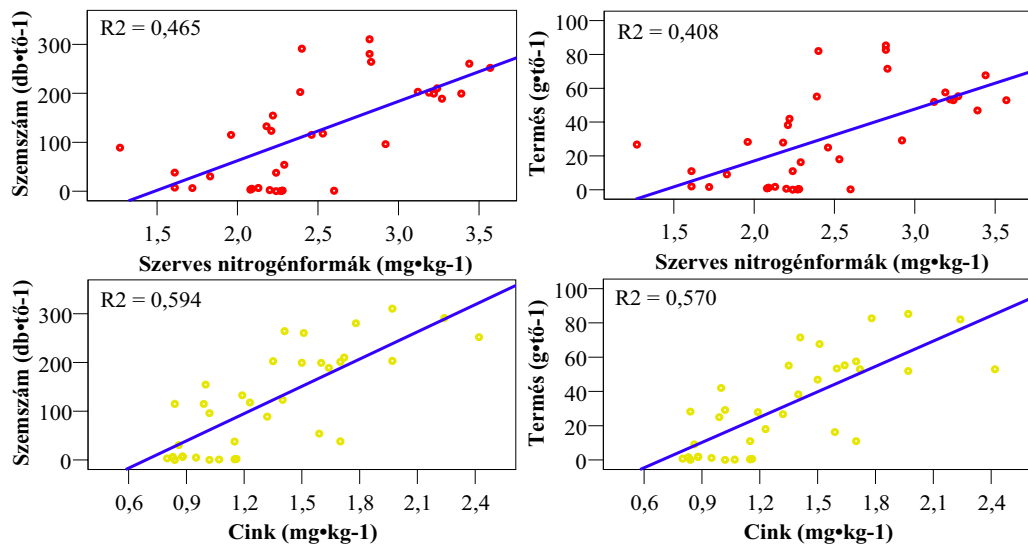
Az AL-oldható kálium mennyisége 155-409 mg·kg⁻¹ között alakult. A talaj átlagos káliumtartalma az 50-60 cm magasság-kategóriában gyengének (201-250 mg·kg⁻¹), a 60-90 centiméteres állományfoltokban közepesnek (251-300 mg·kg⁻¹), a 90-100 cm és 100-110 cm növénymagasság-kategóriában pedig jónak (341-380 mg·kg⁻¹) minősült.

A kalciumtartalom 5,0-38,9 g·kg⁻¹, a magnéziumtartalom 0,31-0,55 g·kg⁻¹ között változott. A rézellátottságot a 3,66 és 6,91 mg·kg⁻¹, a cinktartalmat a 0,80 és 2,42 mg·kg⁻¹ szélsőértékek jellemezték. Az átlagos réztartalom a 80-90 cm magasságú állományfoltok kivételével minden növénymagasság-kategóriában elérte a kielégítő ellátottság szintjét (4,6 mg·kg⁻¹), a cinktartalom viszont minden esetben gyenge volt (< 4,3 mg·kg⁻¹).

A talajvizsgálati eredmények és a terméseredmények közötti lehetséges összefüggéseket grafikonon ábrázolva megállapítottam, hogy a növényenkénti szemszám (db·tő⁻¹) és a termés (g·tő⁻¹) növénymagasság-kategóriánként történő variabilitását nagy valószínűséggel a talaj cinktartalmában és a szerves nitrogénformák mennyiségi eloszlásában jelentkező heterogenitás okozta. Mindkét esetben pozitív összefüggés jelentkezett, vagyis a talaj magasabb cinktartalma és a könnyen mineralizálható szerves nitrogénformák nagyobb mennyisége a szemszám és terméseredmény növekedésével járt együtt (28. ábra).

A kukoricaszemek száma (db·tő⁻¹) és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggés vizsgálata során főkomponens-analízis alkalmazásával 3 főkomponenst határoztam meg. A szemszám az 1. és a 3. főkomponensben alacsony (0,072 és 0,155), a 2. főkomponensben magas (0,900) főkomponens súllyal szerepelt, így a termés és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggésrendszert a második főkomponens mutatta. A főkomponens-analízis a szemszám (db·tő⁻¹) (0,900), a talaj cinktartalma

(0,870) és a szerves nitrogénformák mennyisége (0,830) között erős összefüggést igazolt, amit a kálium (0,399) és a $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (-0,470) gyenge, a többi tápelem pedig igen gyenge (0,022-0,125) mértékben befolyásolt. A főkomponens súlyokból következően a kukoricaszemek számában jelentkező heterogenitás fő oka a talaj cinktartalmának és a szerves nitrogénformák mennyiségének egyenetlen térbeli eloszlása volt (20. táblázat).



28. ábra. A 0-30 centiméteres talajrétegben mért szerves nitrogénformák ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és a cinktartalom ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) összefüggése a szemszámmal ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) és a terméssel ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$)

20. táblázat. A növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) és a 0-30 centiméteres talajréteg talajvizsgálatai eredményei közötti összefüggések a főkomponens súlyok alapján

A vizsgált változók	Főkomponensek		
	1	2	3
$\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$	0,614	-0,470	0,187
Szervetlen nitrogénformák ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,655	-0,022	0,402
Szerves nitrogénformák ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,096	0,830	0,046
AL-oldható foszfor ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,030	0,125	0,867
AL-oldható kálium ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,473	0,399	0,648
Magnézium ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,839	0,043	-0,195
Kalcium ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,914	0,031	-0,174
Réz ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,909	-0,024	0,151
Cink ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,175	0,870	0,177
Szemszám ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$)	0,072	0,900	0,155

A termés ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) és a talajvizsgálatai eredmények összefüggés-vizsgálata 3 főkomponenst eredményezett. A terméseredményekben jelentkező heterogenitás okait a 2. főkomponens mutatta, ugyanis a másik két főkomponensben a termés alacsony főkomponens súllyal (0,041 és 0,159) szerepelt. A főkomponens súlyok alapján a

termés (0,883) a talaj cinktartalmával (0,872) és a könnyen mineralizálható szerves nitrogénformák mennyiségével (0,820) szoros, a káliummal (0,391) és a $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -val (-0,478) gyenge, a többi tápelemmel pedig igen gyenge (0,010-0,141) összefüggést adott. A főkomponens súlyokból következően a termés heterogenitását alapvetően a talaj cinktartalmában és a szerves nitrogénformák mennyiségében jelentkező heterogenitás eredményezte (21. táblázat).

21. táblázat. A termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a 0-30 centiméteres talajréteg talajvizsgálóati eredményei közötti összefüggések a főkomponens súlyok alapján

A vizsgált változók	Főkomponensek		
	1	2	3
$\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$	0,608	-0,478	0,191
Szervetlen nitrogénformák ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,649	-0,047	0,411
Szerves nitrogénformák ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,102	0,820	0,051
AL-oldható foszfor ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,033	0,141	0,863
AL-oldható kálium ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,476	0,391	0,647
Magnézium ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,843	0,043	-0,190
Kalcium ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,917	0,035	-0,169
Réz ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,909	-0,010	0,143
Cink ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,168	0,872	0,177
Termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$)	0,041	0,883	0,159

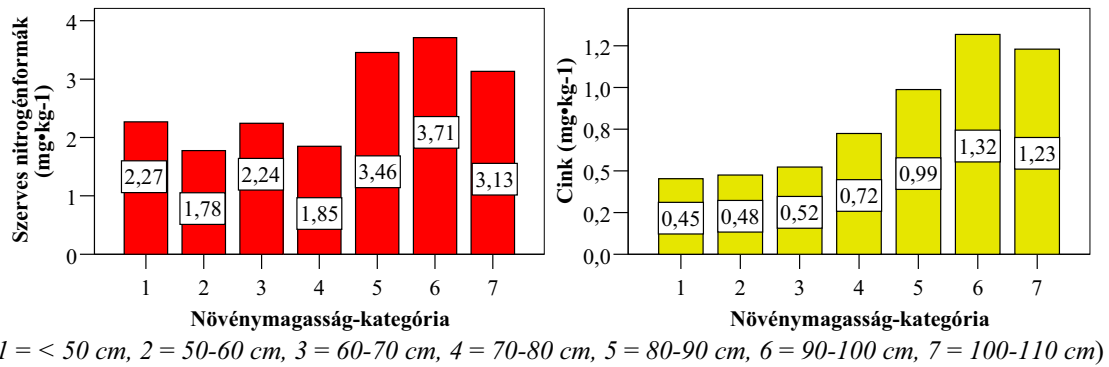
A termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$), valamint a 0-30 centiméteres talajréteg talajvizsgálóati eredményei közötti összefüggések vizsgálatával megállapítottam, hogy a vetőmag kukoricaállomány heterogenitása a talaj alacsony cinktartalmából és a CaCl_2 -oldható szerves nitrogénformák alacsony mennyiségéből, valamint azok egyenetlen területi eloszlásából adódott, amit kis mértékben a $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ és a talaj káliumtartalma is befolyásolt.

4.5.6. A növényenkénti szemszám valamint a termés, és a talaj 30-60 centiméteres rétegből vett minták talajvizsgálóati eredményei közötti összefüggések értékelése

A 30-60 centiméteres talajrétegben a cinktartalom és a könnyen mineralizálható (CaCl_2 -oldható) szerves nitrogénformák mennyisége a növénymagasság növekedésével növekvő tendenciát mutatott.

A CaCl_2 -oldható szerves nitrogénformák mennyisége 0,72 és 4,13 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között változott. Átlagos mennyisége a 80 cm alatti állományfoltokban 1,78-2,27 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a 80 centiméternél magasabb növényállományokban 3,13-3,71 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között alakult. A

mért legkisebb cinktartalom $0,16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a legmagasabb mért cinkmennyiség $1,76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt. A cink átlagos mennyisége a 70 centiméternél kisebb állományfoltokban volt a legkisebb ($0,45\text{-}0,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és a 90 centiméternél magasabb növényállományokban a legmagasabb ($1,23\text{-}1,32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (29. ábra).



29. ábra. A talaj 30-60 cm-es rétegében mért szerves nitrogénformák mennyisége ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és a cinktartalom ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a különböző magasságú állományfoltokban

A 30-60 centiméteres talajrétegben mért legkisebb $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ 7,2, a legmagasabb 7,7 volt. A növénymagasság-kategóriánként meghatározott átlagértékek minden esetben a gyengén lúgos tartományba estek (7,2-8,5).

A szerves nitrogénformák mennyisége $3,1\text{-}33,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ között változott, ebből az ammóniumionok mennyisége $0,00\text{-}1,24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a nitrát mennyisége $3,0\text{-}33,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt. A szerves nitrogénformák mennyisége hasonlóképpen alakult ($0,72\text{-}4,13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), mint a talaj felső 30 centiméteres rétegében ($1,27\text{-}3,57 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Az AL-oldható foszfor mennyisége alacsonyabb volt ($52\text{-}305 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), mint a 0-30 centiméteres talajrétegben ($74\text{-}373 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). A talaj átlagos foszforellátottsága az 50-60 cm magasságú állományfoltokban $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a 70-80 cm és a 90-100 cm magasságú növényállományokban $113\text{-}118 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a többi növénymagasság-kategóriában $85\text{-}107 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt.

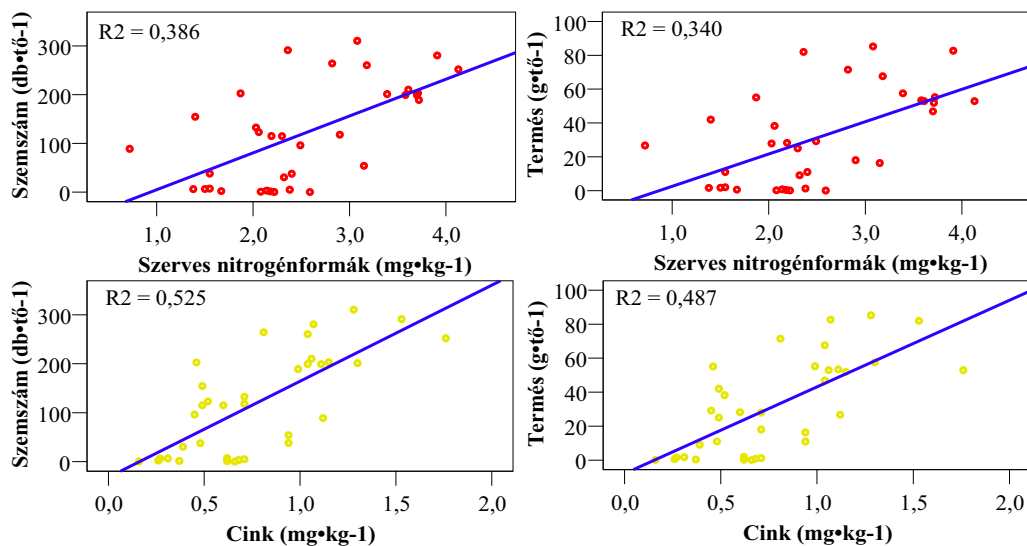
A foszfortartalomhoz hasonlóan az AL-oldható káliumtartalom is alacsonyabb volt a 30-60 centiméteres talajrétegben ($138\text{-}314 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), mint a talaj felső 30 centiméteres rétegében ($155\text{-}409 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). A 60-90 cm magasságú növényállományok átlagos káliumtartalma $166\text{-}198 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, az 50 cm alatti és a 90-100 centiméteres állományfoltoké $206\text{-}239 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, az 50-60 cm és a 100-110 cm magas állományoké $252\text{-}264 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt.

A káliumtartalom $4,7\text{-}71,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a magnéziumtartalom $0,30\text{-}1,15 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ között alakult. A különböző növénymagasság-kategóriákban a kalcium átlagos mennyisége

9,0-25,3 g·kg⁻¹, a magnézium átlagos mennyisége 0,05-0,25 g·kg⁻¹ értékkel volt magasabb, mint a talaj 0-30 centiméteres rétegében.

A rézellátottságot az 1,92 és 5,91 mg·kg⁻¹, a cinktartalmat a 0,16 és 1,76 mg·kg⁻¹ szélsőértékek jellemezték. A növénymagasság-kategóriánként átlagolt réztartalom 2,54 és 5,05 mg·kg⁻¹ között, a cinktartalom pedig 0,45 és 1,32 mg·kg⁻¹ között változott.

A talajvizsgálati eredmények és a terméseredmények közötti lehetséges összefüggéseket grafikonon ábrázoltam. Az összefüggés-garifikonok a növényenkénti szemszám (db·tő⁻¹) és a termés (g·tő⁻¹) pozitív korrelációját mutatták a CaCl₂-oldható szerves nitrogénformák mennyiségével és a cinktartalommal (30. ábra), így valószínűsíthető, hogy a szemszám és a termés variabilitása a talajban lévő szerves nitrogénformák mennyiségével és a cinktartalommal volt összefüggésben.



30. ábra. A 30-60 cm-es talajrétegben mért szerves nitrogénformák (mg·kg⁻¹) és a cinktartalom (mg·kg⁻¹) összefüggése a szemszámmal (db·tő⁻¹) és a terméssel (g·tő⁻¹)

A főkomponens-analízis három főkomponensben adta meg a növényenkénti szemszám (db·tő⁻¹) és a 30-60 centiméteres talajréteg talajvizsgálati eredményei közötti összefüggéseket. A tővenkénti szemszám (db) az 1. és 3. főkomponensben igen gyenge (-0,182 és -0,158), a 2. főkomponensben szoros (0,869) összefüggést mutatott a talajvizsgálati eredményekkel. A főkomponens súlyok alapján a kukoricaszemek száma (0,869) a cinktartalommal (0,868) és a szerves nitrogénformák mennyiségével (0,813) szoros összefüggést adott. Az összefüggésrendszert a szerves nitrogénformák gyenge (0,325), a többi talajparaméter igen gyenge (0,120-0,290) mértékben befolyásolta (22. táblázat).

22. táblázat. A növényenkénti szemszám (db·tő⁻¹) és a 30-60 centiméteres talajréteg talajvizsgálatai eredményei közötti összefüggések a főkomponens súlyok alapján

A vizsgált változók	Főkomponensek		
	1	2	3
pH _(H₂O)	0,767	-0,290	0,178
Szervetlen nitrogénformák (mg·kg ⁻¹)	0,441	0,325	-0,162
Szerves nitrogénformák (mg·kg ⁻¹)	-0,134	0,813	-0,055
AL-oldható foszfor (mg·kg ⁻¹)	0,107	-0,120	0,926
AL-oldható kálium (mg·kg ⁻¹)	-0,597	0,139	0,735
Magnézium (g·kg ⁻¹)	0,844	-0,264	0,132
Kalcium (g·kg ⁻¹)	0,953	-0,149	-0,100
Réz (mg·kg ⁻¹)	-0,883	0,141	0,341
Cink (mg·kg ⁻¹)	-0,174	0,868	0,182
Szemszám (db·tő ⁻¹)	-0,182	0,869	-0,158

A termés (g·tő⁻¹) és a 30-60 centiméteres talajréteg talajvizsgálatai eredményei közötti összefüggések vizsgálata során 3 főkomponenst kaptam. A termés az 1. és a 3. főkomponensben alacsony (-0,199 és -0,171), a 2. főkomponensben magas (0,835) főkomponens súllyal szerepelt, tehát a termés és a tápelemek közötti összefüggésrendszert a második főkomponens írta le. A főkomponens-analízis a termés (0,835), a talaj cinktartalma (0,877) és a szerves nitrogénformák mennyisége (0,817) között erős, a termés és a többi tápelem között pedig igen gyenge (0,129-0,291) összefüggést igazolt. A főkomponens súlyokból következően a termésben jelentkező heterogenitás fő oka a talaj cinktartalmának és a szerves nitrogénformák mennyiségének egyenetlen eloszlása volt (23. táblázat).

23. táblázat. A termés (g·tő⁻¹) és a 30-60 centiméteres talajréteg talajvizsgálatai eredményei közötti összefüggések a főkomponens súlyok alapján

A vizsgált változók	Főkomponensek		
	1	2	3
pH _(H₂O)	0,764	-0,291	0,183
Szervetlen nitrogénformák (mg·kg ⁻¹)	0,441	0,287	-0,158
Szerves nitrogénformák (mg·kg ⁻¹)	-0,115	0,817	-0,056
AL-oldható foszfor (mg·kg ⁻¹)	0,098	-0,129	0,927
AL-oldható kálium (mg·kg ⁻¹)	-0,598	0,153	0,731
Magnézium (g·kg ⁻¹)	0,840	-0,269	0,134
Kalcium (g·kg ⁻¹)	0,951	-0,162	-0,096
Réz (mg·kg ⁻¹)	-0,880	0,163	0,336
Cink (mg·kg ⁻¹)	-0,156	0,877	0,179
Termés (g·tő ⁻¹)	-0,199	0,835	-0,171

A termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$), valamint a 30-60 centiméteres talajréteg talajvizsgálati eredményei közötti összefüggések vizsgálatával megállapítottam, hogy a vetőmag kukoricaállomány heterogenitását a talaj szerves nitrogénformáinak és cinktartalmának egyenetlen térbeli eloszlása eredményezte.

4.5.7. A SPAD-érték és a felvett nitrogén közötti összefüggés értékelése

Számos kísérletben igazolták, hogy a SPAD-index szoros összefüggésben van a levelek klorofill-koncentrációjával (*Ommen et al.*, 1999; *Cartelat et al.*, 2005), nitrogéntartalmával (*Chapman és Barreto*, 1997; *Lopez-Bellido et al.*, 2004) és a terméssel (*Turner és Jund*, 1991; *Montemurro et al.*, 2006), így a SPAD-mérés alkalmas a növények nitrogénellátottságának és a szükséges nitrogénműtrágya dózisok meghatározására (*Lemaire et al.*, 2008). A nitrogénstressz a levelek klorofilltartalmában jól kifejeződik (*Evans*, 1989; *Yoder és Pettigrew-Crosby*, 1995), de nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy a levelek klorofill-koncentrációja alapvetően a növények fiziológiai állapotáról szolgáltat információt, mivel a különböző természetes és antropogén stressz-tényezők hatással vannak a klorofill mennyiségére (*Carter*, 1994).

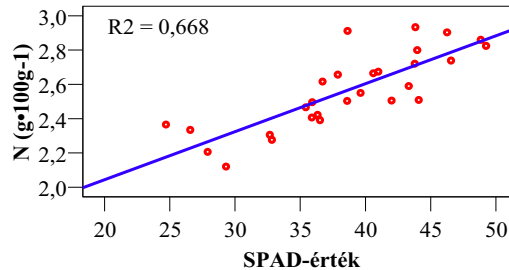
A SPAD-index vizsgálatok során arra a kérdésre kerestem választ, hogy elegendő-e a SPAD-értékből kiindulva kalkulálni a növény nitrogénellátottságát és a nitrogén deficitet, a SPAD-mérést befolyásoló egyéb háttérváltozók vizsgálata nélkül.

A szakirodalom a levelek nitrogénellátottsága és a SPAD-index közötti összefüggés vizsgálatára egytényezős regresszió-analízist alkalmaz (*Chapman és Barreto*, 1997; *Feibo et al.*, 1998; *Lopez-Bellido et al.*, 2004), ezért első lépésben regressziós egyenlettel írtam le a legfejlettebb levelek átlagos SPAD-értéke és a cső alatti levelek nitrogéntartalma közötti összefüggést.

A SPAD-mérések és a levélanalízis eredményeinek összefüggés-grafikonjai közül pozitív korrelációt mutatott a SPAD-index és a levél nitrogéntartalma közötti összefüggést ábrázoló grafikon, mely alapján a legfejlettebb levelek magasabb SPAD-értéke mellett a cső alatti levelek jobb nitrogénellátottsága feltételezhető (*31. ábra*). A továbbiakban az összefüggés létezését regresszió-analízissel vizsgáltam.

A levél nitrogéntartalma és a SPAD-index közötti összefüggés erős ($R = 0,817$). A legfejlettebb levelek átlagos SPAD-értéke 66,8 százalékban magyarázza a cső alatti levelek nitrogéntartalmát ($R^2 = 0,668$), valamint a levél nitrogéntartalma $0,13 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ hibával becsülhető a SPAD-mérés alapján. Az F-próbastatisztikához tartozó szignifikancia-érték kisebb (0,000), mint a választott szignifikancia-szint ($\alpha = 0,05$),

tehát a regresszió létezik. A regresszió-analízis során megállapított regressziós állandó és regressziós koefficiens statisztikai értelemben különbözik a nullától, így a regressziós egyenlet $Y = 1,485 + 0,028 \cdot X$, ahol Y = a nitrogéntartalom becsült értéke, X = mért SPAD-érték (24. táblázat).



31. ábra. A SPAD-érték és a levelek nitrogéntartalma közötti összefüggés

24. táblázat. A SPAD-érték és a nitrogéntartalom ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) közötti összefüggés értékelése regresszió-analízissel

$R = 0,817$		$R^2 = 0,668$		$SEE = 0,13$	
	SS	df	MS	F	Szig.
Regresszió	0,895	1	0,895	52,369	0,000
Maradék	0,444	26	0,017		
Összesen	1,339	27			
	B	SE	t	Szig.	
Regressziós állandó	1,485	0,151	9,833	0,000	
Regressziós koefficiens	0,028	0,004	7,237	0,000	

(R = korrelációs koefficiens, R^2 = determinációs együttható, SEE = a becslés hibája, SS = négyzetes eltérések összege, df = szabadságfokok száma, MS = variancia, F = F -próbatatisztika, $Szig.$ = Szignifikancia, B = nem standardizált koefficiens, SE = standard hiba, t = t -próbatatisztika)

A regressziós egyenlet alapján a SPAD-értékből kiindulva növénymagasság-kategóriánként becsültem a csó alatti levelek átlagos nitrogéntartalmát, majd a becsült értékeket viszonyítva a mért értékekhez meghatároztam a becslés pontosságát. A termésbecsléssel ellentétben a levelek átlagos nitrogéntartalmának becslési pontossága minden növénymagasság-kategóriában magas (89,4-99,6%) volt (25. táblázat).

A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának vizsgálata során igazoltam, hogy a kukoricaszemek számában ($\text{db} \cdot \text{tő}^{-1}$) valamint a termésben ($\text{g} \cdot \text{tő}^{-1}$) jelentkező variabilitás oka az elégtelen nitrogén- és cinkfelvétel volt, ami a talaj alacsony cink- és szerves nitrogén tartalmából adódott, valamint igazoltam, hogy a szemszám és a termés szoros regressziót mutat a SPAD-értékkel. A vizsgálati eredmények alapján valószínűsíthető, hogy a vizsgált vetőmag kukoricaállomány SPAD-érték variabilitását is a talaj cink- és

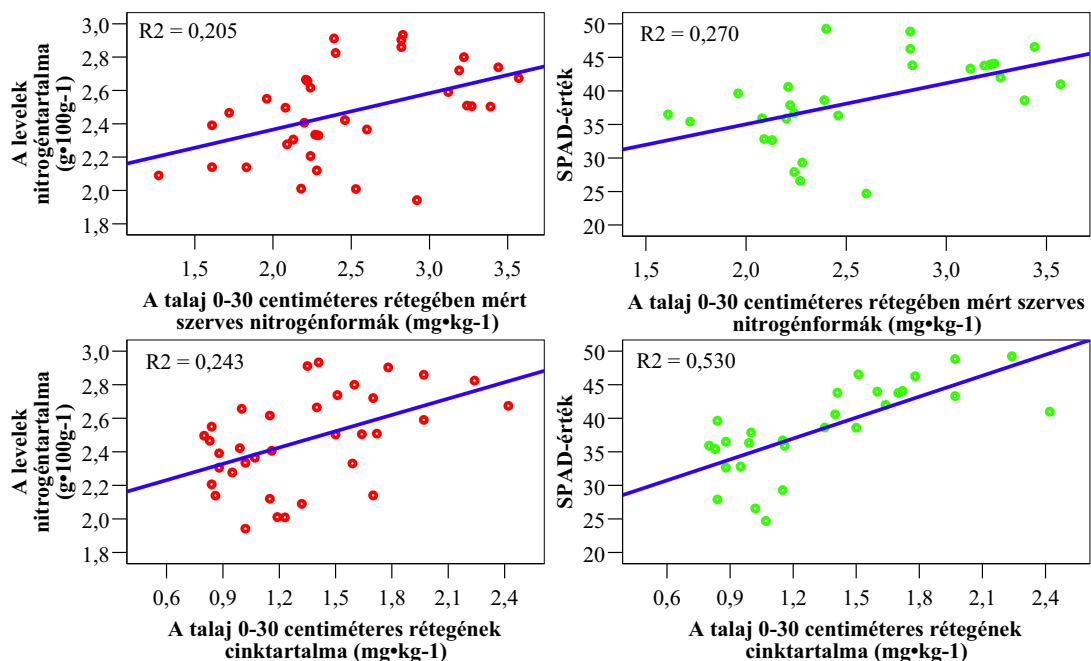
szerves nitrogén tartalmában jelentkező heterogenitás eredményezte. Ennek igazolására főkomponens-analízissel vizsgáltam a talajvizsgálati eredmények, a felvett nitrogén és a SPAD-érték közötti összefüggéseket.

25. táblázat. A levél nitrogéntartalmának becslési pontossága a különböző magasságú állományfoltokban

Növénymagasság	Nitrogéntartalom ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)		
	X	Xb	Bp
40-50 cm	2,26	2,24	99,1%
50-60 cm	2,34	2,45	95,3%
60-70 cm	2,26	2,50	89,4%
70-80 cm	2,48	2,58	96,0%
80-90 cm	2,69	2,66	98,9%
90-100 cm	2,62	2,69	97,3%
100-110 cm	2,83	2,82	99,6%

(X = átlagérték, Xb = becsült érték, Bp = becslés pontossága)

A 0-30 centiméteres talajréteg talajvizsgálati eredményei és a felvett nitrogén, valamint a vizsgált talajparaméterek és a SPAD-érték közötti lehetséges összefüggéseket grafikusán ábrázolva, pozitív korrelációt tapasztaltam a talaj szerves nitrogénformáinak mennyisége és cinktartalma esetében (32. ábra).



32. ábra. A felvett nitrogén és a SPAD-index összefüggése a talaj 0-30 cm-es rétegében mért szerves nitrogénformák mennyiségével ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és a cinktartalmával ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

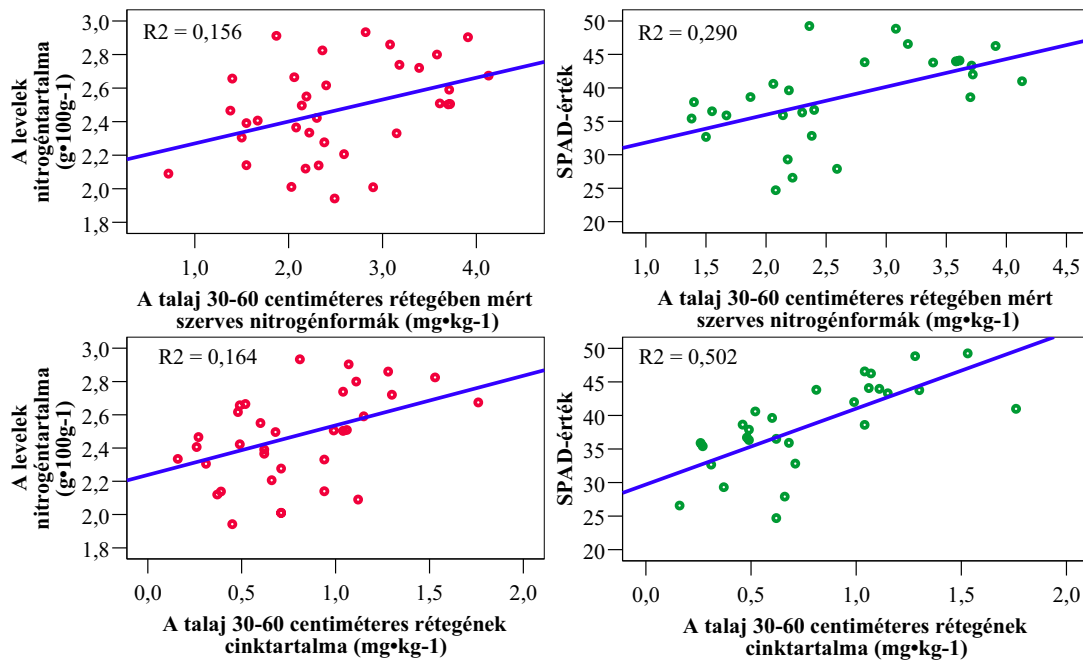
A talaj magasabb cinktartalma és a szerves nitrogénformák nagyobb mennyisége nagyobb nitrogénfelvételt és átlagos SPAD-indexet eredményezett. A grafikonok alapján valószínűsíthető, hogy a levelek nitrogéntartalmában és átlagos SPAD-indexében jelentkező variabilitás a talaj felső 30 centiméteres rétegének cink- és szerves nitrogén tartalmában jelentkező heterogenitás eredménye volt.

A SPAD-index, a levelek nitrogéntartalma és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggéseket főkomponens-analízissel értékelttem. Az összefüggés-vizsgálat három főkomponenst eredményezett, de a felvett nitrogén és a SPAD-érték csak a 2. főkomponensben szerepelt magas főkomponens súllyal (0,811 és 0,913). A 2. főkomponens szoros összefüggést igazolt a levelek nitrogéntartalma (0,811), a SPAD-index (0,913), valamint a talaj cinktartalma (0,898) és a szerves nitrogénformák mennyisége (0,752) között, amit kis mértékben a $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (-0,353) és a talaj káliumtartalma (0,324) is befolyásolt (26. táblázat).

26. táblázat. A SPAD-érték, a levelek nitrogénellátottsága és a 0-30 centiméteres talajréteg talajvizsgálati eredményei közötti összefüggések

A vizsgált változók	Főkomponensek		
	1	2	3
$\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$	0,707	-0,353	0,101
Szervetlen nitrogénformák ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,726	0,087	0,288
Szerves nitrogénformák ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,014	0,752	0,118
AL-oldható foszfor ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,018	0,087	0,914
AL-oldható kálium ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,458	0,324	0,702
Magnézium ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,832	-0,010	-0,232
Kalcium ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,910	0,061	-0,209
Réz ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,896	-0,030	0,201
Cink ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	-0,217	0,898	0,164
A levelek nitrogéntartalma ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,117	0,811	0,174
SPAD-érték	0,018	0,913	-0,073

A 30-60 centiméteres talajréteg talajvizsgálati eredményei és a felvett nitrogén, valamint a vizsgált talajparaméterek és a SPAD-érték közötti lehetséges összefüggések grafikus ábrázolásával, pozitív korrelációt kaptam a talaj szerves nitrogénformáinak mennyiségére és cinktartalmára (33. ábra).



33. ábra. A felvett nitrogén és a SPAD-index összefüggése a talaj 30-60 cm-es rétegében mért szerves nitrogénformák mennyiségével és a cinktartalmával

A SPAD-index, a levelek nitrogéntartalma és a 30-60 centiméteres talajréteg talajvizsgálati eredményei közötti összefüggésekre a főkomponens-analízis négy főkomponenst adott. A felvett nitrogén és a SPAD-mérés főkomponens súlya alacsony volt az 1. (-0,029 és -0,176), a 3. (-0,189 és 0,001) és a 4. főkomponensben (-0,084 és 0,116), magas volt (0,919 és 0,922) a 2. főkomponensben, tehát a levelek nitrogéntartalma, a SPAD-érték és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggéseket a 2. főkomponens írta le. A főkomponens súlyok alapján a felvett nitrogén (0,919) és a SPAD-index (0,922) szoros összefüggést adott a talaj cinktartalmával (0,725) és közepes összefüggést a talaj szerves nitrogénformáinak mennyiségével (0,508) (27. táblázat).

A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának vizsgálata során igazoltam, hogy a növényenkénti szemszámban ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a termésben ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) jelentkező variabilitás oka az elégtelen nitrogén- és cinkfelvétel volt, ami a talaj alacsony cinktartalmából és a szerves nitrogénformák alacsony mennyiségéből, valamint azok egyenetlen térbeli eloszlásából adódott. Igazoltam, hogy a szemszám és a termés szoros regressziót mutat a SPAD-értékkel. Regresszió-analízissel bizonyítottam, hogy a legfejlettebb levelek SPAD-indexe szoros összefüggésben van a cső alatti levelek nitrogéntartalmával, valamint főkomponens-analízissel igazoltam, hogy a levelek nitrogéntartalmában és a

SPAD-értékben jelentkező variabilitásért a talaj cinktartalmában és a szerves nitrogénformák mennyiségében jelentkező heterogenitás volt felelős.

27. táblázat. A SPAD-érték, a levelek nitrogénellátottsága és a 30-60 centiméteres talajréteg talajvizsgálatai eredményei közötti összefüggések

A vizsgált változók	Főkomponensek			
	1	2	3	4
pH _(H₂O)	0,809	-0,258	0,169	0,095
Szervetlen nitrogénformák (mg·kg ⁻¹)	0,340	-0,042	-0,232	0,791
Szerves nitrogénformák (mg·kg ⁻¹)	-0,298	0,508	0,028	0,692
AL-oldható foszfor (mg·kg ⁻¹)	0,157	-0,152	0,913	-0,071
AL-oldható kálium (mg·kg ⁻¹)	-0,564	0,132	0,771	-0,124
Magnézium (g·kg ⁻¹)	0,911	-0,106	0,084	-0,171
Kalcium (g·kg ⁻¹)	0,972	-0,067	-0,134	0,036
Réz (mg·kg ⁻¹)	-0,865	0,151	0,365	-0,158
Cink (mg·kg ⁻¹)	-0,285	0,725	0,223	0,456
A levelek nitrogéntartalma (g·100g ⁻¹)	-0,029	0,919	-0,189	-0,084
SPAD-érték	-0,176	0,922	0,001	0,116

A vizsgálati eredmények egyértelműen igazolják, hogy a cinkhiányos területeken a SPAD-indexben a levelek nitrogénellátottságán keresztül a cinkhiány is kifejeződik, ezért a SPAD-értéken alapuló nitrogénhiány és a műtrágyadózisok kalkulálása során a gyenge cinktartalmú talajokon figyelembe kell venni a cinkhiány SPAD-index befolyásoló hatását is.

4.6. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonyságának értékelése

4.6.1. A Natur Plasma hatékonysága 2006-ban

A 2006-os évben a Natur Plasma termésközelítő hatékonyságát vizsgáltam alaptrágyázott vetőmag kukoricaállományban, állománykezelésben, négy kezelt és négy kontrolterületen. A hatékonyság értékelése során a növényenkénti szemszámra (db·tö⁻¹) és a g·tö⁻¹ értékben kifejezett termésre gyakorolt hatást értékeltem.

A kezelés hatására az átlagos szemszám 59 db·tö⁻¹ értékkel, a termés 14,2 g·tö⁻¹ értékkel javult a kontrolhoz képest. A tövenkénti szemszám a kezeletlen állományban 1 és 282 db·tö⁻¹, a kezelt növényállományban 9 és 279 db·tö⁻¹ érték között változott. A termést (g·tö⁻¹) a kontrolterületen 0,2 g·tö⁻¹ minimumérték és 65,8 g·tö⁻¹ maximumérték, a kezelt területen 2,2 és 66,5 g·tö⁻¹ szélsőértékek jellemezték. A kukoricaszemek átlagos száma a kezeletlen állományban 90 db·tö⁻¹, a permetezett területen 149 db·tö⁻¹, az

átlagos termés a kontrolállományban $21,5 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1}$ ($1,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a Natur Plasma kezelésben $35,7 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1}$ ($2,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) volt.

A kontrol és a kezelt területek szemszám és termésadatainak normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel, a varianciák azonosságát Levene teszttel ellenőriztem. A vizsgált változók minden esetben normál eloszlást és azonos varianciát mutattak, viszont az összehasonlítandó változók (kezelt és kezeletlen állomány) száma nem érte el a hármat, ezért a szimultán középérték összehasonlító tesztek helyett független kétmintás t-próbát alkalmaztam.

A t-próba szignifikáns különbségeket igazolt a kezelt és a kezeletlen állományok között, vagyis a Natur Plasma kezelés kedvezően hatott a növényenkénti szemek számára és termésére (28. táblázat).

28. táblázat. A t-próba eredménytáblázata a kukoricaszemek számára ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a termésre ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) (2006)

	Átlagos differencia	t-érték	Szignifikancia
Szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$)	59,1	3,25	0,002
Termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$)	14,2	3,26	0,002

4.6.2. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága 2007-ben

A vizsgálat második évében (2007) természetes alapanyagú lombtrágyák (Natur Plasma, cinkkel dúsított Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Prémium) hatékonyságát vizsgáltam alaptrágyázott vetőmag kukoricaállományban, állománykezelésben és tarlókezelésben. A hatékonyság értékelése során a kukoricaszemek számára ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a termésre ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) gyakorolt hatást vizsgáltam.

4.6.2.1. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a növényenkénti szemszámra ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) (2007)

A különböző kezelésekből a szemszám minimum értékei 22 és $114 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$, maximum értékei 267 és $396 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$ között változtak. Az átlagértékek alapján a kontrolterületen alacsonyabb volt a szemszám ($149 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$), mint az állománykezelésekben ($190\text{-}233 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$), valamint a tarlókezelésben a kukoricaszemek száma a kezeletlen területek eredményeihez hasonlóan ($143\text{-}175 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$) alakult. Az állománykezelések között a legnagyobb szemszám a Natur Plasmával ($233 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a cinkkel dúsított Natur Plasmával ($224 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$) kezelt területen jelentkezett.

Az adatok eloszlásának normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel, a varianciák azonosságát Levene teszttel értékeltem. A tövenkénti szemszám minden kezelésben normáleloszlású volt, de a varianciák nem minden esetben voltak azonosak. A középértékek összehasonlítását Duncan teszttel végeztem, majd a nem azonos varianciájú kezelések esetében kapott szignifikancia-eredmények valóságát t-próbával ellenőriztem.

A Duncan teszt alapján a tarlókezelések nem különböztek a kontrolállománytól, viszont minden állománykezelésben szignifikánsan nagyobb szemszám jelentkezett mint a kezeletlen állományban és az Amalgerol Prémium tarlókezelésében. A Natur Plasma és a cinkkel dúsított Natur Plasma állománykezelésekben a tövenkénti szemszám statisztikailag igazolható mértékben magasabb volt, mint a Natur Vitával és az Amalgerol Prémiummal permetezett területeken. Nem volt statisztikai értelemben vett különbség a Natur Plasma, a cinkkel dúsított Natur Plasma állománykezelése, valamint a Natur Vita, az Amalgerol Prémium állománykezelése és a Natur Plasma tarlókezelése között (29. táblázat).

29. táblázat. A Duncan teszt eredménytáblázata a növényenkénti szemszámra (db·tő⁻¹) (2007)

Kezelések	Homogéncsoportok		
	1	2	3
Amalgerol Prémium (t)	143		
Kontrol	149		
Natur Plasma (t)	175	175	
Natur Vita (á)		190	
Amalgerol Prémium (á)		191	
Cinkkel dúsított Natur Plasma (á)			224
Natur Plasma (á)			233
Szignifikancia	0,056	0,370	0,572

(á = állománykezelés, t = tarlókezelés)

A Duncan teszt a nem azonos varianciájú kezelések esetében is reális szignifikancia-eredményeket adott, amit a t-próba igazolt. A t-próba a Duncan teszttel azonos módon, szignifikáns különbséget igazolt a kontrol és a cinkkel dúsított Natur Plasmával végzett állománykezelés között, a tarlókezelésben kiadott Amalgerol Prémium és az állományban kipermetezett Amalgerol Prémium között, a lombtrágyaként kijuttatott Natur Plasma és az Amalgerol Prémium tarlókezelése között, valamint a tarlóra

permetezett Natur Plasma és az állománykezelésben alkalmazott cinkkel dúsított Natur Plasma között. A Duncan teszttel egyező módon a t-próba is szignifikánsan azonosnak ítélte meg a kontrollt és az Amalgerol Prémium tarlókezelését, valamint a tarlóra kijuttatott Natur Plasmát és Amalgerol Prémiumot (30. táblázat).

30. táblázat. A t-teszt eredménytáblázata a növényenkénti szemszámmra ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) (2007)

Kezelések		Átlagos differencia	t-érték	Szig.
Kontrol	Cinkkel dúsított Natur Plasma (á)	-74,9	-4,753	0,000(*)
	Amalgerol Prémium (t)	6,0	0,391	0,697
Amalgerol Prémium (t)	Amalgerol Prémium (á)	-47,7	-3,406	0,001(*)
	Natur Plasma (á)	-90,0	-6,056	0,000(*)
	Natur Plasma (t)	-32,4	-1,976	0,053
Natur Plasma (t)	Cinkkel dúsított Natur Plasma (á)	-48,6	-2,909	0,005(*)

(á = állománykezelés, t = tarlókezelés, Szig. = szignifikancia, (*) A vizsgált kezelésekben a szemszám 5 százalékos szignifikancia-szinten különbözik.)

4.6.2.2. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a vetőmag kukoricaállomány termésére ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) (2007)

A terméseredmények ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) tekintetében a legkisebb mért értékek 4,0 és 20,9 $\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$ között, a legnagyobb értékek 65,0 és 74,0 $\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$ között alakultak. Az átlagos termés a Natur Plasmás tarlókezelésben ($31,1 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1} - 2,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) és a kontrollállományban ($33,3 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1} - 2,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) volt a legalacsonyabb, a cinkkel dúsított Natur Plasmával ($45,2 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1} - 2,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a Natur Vitával ($42,7 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1} - 2,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) és a Natur Plasmával ($42,1 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1} - 2,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) permetezett területeken a legmagasabb. Az Amalgerol Prémium állománykezelése ($38,7 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1} - 2,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) és tarlókezelése ($38,0 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1} - 2,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) közel hasonló eredményt adott, ami viszont elmaradt a többi vizsgált készítmény állománykezelésben mutatott eredményétől.

Kolmogorov-Smirnov teszttel értékelve a terméseredmények eloszlása minden kezelésben normálisnak bizonyult, a Levene teszt pedig a varianciák azonosságát igazolta, ezért az eredmények értékelését Duncan teszttel végeztem.

A Duncan teszt a terméseredmények ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) alapján négy homogéncsoportot adott. Az 1. homogéncsoportba került a kontrol és a Natur Plasma tarlókezelése, a 2. csoportba a kontrol, az Amalgerol Prémium állomány- és tarlókezelése, a 3. homogéncsoportba az Amalgerol Prémium állomány- és tarlókezelése, a Natur Plasma és a Natur Vita állománykezelése, a 4. csoportba az Amalgerol Prémium, a Natur Plasma, a Natur Vita és a cinkkel dúsított Natur Plasma állománykezelése. A

szignifikancia-eredmények alapján nem egyértelmű a kezelések hatása. Az Amalgerol Prémium terméseredménye a tarlókezelésben és az állománykezelésben sem különbözik a kezeletlen állomány termésétől, valamint a Natur Vita és a Natur Plasma állománykezelés eredményeitől, míg a lombtrágyaként alkalmazott Natur Vita és Natur Plasma szignifikánsan különbözik a kontrolltól. A cinkkel dúsított Natur Plasma statisztikai értelemben különbözik a kontrollállománytól és az Amalgerolos tarlókezeléstől, de szignifikánsan azonos az Amalgerol Prémium, a Natur Plasma és a Natur Vita állománykezelésével (31. táblázat).

31. táblázat. A Duncan teszt eredménytáblázata a termésre ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) (2007)

Kezelések	Homogéncsoportok			
	1	2	3	4
Natur Plasma (t)	31,1			
Kontrol	33,3	33,3		
Amalgerol Prémium (t)		38,0	38,0	
Amalgerol Prémium (á)		38,7	38,7	38,7
Natur Plasma (á)			42,1	42,1
Natur Vita (á)			42,7	42,7
Cinkkel dúsított Natur Plasma (á)				45,2
Szignifikancia	0,505	0,115	0,189	0,071

A vizsgálati eredmények igazolták, hogy a természetes alapanyagú lombtrágyákkal végzett állománykezelések kedvezően hatnak a növényenkénti szemszámra és a termésre. A tarlókezelések hatása és az állománykezelések közötti különbségek nem egyértelműek, ezért további vizsgálatok szükségesek.

4.6.3. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága 2008-ban

A vizsgálat harmadik évében (2008) természetes alapanyagú lombtrágyák (Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Prémium, kombinált kezelés) hatékonyságát értékeltem alaptrágyázott vetőmag kukoricaállományban, állománykezelésben. A hatékonyság értékelése során a SPAD-értékre, a növényenkénti szemszámra ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a termésre ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) gyakorolt hatást értékeltem.

4.6.3.1. A kezelések előtt végzett SPAD-mérések eredményeinek értékelése (2008)

Az első permetezés előtt vizsgáltam a kezelésekre kijelölt területek SPAD-indexében jelentkező különbségeket. A vizsgálati területeken a mérési eredmények minimuma 21,5 és 25,3, maximuma 41,4 és 43,4 SPAD-érték között változott. A legkisebb átlagos

SPAD-indexet (31,8) a kombinált kezelésre kijelölt állományban, a legnagyobb átlagértéket (36,1) a 2. kontrolban mértem. Az Amalgerol Prémiummal kezelendő területen és az 1. kontrolban végzett SPAD-mérések átlaga 32,0 felett alakult, de elmaradt a Natur Vita és a Natur Plasma kezelésekre kijelölt területeken mért átlagértékektől (33,1 és 33,8).

A vizsgálatra kijelölt vetőmag kukoricaállományok permetezés előtt mért SPAD-indexe Kolmogorov-Smirnov teszttel értékelve normál eloszlást, a mérési eredmények varianciája Levene próbával tesztelve azonosságot mutatott, ezért a mérési eredmények középértékének összehasonlítását Duncan teszttel végeztem (32. táblázat).

32. táblázat. A kezelésre kijelölt területek kezelés előtt mért SPAD-értékének összehasonlító értékelése Duncan teszt alkalmazásával (2008)

Kezelések	Homogéncsoportok	
	1	2
Kombinált kezelés	31,8	
Amalgerol Prémium	32,8	
Kontrol 1	32,9	
Natur Vita	33,1	
Natur Plasma	33,8	
Kontrol 2		36,1
Szignifikancia	0,072	1,000

A Duncan teszt alapján megállapítottam, hogy a 2. kontrolállományban mért SPAD-értékek szignifikánsan nagyobbak, mint a többi területen, viszont az 1. kontrol és a kezelésekre kijelölt területek SPAD-indexe statisztikai értelemben azonos (32. táblázat), ezért a kezeléseket az 1. kontrolhoz viszonyítva értékeltem.

4.6.3.2. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a vetőmag kukoricaállomány SPAD-értékére (2008)

Az első kezelés után mért SPAD-érték minimumok 33,8 és 43,0, a SPAD-index maximumok 55,8 és 57,8 között alakultak. A legkisebb átlagos SPAD-értéket a kontrolterületen (47,1), a legmagasabb értéket a kombinált kezelésben (50,9) mértem. A Natur Vitával permetezett állomány átlagos SPAD-értéke 49,6, a Natur Plasma kezelés átlagos SPAD-indexe 50,2, az Amalgerol Prémiummal kezelt állományban végzett SPAD-mérések átlaga 50,5 volt.

A Kolmogorov-Smirnov teszt eredményei alapján a vizsgált kezeléseket SPAD-érték eloszlása normális volt, a Levene teszt viszont több esetben a varianciák

különbözöségét igazolta, ezért a középértékek összehasonlítását Duncan teszttel végeztem, majd a nem azonos varianciájú kezelések esetében kapott szignifikancia-eredmények valódiságát t-próbával ellenőriztem.

A Duncan teszt szignifikáns különbséget igazolt a kontrol és a kezelések SPAD-indexében, a kezelések SPAD-mérése viszont nem mutatott statisztikailag igazolható eltérést (33. táblázat).

33. táblázat. A kezelések közötti különbségek összehasonlító értékelése a két kezelés között mért SPAD-értékek alapján Duncan teszt alkalmazásával (2008)

Kezelések	Homogéncsoportok	
	1	2
Kontrol 1	47,1	
Natur Vita		49,6
Natur Plasma		50,2
Amalgerol Prémium		50,5
Kombinált kezelés		50,9
Szignifikancia	1,000	0,220

A t-próba eredményei alapján az eltérő varianciájú kezelésekben jelentkező szignifikáns különbségek megegyeznek a Duncan teszt eredményeivel. A kezelések szignifikánsan különböznek a kezeletlen állománytól, valamint az Amalgerollal permetezett állomány átlagos SPAD-indexe statisztikai értelemben azonos a Natur Plasma és a kombinált kezelés átlagos SPAD-értékével (34. táblázat).

34. táblázat. A két kezelés között mért SPAD-értékek középértékének összehasonlító értékelése az eltérő varianciájú kezelésekre

Kezelések		Átlagos differencia	t-érték	Szignifikancia
Kontrol 1	Natur Vita	-2,562	-2,259	0,027(*)
	Natur Plasma	-3,165	-2,932	0,005(*)
	Amalgerol Prémium	-3,42	-2,861	0,005(*)
	Kombinált kezelés	-3,829	-3,474	0,001(*)
Amalgerol Prémium	Natur Plasma	0,255	0,318	0,751
	Kombinált kezelés	-0,409	-0,492	0,624

(*) A vizsgált kezelések SPAD-értéke 5 százalékos szignifikancia-szinten különbözik.

A második kezelés után mért eredmények minimuma 16,5 és 26,5, maximuma 46,6 és 52,9 SPAD-érték között változott. A legkisebb átlagos SPAD-indexet a kontrolterületen (35,8), a legmagasabb értéket a kombinált kezelésben (41,3) mértem. A

Natur Vitával (38,4), a Natur Plasmával (38,5) és az Amalgerol Prémiummal (38,8) kezelt területek SPAD-méréseinek átlaga nem érte el a 40,0 SPAD-értéket.

A Kolmogorov-Smirnov teszt a mért értékek normál eloszlását, a Levene teszt pedig a mérési eredmények varianciáinak különbözőségét igazolta. A középértékeket Duncan teszttel hasonlítottam össze, majd a nem azonos varianciájú kezelések esetében kapott szignifikancia-eredmények valódiságát t-próbával ellenőriztem.

A Duncan teszt igazolta, hogy a kezelésekben mért SPAD-értékek szignifikánsan különböznek a kontrolban mért SPAD-indexektől. Nincs statisztikailag igazolható különbség a Natur Vita, a Natur Plasma és az Amalgerol Prémium között, viszont átlagos SPAD-értékük szignifikánsan alacsonyabb, mint a kombinált kezelés átlagos SPAD-indexe (35. táblázat).

35. táblázat. A kezelések közötti különbségek összehasonlító értékelése a második kezelés után mért SPAD-értékek alapján Duncan teszt alkalmazásával (2008)

Kezelések	Homogéncsoportok		
	1	2	3
Kontrol 1	35,8		
Natur Vita		38,4	
Natur Plasma		38,5	
Amalgerol Prémium		38,8	
Kombinált kezelés			41,3
Szignifikancia	1,000	0,741	1,000

A t-próba eredményei alapján az eltérő varianciájú kezelésekben jelentkező szignifikáns különbségek megegyeznek a Duncan teszt eredményeivel. A t-teszt a Duncan teszttel azonos módon szignifikáns különbséget igazolt a kombinált kezelés és a kontrol, valamint az Amalgerol Prémium és a kombinált kezelés között (36. táblázat).

36. táblázat. A második kezelés után mért SPAD-mérések középértékének összehasonlító értékelése az eltérő varianciájú kezelésekre

Kezelések		Átlagos differencia	t-érték	Szignifikancia
Kombinált kezelés	Kontrol 1	5,489	4,869	0,000(*)
	Amalgerol Prémium	2,456	2,027	0,046(*)

(*) A vizsgált kezelések SPAD-értéke 5 százalékos szignifikancia-szinten különbözik.

4.6.3.3. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a növényenkénti szemszámmra (db·tő⁻¹) (2008)

A különböző kezelésekben a legalacsonyabb szemszám 78-120 db·tő⁻¹, a legnagyobb növényenkénti szemszám 405-473 db·tő⁻¹ érték között változott. A legalacsonyabb tövenkénti szemszám a kezeletlen állományban (251 db·tő⁻¹) és a Natur Vita kezelésben (260 db·tő⁻¹), a legmagasabb átlagérték a kombinált kezelésben (290 db·tő⁻¹) jelentkezett. A Natur Plasma (272 db·tő⁻¹) és az Amalgerol Prémium (283 db·tő⁻¹) esetén a kukoricaszemek száma elmaradt a kombinált kezelésben meghatározott átlagértéktől.

A Kolmogorov-Smirnov teszt a szemszám (db·tő⁻¹) normál eloszlását, a Levene teszt pedig a varianciák azonosságát igazolta, ezért a kezelések középértékeinek statisztikai értékelésére a Duncan tesztet választottam. A statisztikai próba a kontrol és a kezelt állományok között nem igazolt szignifikáns különbséget (37. táblázat).

37. táblázat. A kezelések közötti különbségek összehasonlító értékelése a növényenkénti szemszám (db·tő⁻¹) alapján Duncan teszt alkalmazásával (2008)

Kezelés	1
Kontrol 1	251
Natur Vita	260
Natur Plasma	272
Amalgerol Prémium	283
Kombinált kezelés	290
Szignifikancia	0,053

4.6.3.4. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatása a vetőmag kukoricaállomány termésére (g·tő⁻¹) (2008)

A minimum terméseredmények 16,3 és 27,7 g·tő⁻¹, a maximum értékek 74,8 és 98,7 g·tő⁻¹ között változtak. Az átlagos termés a kezeletlen állományban volt a legalacsonyabb (49,2 g·tő⁻¹ - 3,2 t·ha⁻¹), és a kombinált kezelésben a legmagasabb (60,5 g·tő⁻¹ - 3,9 t·ha⁻¹). A Natur Vitával (57,3 g·tő⁻¹ - 3,7 t·ha⁻¹), a Natur Plasmával (57,7 g·tő⁻¹ - 3,8 t·ha⁻¹) és az Amalgerol Prémiummal (58,9 g·tő⁻¹ - 3,8 t·ha⁻¹) permetezett területek átlagtermése meghaladta a kontrolállomány átlagtermését, de elmaradt a kombinált kezelésben mért eredménytől.

A Kolmogorov-Smirnov teszt a vizsgált kezelések eredményeinek normáleloszlását, a Levene teszt a varianciák különbözőségét igazolta, ezért a középértékeket Duncan teszttel hasonlítottam össze, majd a nem azonos varianciájú kezelések esetében kapott szignifikancia-eredmények valódiságát t-próbával ellenőriztem.

A Duncan teszt szignifikáns különbségeket igazolt a kontrol és a kezelések termésében, a kezelések termésátlagában viszont nem mutatott statisztikai értelemben vett különbséget (38. táblázat). A lombtrágya-kezelések és a kontrolállomány közötti szignifikáns különbségeket a t-próba is igazolta (39. táblázat).

38. táblázat. A kezelések összehasonlító értékelése az átlagtermés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) alapján Duncan teszt alkalmazásával (2008)

Kezelések	Homogéncsoportok	
	1	2
Kontrol 1	49,2	
Natur Vita		57,3
Natur Plasma		57,7
Amalgerol Prémium		58,9
Kombinált kezelés		60,5
Szignifikancia	1,000	0,431

39. táblázat. A terméseredmények ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) összehasonlító értékelése t-próbával az eltérő varianciájú kezelésekre

Kezelések		Átlagos differencia	t-érték	Szignifikancia
Kontrol 1	Natur Vita	-8,152	-2,696	0,009(*)
	Natur Plasma	-8,555	-2,813	0,006(*)
	Amalgerol Prémium	-9,724	-3,055	0,003(*)
	Kombinált kezelés	-11,331	-3,11	0,003(*)

(*) A vizsgált kezelések termése 5 százalékos szignifikancia-szinten különbözik.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

5.1. A hajdúszoboszlói kukorica vetőmag-előállítás talajadottsága

A kukorica vetőmag-előállítás területének talajvizsgálati eredményei alapján megállapítottam, hogy a kukorica vetőmag-előállítás szempontjából kedvezőtlen, a gyengén savanyú (18,1%), a gyenge mésztartalmú (98,5%) és tápanyag-ellátottságú talajok magas aránya. A kukorica vetőmag-előállítás hatékonyságát korlátozó talajtulajdonságok azonosítását nem elegendő a talajvizsgálati eredményekre alapozni, szükséges a talajban hosszú idő alatt bekövetkezett változások, a területet jellemző talajtípusok közötti különbségek és a növényállomány heterogenitását kiváltó talajtulajdonságok értékelése is.

5.2. A kukorica vetőmag-előállítás területén hosszú idő alatt bekövetkezett talajváltozások

A vetőmag-előállítás területén bekövetkezett talajváltozások vizsgálata során megállapítottam, hogy az elmúlt negyven évben nem következett be kimutatható változás a $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -ban és a mésztartalomban, csökkent a vízdoldható összes só-, humusz- és összes nitrogéntartalom, valamint nőtt az AL-oldható foszfor- és káliumtartalom.

A magas sókoncentráció akadályozza kultúrnövényeink víz- és tápanyagfelvételét, és sejtroncsolódást okozhat (*Herke, 1959; Várallyay, 1966; Bohn et al., 1985*), ezért a sótartalom csökkenése a növénytermesztés hatékonyságát kedvezően befolyásolja, viszont kedvezőtlen hatású abban az esetben, ha a sók a kukorica gyökérszónájának valamely talajrétegében felhalmozódnak. A későbbiekben szükséges vizsgálni a sók vertikális eloszlását a teljes gyökérszónában.

A humusztartalom csökkenése a talaj termékenységének fenntartása szempontjából kedvezőtlen, ezért a gyakorlatban a folyamat megállítására kell törekedni. Az eredményesebb vetőmag-előállítás érdekében szükséges a talaj szerves anyag tartalmának, ezen keresztül a talaj mikrobiális aktivitásának növelése. Ezért a termelésben törekedni kell a szerves trágyák nagyobb arányú felhasználására, valamint a tápanyagok feltáródásában és a nitrogén fixálásában szerepet játszó baktériumokat is (pld.: *Azotobacter spp., Azotomonas spp., Clostridium spp.*) tartalmazó talajtrágyák alkalmazására.

A vizsgált terület AL-oldható foszfor- és káliumtartalmának növekedése a '70-es években végzett foszfor- és káliumfeltöltő trágyázás sikerességét igazolja. Ennek ellenére a kukorica vetőmag-előállítás hatékonyságának növelése érdekében az alacsony

foszfor- és káliumellátottságú talajok további javítása szükséges magasabb adagú műtrágyák alkalmazásával, ezt viszont a műtrágyák magas beszerzési ára jelenleg nem teszi lehetővé.

5.3. A vizsgált talajtípusok közötti különbségek

Az összehasonlító vizsgálatok során igazolódott, hogy a vizsgált talajtípusok között szignifikáns különbségek vannak a $pH_{(H_2O)}$ -ban, a humusz-, össznitrogén-, AL-oldható foszfor- és KCl-EDTA oldható cinktartalomban.

A talajtípusok között jelentkező szignifikáns különbségek azt igazolják, hogy a talajadottságok értékelése során a vizsgálatokat talajtípusokra lebontva szükséges végezni, ugyanis a vizsgálati terület egységes értékelése során elfedjük azokat a különbségeket, melyek a kukorica vetőmag-előállítás hatékonyságát befolyásolják, de talajtípusonként változnak. A javításra szoruló területek foltszerűen jelentkeznek, ezért a talajjavítás precíziós megoldásokat igényel. Ennek érdekében a talajmintavételt talajtípusonként, genetikus talajterképre alapozva, előre kijelölt és ismert koordinátájú mintavételi pontokon szükséges elvégezni.

5.4. A SPAD-mérés megbízhatósági vizsgálata

SPAD-mérésekkel igazoltam, hogy a klorofill nem egyenletesen oszlik el a levéllemezben. A SPAD-index a levéllemez alapi részétől (41-42 SPAD-érték) indulva növekszik a levélalaptól mért 10-16 centiméteres távolságig (44-45 SPAD-érték), ezt követően pedig csökken a levéllemez csúcsáig (27-29 SPAD-érték), ezért a SPAD-méréseket a klorofill-megoszlás figyelembe vételével szisztematikusan kell végezni. Az átlagos SPAD-érték és a SPAD-variancia, valamint a mérési pontok száma, a levélen belüli és a levelek közötti SPAD-érték szórás összefüggés-vizsgálatával megállapítottam, hogy a kukoricalevelek közötti különbségek nagy biztonsággal történő kimutatásához legalább 10 ponton szükséges mérni. Ez abban az esetben igaz, ha a levelek közötti különbségek kimutatása során a levélen belül mért értékeket hasonlítjuk össze. A levelek közötti különbségek kimutatása történhet a levelek átlagos SPAD-indexe alapján is. Ebben az esetben elegendő öt ponton mérni a levelek SPAD-értékét, ugyanis a mérési pontok száma az átlagos SPAD-indexet kevésbé befolyásolja.

Az 5 pontos mérés során a levéllemez alsó harmadában kettő, a levéllemez felső harmadában pedig három mérési pontot célszerű kijelölni, a 10 pontos mérés esetén a levéllemez alapi részének jobb és bal oldalán célszerű az első két mérési pontot

kijelölni, a többi mérési pontot pedig a levéllemez jobb és bal oldalán a levéllemez hosszában arányosan elosztani.

5.5. A vetőmag kukoricaállomány heterogenitása

Módszert dolgoztam ki a növényállomány heterogenitásának vizsgálatára, melynek alapját a növényállomány magasságának mérésével készített térkép jelenti. A módszer lényege, hogy a növényállomány magasságát mérőrúddal mérjük, majd a mérés helyének koordinátpontjait *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával rögzítjük. A különböző növénymagassággal jellemezhető állományfoltok területét *ArcGis 9.1* szoftverkörnyezetben lehatároljuk és a különböző magasságú növényállományokban mintavételi pontokat jelölünk ki. Mintavételi pontonként mérjük a SPAD-értéket, termés-, levél- és talajmintát veszünk, a kapott eredmények közötti összefüggéseket pedig regresszió-analízissel és főkomponens-analízissel értékeljük.

Az állományheterogenitás vizsgálatának módszere pontosítható az állománymérésre alkalmas vegetációs indexmérő készülékek alkalmazásával. A vegetációs indexmérő készülékekkel NDVI-térképet készíthetünk a vizsgálandó területről, így a különböző vitalitású növényállományok lehatárolása nem a növénymagasság, hanem a vegetációs index (NDVI) alapján történik.

A vetőmag kukoricaállomány SPAD-indexe, a növényenkénti szemszám és a termés szoros összefüggésben van a talajadottságokkal, ezért a növény vitalitását kifejező tulajdonságok (SPAD-érték, növényenkénti szemszám, terméseredmények, a levelek tápelemtartalma) és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések vizsgálatával meghatározható, hogy a különböző talajparaméterek hogyan és milyen mértékben befolyásolják a kultúrnövény fejlődését és termését. Az összefüggés vizsgálatok eredményei alapján meghatározhatóak azok a talajtulajdonságok melyek javítása feltétlenül szükséges.

A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának vizsgálata során megállapítottam, hogy szoros összefüggés van a SPAD-index és a kukoricaszemek száma ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$), a SPAD-érték és a termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) között, vagyis a SPAD-mérés eredményeire alapozva becsülhető a termés. A becslés pontossága nagymértékben függ a növényi kondíciótól, ami a heterogén állományokban drasztikusan változik, ezért a SPAD-értékre alapozott termésbecslés csak a homogén állományokban lehet pontos.

A regresszió-vizsgálatok szoros összefüggést igazoltak a SPAD-index és a levelek nitrogéntartalma között. A regressziós egyenlet alapján becsült nitrogéntartalom minden növénymagasság-kategóriában megközelítette a ténylegesen mért értékeket, vagyis a becslés pontosságát a növényi kondíció nem befolyásolta. Az eredményekből következik, hogy a SPAD-érték alapján a növényállomány nitrogénellátottsága heterogén állományokban is jól becsülhető, ha referencia nitrogéntartalom-mérések is rendelkezésre állnak.

A heterogenitás vizsgálata során igazolódott, hogy a növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) szoros összefüggésben volt a felvett nitrogén és cink mennyiségével és gyenge összefüggésben a felvett kálium mennyiséggel. A felvett tápelemek arányát értékelve a kukoricaszemek száma ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a termés szoros összefüggést adott a N/P, N/Cu, P/Zn, közepes a K/P és gyenge a P/Cu arányokkal.

A felvett nitrogén, cink és kálium mennyisége alacsony, a felvett P és Cu mennyisége pedig magas volt. Az összefüggés-vizsgálatokból következik, hogy az alacsony nitrogén és cinkfelvétel jelentősen, a kálium kis mértékben befolyásolta a terméseredményeket. A magas foszfor és rézfelvétel még önmagában nem eredményezett termés depressziót, viszont a levelek magas foszfor- és réztartalmából adódó kedvezőtlen tápelemarányok szerepet játszottak a növényenkénti szemszám és a termés heterogenitásában.

A kukoricaszemek száma ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) mindkét talajrétegben a cinktartalommal és a könnyen mineralizálható (CaCl_2 -oldható) szerves nitrogénformák mennyiségével adott szoros összefüggést. A talaj felső 30 centiméteres rétegében kis mértékben a $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ és a AL-oldható káliumtartalom is befolyásolta az összefüggéseket.

A heterogenitás-vizsgálatok igazolták, hogy a kukorica-vetőmag előállítás hatékonyságát alapvetően a talajok alacsony cinktartalma és a szerves nitrogénformák kis mennyisége, kis mértékben pedig a foszfor és a kálium aránytalan felvétele korlátozta.

Az összefüggés-vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy az eredményesebb vetőmag-előállítás érdekében a talaj szervesanyag-tartalmának, ezen keresztül a talaj mikrobiális aktivitásának növelése mellett a kijuttatott foszfor és kálium műtrágyák arányának csökkentésére is törekedni kell.

Regresszió-analízissel bizonyítottam, hogy a legfejlettebb levelek SPAD-indexe szoros összefüggésben van a cső alatti levelek nitrogéntartalmával, valamint főkomponens-analízissel igazoltam, hogy a levelek nitrogéntartalmában és a SPAD-

értékben jelentkező variabilitásért a talaj cinktartalmában és szerves nitrogénformák mennyiségében jelentkező heterogenitás volt felelős. A vizsgálati eredmények egyértelműen igazolták, hogy a cinkhiányos területeken a SPAD-indexben a levelek nitrogénellátottságán keresztül a cinkhiány is kifejeződik, ezért a SPAD-értéken alapuló nitrogénhiány és a műtrágyadózisok kalkulálása során figyelembe kell venni a cinkhiány SPAD-érték befolyásoló hatását is.

5.6. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága

A 2006-os vizsgálati év a Natur Plasma növényenkénti szemszámra ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) és termésre ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) gyakorolt kedvező hatását igazolta. Az állománykezelés eredményeként a kontrolhoz viszonyított javulás a kukoricaszemek számában átlagosan $59 \text{ db}\cdot\text{t}^{-1}$, a termésben $14,2 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ ($0,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) volt.

A különböző természetes alapanyagú lombtrágyák (Natur Plasma, Amalgerol Prémium) termésmenvelő hatása 2007-ben a tarlókezelésben nem igazolódott. Az 5-8 leveles állapotban és a címerhányás előtt kijuttatott lombtrágyák (Natur Plasma, cinkkel dúsított Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Prémium) $41-84 \text{ db}\cdot\text{t}^{-1}$ javulást eredményeztek a szemszámában, $5,4-11,9 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ ($0,3-0,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) növekedést a termésben. A különböző készítmények közötti különbségek nem egyértelműek.

A 2008-as év eredményei alapján a vizsgált készítmények a kontrolhoz képest $2,6-5,5$ SPAD-érték növekedést, $9-39 \text{ db}\cdot\text{t}^{-1}$ értékkel nagyobb szemszámot és $8,1-11,3 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ ($0,5-0,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) termésmenvelést eredményeztek.

A júliusi hónapban a 45% alatti relatív nedvességű napok száma 2006-ban és 2007-ben volt a legnagyobb (19-21 nap), vagyis a termékenyülés szempontjából a 2006-os és 2007-es év kedvezőtlenebb volt, mint a 2008-as.

A kukoricaszemek számában ($\text{db}\cdot\text{t}^{-1}$) és a termésben ($\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$) jelentkezett eredményekből következik, hogy a vizsgált készítmények állománykezelésben 5-8 leveles állapotban és a címerhányás előtt egy-másfél héttel kijuttatva a csapadékhiány és légköri aszály terméscsökkentő hatását kompenzálni képesek.

A szabadföldi lombtrágya kísérleteket nehezíti, hogy a kezelt és a kontrol területek sok esetben már a kezelés előtt sem egységesek. Az első lombtrágya kezelés előtt végzett SPAD-mérés eredményei alapján vizsgálható, hogy a kezelésekre és a kontrolként kijelölt növényállományok kondíciója azonos, vagy különböző. Így a terméseredmények értékelése során az előzetes SPAD-mérésekre alapozva lehetőség adódik arra, hogy csak azokat a kezeléseket hasonlítsuk össze, melyekben a növényi

kondíció már a kezelés előtt is azonos volt. A módszer hátránya, hogy az eredmények nehezen értelmezhetőek abban az esetben, ha a SPAD-index alapján több eltérő növényi kondíciójú állomány különíthető el.

A szabadföldi lombtrágya kísérletekben pontosabb vizsgálatokra, kisebb különbségek kimutatására is van lehetőség, abban az esetben, ha a mintavételi pontokat azokban a növényállományrészekben jelöljük ki, melyek a kezelés előtt is azonos növényi kondíciót mutatnak. Ez a módszer kivitelezhető az állománymérésre alkalmas vegetációs indexmérő készülékekkel. A lombtrágya kezeléseket előtt NDVI-térképet készíthetünk a vizsgálandó területről, így lehetőség adódik arra, hogy minden kezelésre kijelölt területen az azonos növényi kondíciót mutató állományrészekben jelöljük ki a mintavételi pontokat. Ezzel a kísérlettervezési módszerrel tudjuk szűrni a lombtrágya-hatékonysági vizsgálatokat torzító állományheterogenitást, és adódik lehetőségünk reális terméskülönbségek kimutatására.

6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- A talajgenetikai rendszerben egymáshoz közel álló talajtípusok között is lehetnek olyan talajtani különbségek, melyek a tápanyag-utánpótlás módját befolyásolják, ezért a műtrágyázási szaktanácsot célszerű a táblán belül előforduló talajtípusokra lebontva meghatározni.
- Hajdúszoboszló térségében az elmúlt 40 évben a növénytermesztés hatékonyságát korlátozó mértékben csökkent a talaj humusztartalma.
- A levéllemez hosszában meghatározott SPAD-érték eloszlás alapján szisztematikus mérési módszert határoztam meg a növényegyedek közötti SPAD-érték különbségek kimutatására.
- A növénymagasság mérésére alapozva módszert dolgoztam ki a növényállomány heterogenitásának vizsgálatára.
- Igazoltam, hogy Hajdúszoboszló térségében a kukorica vetőmag-előállítás hatékonyságát legnagyobb mértékben a talaj cinktartalma és a szerves nitrogénformák mennyisége befolyásolja.
- A levelek átlagos SPAD-értéke, a levelek nitrogéntartalma és a talajvizsgálati eredmények összefüggés-vizsgálatával igazoltam, hogy a cinkhiányos területeken a SPAD-indexben a levelek nitrogénellátottságán keresztül a cinkhiány is kifejeződik.
- Vizsgálati módszert határoztam meg a szabadföldi lombtrágya-kísérletek értékeléséhez, melynek alkalmazásával megállapítottam, hogy a Natur Plasma, Natur Vita és az Amalgerol Prémium lombtrágyák 5-8 leveles állapotban és a címerhányás előtt egy-másfél héttel kijuttatva kedvezően hatnak a vetőmag kukoricaállományok termésére és a növényenkénti szemszámra. A vizsgált lombtrágyák 5-8 leveles állapotban és a címerhányás előtt egy-másfél héttel kijuttatva a csapadékhiány és a légköri aszály termés-csökkentő hatását kompenzálni képesek.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A 2006-os évben vizsgáltam a hajdúszoboszlói kukorica vetőmag-előállítás területének talajadottságait, majd 2007-ben egy 10,4 hektáros mintaterületen vizsgáltam egy vetőmag kukoricaállomány heterogenitását, és a heterogenitásért felelős talajtani tényezőket.

A vetőmag kukoricaállományok terméseredményeinek javítása érdekében természetes alapanyagú lombtrágyák (Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Prémium) hatékonyságát teszteltem két száraz (2006, 2007) és egy csapadékos (2008) évben.

Az állományheterogenitás és a természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonyságának vizsgálata során SPAD-méréseket is végeztem, ezért 2006-ban mérési módszert dolgoztam ki a levelek átlagos SPAD-értékének és a levelek közötti különbségek pontos meghatározásához.

7.1. A kukorica vetőmag-előállítás területének talajadottsága

A vizsgált terület 580,4 ha szántó volt, mely a Hajdúsági löszháton, Hajdúszoboszló dél-délnyugati és északkeleti részén helyezkedett el. A kukorica vetőmag-előállító terület jellemzése genetikus talajtérképre alapozva térinformatikai eszközökkel történt. A genetikus talajtérképek digitalizálását valamint a térinformációs adatbázis kialakítását *ArcGis 9.1* szoftverkörnyezetben végeztem. A digitalizált talajtérképek attribútum táblázatainak exportálása után az attribútum adatokból adatbázist készítettem, majd *SPSS for Windows 14.0* statisztikai programcsomaggal meghatároztam a különböző alapközetek, talajtípusok, talajfőtípusok és termőhelyi kategóriák területét (ha) és területi arányát.

A hajdúszoboszlói kukorica vetőmag-előállítás területén 2006-ban, ősszel és tavasszal, 119 mintavételi ponton 238 talajmintát vettem. A talajmintavétel digitalizált genetikus talajtérképre alapozva, *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával, előre kijelölt mintavételi pontokon, átlagosan 4 hektáronként, a talaj 0-30 centiméteres rétegében, 2006.05.20 és 2006.06.12 között, *Eikelkamp* típusú kézi talajfúróval történt. A talajmintavételt ősszel 2006.09.19 és 2006.10.02 között megismételtem. A talajadottságok értékelése során a tavaszi és az őszi talajmintavétel mintavételi pontonként átlagolt értékeit alkalmazva *SPSS for Windows 14.0* statisztikai programcsomaggal meghatároztam a különböző kötöttségű, kémhatású, sótartalmú, mész-, humusz-, nitrogén-, foszfor- és káliumellátottságú területek nagyságát (ha), valamint területi arányát (%).

A kukorica vetőmag-előállítás területének legnagyobb részén (67,3%) gyengén lúgos kémhatású talajok voltak találhatóak, de magas (18,1%) volt a gyengén savanyú területek aránya is. A vizsgált terület teljes egésze kis sótartalmúnak, 98,5 százaléka pedig igen gyenge és gyenge mésztartalmúnak bizonyult. A hajdúszoboszlói talajok többsége humuszban megfelelően és jól ellátottnak (70,1%), nitrogénben közepesen (100%), cinkben gyengén (96,5%) ellátottnak bizonyult. A foszfor- és káliumellátottság változatos volt, gyengén, közepesen, megfelelően, jól és igen jól ellátott területek is előfordultak. A legnagyobb területi arányt (AL-P₂O₅: 50,4%; AL-K₂O: 55,4%) a megfelelő és a közepes ellátottságú talajok képviselték.

A kukorica vetőmag-előállítás szempontjából kedvezőtlen, a gyengén savanyú (18,1%), az igen gyenge és gyenge mésztartalmú (98,5%), valamint a gyenge tápanyag-ellátottságú területek magas aránya.

7.2. A talajban hosszú idő alatt bekövetkezett változások

A kukorica vetőmag-előállítás terület talajmintavételi pontjainak kijelölése során 36 mintavételi pontot az 1964-66-os szelvényfeltárások helyén jelöltem ki. A 2006-os talajmintavétel eredményeit összehasonlítottam az 1964-66-os szelvényfeltárások talajvizsgálati jegyzőkönyvében rögzített értékekkel. Az eredményeket *SPSS for Windows 14.0* statisztikai programcsomaggal párosított t-próbával és Wilcoxon teszttel hasonlítottam össze 5 százalékos szignifikancia-szinten.

A két vizsgálati ciklus között a pH_(H₂O) és a mésztartalom tekintetében a Wilcoxon teszt azonosságot, a humusz-, vízdoldható összes só-, összes nitrogén-, AL-oldható foszfor- és káliumtartalom esetében a párosított t-próba szignifikáns különbséget igazolt. 40 év alatt statisztikailag igazolható mértékben csökkent a humusztartalom (0,99 m/m%), a sótartalom (0,034 m/m%) és az összes nitrogén mennyisége (551 mg·kg⁻¹), valamint szignifikáns mértékben növekedett az AL-oldható foszfor- (112 mg·kg⁻¹) és a káliumtartalom (92 mg·kg⁻¹).

Az eredmények a területen végzett gazdálkodás humuszfogyasztó jellegét és annak negatív hatását (humusztartalom csökkenése), valamint a '70-es években végzett feltöltő foszfor- és káliumtrágyázás sikerességét igazolta.

7.3. A vizsgált talajtípusok közötti különbségek

A talajtípusok közötti különbségek értékelése során a talajvizsgálati eredmények átlagértékeit, valamint a különböző kémhatású, kötöttségű, sótartalmú, mész-, humusz-,

nitrogén-, foszfor-, kálium- és cinkellátottságú talajfoltok területét és területi arányát hasonlítottam össze. A talajok közötti különbségek statisztikai értékelése a nem normál eloszlású talajparaméterekre nem paraméteres próbával (Kruskal-Wallis H teszt), a normál eloszlású talajtulajdonságokra paraméteres próbával (Duncan teszt és t-próba) történt 5 százalékos szignifikancia-szinten.

A csernozjom réti talaj teljes területe az agyagos vályog fizikai talajféleségbe tartozott, míg a másik két talaj esetében vályog területek is előfordultak, a réti csernozjom talajon 3,0%, a mészlepedékes csernozjom talajon 36,4% területi gyakorisággal.

A csernozjom réti talaj területén vett talajminták $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -ja a gyengén lúgos tartományba esett, míg a réti csernozjom és a mészlepedékes csernozjom talaj esetében gyengén savanyú (2,8% és 54,6%) és semleges területeket (4,7% és 33,3%) is azonosítottam.

A vizsgált talajok vízdoldható összes sótartalma egyik esetben sem haladta meg a kis sótartalmú talajokra jellemző sómennyiség alsó határát (0,1%), valamint alacsony volt a vizsgált talajok mésztartalma is. A legnagyobb területi arányban a mészlepedékes csernozjom talajon az igen gyenge (96,9%), a csernozjom réti és a réti csernozjom talajon a gyenge (90,6% és 74,5%) mésztartalmú talajok fordultak elő.

A humusszal megfelelően ellátott talajok aránya a csernozjom réti talajon volt a legnagyobb (85,8%), a réti csernozjom talajon kisebb (55,1%) és a mészlepedékes csernozjom talajon a legkisebb (24,2%). A mészlepedékes csernozjom területek többsége (69,7%) a közepes ellátottsági kategóriába esett. A három talajtípus nitrogénellátottsága a teljes területet tekintve a közepes ellátottsági kategóriába került.

A foszfortartalmat tekintve a legnagyobb területi arányt mindhárom talajon a közepes és a megfelelő ellátottsági kategória képviselte. A két ellátottsági kategória területi gyakorisága a mészlepedékes csernozjom talajon 66,7%, a csernozjom réti talajon 60,4%, a réti csernozjom talajon 41,4% volt. Az igen gyenge és gyenge foszfortartalmú területek aránya a réti csernozjom talajon (29,3%) meghaladta, a csernozjom réti talajon (19,1%) és a mészlepedékes csernozjom talajon (18,2%) meghatározott területi gyakoriságokat. A jó és igen jó foszforellátottságú talajok területi aránya a réti csernozjom talajon volt a legnagyobb (29,3%), a csernozjom réti talajon kisebb (20,5%) és a mészlepedékes csernozjom talajon a legkisebb (15,1%).

A foszforhoz hasonlóan a káliumellátottság is nagy változatosságot mutatott mindhárom talaj esetében, viszont a foszforral ellentétben káliummal igen gyengén

ellátott területek egyik talajtípuson sem fordultak elő. A közepes és a megfelelő káliumtartalmú területek aránya mindhárom talajon meghaladta az 50 százalékot, a mészlepedékes csernozjom talajon 10,7 százalékkal, a csernozjom réti talajon 7,2 százalékkal, a réti csernozjom talajon 1,0 százalékkal. A gyenge káliumellátottságú talajok területi gyakorisága a réti csernozjom talajon (18,6%) meghaladta a mészlepedékes csernozjom talajra (15,1%) és a csernozjom réti talajra (12,2%) jellemző területi arányokat. A jó és igen jó káliumtartalmú talajok tekintetében a csernozjom réti és a réti csernozjom talajra közel hasonló (30,6% és 30,4%), a mészlepedékes csernozjom talajra alacsonyabb (24,2%) területi gyakoriságot számoltam.

A csernozjom réti talaj és a réti csernozjom talaj teljes területe cinkben gyengén ellátottnak minősült, ezzel ellentétben a mészlepedékes csernozjom talaj területének 12,1 százaléka jó cinkellátottságot mutatott.

A Duncan teszt a vizsgált talajok sótartalmában nem mutatott statisztikailag igazolható különbségeket. A mészlepedékes csernozjom talaj cinktartalma szignifikánsan magasabbnak bizonyult a réti csernozjom és a csernozjom réti talaj esetében mért értékekhez viszonyítva, viszont nem volt statisztikai értelemben vett különbség a réti csernozjom és a csernozjom réti talaj cinktartalmában.

A t-próba szignifikancia-eredményei alapján nem adódott igazolható különbség a csernozjom réti és a réti csernozjom talaj humusz-, AL-oldható foszfor- és összes nitrogén tartalmában, az AL-oldható káliumtartalom pedig mindhárom talajtípuson azonosnak bizonyult.

A $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ tekintetében a t-próba minden talajtípus között szignifikánsan különbségeket igazolt. A csernozjom réti talaj $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -ja 0,2-del magasabb volt mint a réti csernozjom és 1,3-del magasabb mint a mészlepedékes csernozjom talaj esetében. A réti csernozjom és a mészlepedékes csernozjom talaj $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -ja közötti különbség 1,1 volt. Szignifikáns különbség adódott a csernozjom réti és a mészlepedékes csernozjom talaj humusz- (0,55 m/m%), AL-oldható foszfor- (45 mg·kg⁻¹) és összes nitrogén tartalmában (320 mg·kg⁻¹), továbbá statisztikailag igazolható különbség jelentkezett a réti csernozjom és a mészlepedékes csernozjom talaj humusz- (0,57 m/m%), AL-P₂O₅- (30 mg·kg⁻¹) és összes nitrogén tartalmában (331 mg·kg⁻¹).

A talajtípusok között jelentkező szignifikáns különbségek azt igazolják, hogy a talajadottságok értékelése során a vizsgálatokat talajtípusokra lebontva szükséges végezni, ugyanis a vizsgálati terület egységes értékelése során elfedjük azokat a különbségeket, melyek a kukorica vetőmag-előállítás hatékonyságát befolyásolják, de

talajtípusonként változnak, ezért a talajmintavételt is talajtípusonként, genetikus talajtérképre alapozva, előre kijelölt és ismert koordinátájú mintavételi pontokon szükséges elvégezni.

7.4. A SPAD-mérés megbízhatósági vizsgálata

A klorofill levéllemezen belüli megoszlását 29 db, a földfeletti 6-7. nóduszból eredő, 54-56 centiméteres levélen vizsgáltam, beltenyésztett kukoricavonalban, a címerhányás után. A levéllemezen 2 centiméterenként 48 mérési pontot jelöltem ki, majd a mért SPAD-indexeket mérési pontonként adatbázisban rögzítettem.

Az eredmények értékelését *SPSS for Windows 14.0* statisztikai programcsomaggal végeztem. A vizsgált leveleken mért értékeket mérési pontonként átlagoltam, és értékeltem a klorofill levéllemez hosszában történő eloszlását. A SPAD-érték a levéllemez alapi részétől (41-42 SPAD-érték) indulva növekszik a levélalaptól mért 10-16 centiméteres távolságig (44-45 SPAD-érték), ezt követően pedig csökken a levéllemez csúcsáig (27-29 SPAD-érték).

A klorofill levéllemez hosszában történő eloszlásának figyelembe vételével 5, 10, 14, 20 és 30 mérési pontból álló mérési módszereket határoztam meg. Az 5 pontos mérés esetében a levéllemez alsó harmadában kettő, a levéllemez felső harmadában pedig három mérési pontot jelöltem ki. A 10, 14, 20 és 30 pontos mérések esetében a levéllemez alapi részének jobb és bal oldalán jelöltem ki az első két mérési pontot, a többi mérési pontot pedig a levéllemez jobb és bal oldalán a levéllemez hosszában arányosan osztottam el.

A 48 pontos mérések eredményeiből levelenként 30 ismétlésben válogattam le SPAD-értékeket az 5, 10, 14, 20 és 30 pontos mérési módszereknek megfelelően.

Regresszió-analízissel értékeltem a mintavételi pontok számának összefüggését az átlagos SPAD-értékkal, a levélen belüli szórással és a levelek közötti szórással. A mérési pontok száma és az átlagos SPAD-index között gyenge ($R = 0,279$), a mérési pontok száma és a levelek belső szórása között erős ($R = 0,765$), a mérési pontok száma és a levelek közötti szórások között ($R = 0,570$) közepes összefüggést állapítottam meg.

A levelek közötti különbségek kimutatására alkalmas módszer meghatározása variancia analízissel (ANOVA) történt. A 30 ismétlésben leválogatott adatok alapján, minden ismétlésben variancia analízissel vizsgáltam a levelek közötti különbségeket és meghatároztam az F-próbastatisztika értékét. A 30 ismétlésben meghatározott F-értékek átlaga alapján értékeltem, hogy az adott mérési módszer milyen biztonsággal alkalmas a

levelek közötti különbségek kimutatására. A levelek közötti különbségek biztonságos kimutatása csak egynél nagyobb F-érték mellett lehetséges, valamint minél nagyobb az F-próbastatisztika, annál nagyobb valószínűséggel mutathatóak ki kisebb különbségek is. Az 5 pontos mérési módszer esetében az F-érték egynél kisebb, ezért a levelek közötti különbségek kimutathatósága bizonytalan. Az F-próbastatisztika a 10 pontos szisztematikus mérés esetében már egynél nagyobb értéket adott, vagyis a levelek átlagos SPAD-értékében jelentkező különbségek nagy biztonsággal történő kimutatásához legalább 10 ponton szükséges SPAD-mérést végezni. Ez abban az esetben igaz, ha a levelek közötti különbségek kimutatása során a levélen belül mért értékeket hasonlítjuk össze. A levelek közötti különbségek kimutatása történhet a levelek átlagos SPAD-indexe alapján is. Ebben az esetben elegendő öt ponton mérni a levelek SPAD-indexét, ugyanis a mérési pontok száma az átlagos SPAD-értékét kevésbé befolyásolja.

7.5. A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának értékelése

Hajdúszoboszló déli termelési körzetében 2007-ben egy vetőmag kukoricaállomány heterogenitását vizsgáltam karbonátos réti csernozjom talajon. A vizsgálatot beltenyésztett kukorica anyavonalon, nullapás vetésben végeztem egy 10,4 hektáros, alaptrágyázott ($160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ N}$, $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$) mintaterületen.

Az állományban véletlenszerűen lemértem 100 növény magasságát, és a mérési eredmények alapján 8 magassági kategóriát jelöltem ki: 20-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm, 90-100 cm, 100-110 cm. A helyszíni méréseket kétsoronként végeztem. A növényállomány magasságát mérőrúddal mérve meghatároztam, hogy az adott mérési ponton a növényállomány melyik magasság-kategóriába esik, a mérés helyének koordinátapontjait pedig *Trimble GPS Pathfinder ProXH* és *ArcPad 7.0* szoftver alkalmazásával rögzítettem. A növénymagasság mérését a címerezést követően, a megmaradt felső két levél metszéspontjáig, 2007.07.16 és 2007.07.20 között végeztem.

A különböző növénymagassággal jellemezhető állományfoltok területi lehatárolása és a mintavételi pontok kijelölése *ArcGis 9.1* szoftverkörnyezetben történt.

Mintavételi pontonként mértem a SPAD-indexet, termés-, levél- és talajmintát vettem.

A növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a SPAD-érték, a termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) és a SPAD-index, valamint a SPAD-érték és a levelek nitrogéntartalma közötti összefüggéseket regresszió-analízissel vizsgáltam.

A terméseredményekben jelentkező heterogenitásáért felelős tényezőket főkomponens-analízissel kerestem.

A mintaterületen legnagyobb arányban a 80-90 cm (37,9%) és a 70-80 cm magasságú (28,6%) állományfoltok, legkisebb gyakorisággal a 20-40 cm (0,3%) és a 40-50 cm (0,8%) növénymagasság-kategóriák fordultak elő. Alacsony volt a 100-110 centiméteres (1,1%) és az 50-60 centiméteres (3,4%) növényállományok területi gyakorisága. Közel hasonlóan alakult a 90-100 cm (14,3%) és a 60-70 cm (13,6%) magassággal jellemezhető állományrészek területi kiterjedése.

A vetőmag kukoricaállomány heterogenitásának vizsgálata során megállapítottam, hogy szoros összefüggés van a SPAD-index és a kukoricaszemek száma ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) ($R = 0,885$), a SPAD-érték és a termés ($\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$) között ($R = 0,896$). A regressziós egyenletek alapján a SPAD-indexből kiindulva növénymagasság-kategóriánként becsültem a növényenkénti szemszámot és a termést, majd a becsült értékeket viszonyítva a mért értékekhez meghatároztam a becslés pontosságát. A szemszám és a termés becslése a 90 cm alatti növényállományokban pontatlannak (60-87% és 59-89%), a 90 centiméternél magasabb növényállományokban pontosnak (92-94% és 94-97%) bizonyult. A SPAD-mérés eredményeire alapozva becsülhető a termés, viszont a becslés pontossága nagymértékben függ a növényi kondíciótól. A heterogén állományokban drasztikusan változik a növényi kondíció, ezért a SPAD-értékre alapozott termésbecslés csak a homogén állományokban lehet pontos.

A regresszió-analízis szoros összefüggést ($R^2 = 0,668$) igazolt a SPAD-index és a levelek nitrogéntartalma között is. A regressziós egyenlet alapján végzett nitrogéntartalom becslése minden növénymagasság-kategóriában pontos (89,4-99,6%) volt, vagyis a becslés pontosságát a növényi kondíció nem befolyásolta.

A vetőmag kukoricaállomány heterogenitását kiváltó tényezőket főkomponens-analízissel kerestem. A főkomponens súlyok alapján megállapítottam, hogy a növényenkénti szemszám ($\text{db}\cdot\text{tő}^{-1}$) (0,909), a levelek nitrogéntartalma (0,839) és a levelek cinktartalma (0,818) között szoros összefüggés adódott. A kálium gyenge (0,314), a többi felvett tápelem pedig igen gyenge (0,034-0,131) összefüggést mutatott a kukoricaszemek számával, a nitrogéntartalommal és a cinktartalommal. A $\text{g}\cdot\text{tő}^{-1}$ értékben kifejezett termés (0,913) szintén a levelek nitrogéntartalmával (0,852) és

cinktartalmával (0,804) adott szoros összefüggést, amit a kálium gyenge (0,319) a többi tápelem pedig igen gyenge (0,035-0,139) mértékben befolyásolt.

A terméseredményeket a felvett tápelemek aránya is befolyásolta. A főkomponens súlyok alapján a növényenkénti szemszám (0,836) a P/Zn (-0,875), a N/Cu (0,753) és a N/P (0,716) arányokkal erős, a K/P aránnyal (0,601) közepes, a P/Cu aránnyal gyenge (-0,365), a többi vizsgált tápelemarányal igen gyenge (0,009-0,233) összefüggést adott. A $g \cdot t^{-1}$ értékben kifejezett termés (0,831) szintén a P/Zn (-0,866), a N/Cu (0,752) és a N/P (0,716) arányokkal mutatott erős, a K/P (0,611) aránnyal közepes, a P/Cu aránnyal gyenge (-0,365), a többi tápelemarányal igen gyenge (0,001-0,226) összefüggést.

A kukoricaszemek száma ($db \cdot t^{-1}$), a termés és a talajvizsgálati eredmények közötti összefüggések értékelése során igazolódott, hogy terméseredményekben jelentkező heterogenitást a talaj cinktartalmának és a $CaCl_2$ -oldható szerves nitrogénformák mennyiségének heterogenitása okozta. Főkomponens-analízist alkalmazva a szemszám (0,900) mellett magas főkomponens súllyal szerepelt a talaj 0-30 centiméteres rétegének cinktartalma (0,870) és a szerves nitrogénformák mennyisége (0,830). Az AL-oldható káliumtartalom (0,399) és a $pH_{(H_2O)}$ (-0,470) gyenge, a többi tápelem pedig igen gyenge (0,022-0,125) összefüggést mutatott a növényenkénti szemszámmal. A talaj 30-60 centiméteres rétegében vizsgált talajparaméterek közül szintén a cinktartalom (0,868) és a szerves nitrogénformák mennyisége (0,813) adott szoros összefüggést a tövenkénti szemszámmal (0,869). Az összefüggésrendszer a szerves nitrogénformák gyenge (0,325), a többi talajparaméter igen gyenge (0,120-0,290) mértékben befolyásolta.

A szemszámhoz ($db \cdot t^{-1}$) hasonlóan a $g \cdot t^{-1}$ értékben kifejezett termés (0,883) a talaj felső 30 centiméteres rétegének talajvizsgálati eredményei közül a cinktartalommal (0,872) és a $CaCl_2$ -oldható szerves nitrogénformákkal (0,820) szoros, az AL-oldható káliumtartalommal (0,391) és a $pH_{(H_2O)}$ -val (-0,478) gyenge, a többi tápelemmel pedig igen gyenge (0,010-0,141) összefüggést adott. A talaj 30-60 centiméteres rétegében vizsgált talajparaméterek közül szintén a cinktartalom (0,877) és a szerves nitrogénformák mennyisége (0,817) volt szoros összefüggésben a terméssel (0,835), amit a többi vizsgált talajparaméter igen gyenge (0,129-0,291) mértékben befolyásolt.

A heterogenitás-vizsgálatok igazolták, hogy a kukorica-vetőmag előállítás hatékonyságát alapvetően a talajok alacsony cinktartalma és a szerves nitrogén tartalma, kis mértékben pedig a foszfor és a kálium aránytalan felvétele korlátozta.

A főkomponens-analízis szoros összefüggést igazolt a levelek nitrogéntartalma (0,811), a SPAD-index (0,913), valamint a talaj 0-30 centiméteres rétegének cinktartalma (0,898) és a szerves nitrogénformák mennyisége (0,752) között, amit kis mértékben a $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (-0,353) és a talaj káliumtartalma (0,324) is befolyásolt. A talaj 30-60 centiméteres rétegében vizsgált talajparaméterek közül a cinktartalom erős (0,725), a szerves nitrogén közepes (0,508) összefüggést adott a felvett nitrogénnel (0,919) és a SPAD-értékkel (0,922).

A levelek nitrogéntartalmában és a SPAD-értékben jelentkező variabilitásért a talaj cink- és szerves nitrogén tartalmában jelentkező heterogenitás volt felelős. A vizsgálati eredmények egyértelműen igazolták, hogy a cinkhiányos területeken a SPAD-indexben a levelek nitrogénellátottságán keresztül a cinkhiány is kifejeződik, ezért a SPAD-értéken alapuló nitrogénhiány és a műtrágyadózisok kalkulálása során figyelembe kell venni a cinkhiány SPAD-index befolyásoló hatását is.

7.6. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága

A természetes alapanyagú lombtrágyák (Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Prémium) hatékonyságának vizsgálatát Hajdúszoboszló déli termelési körzetében, réti csernozjom talajon, alaptrágyázott ($130\text{-}160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ N}$, $80\text{-}85 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $70\text{-}80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$) vetőmag kukoricaállományban, nullapás vetésben végeztem három egymást követő évben (2006, 2007, 2008).

A lombtrágyák kijuttatása állománykezelésben 5-8 leveles állapotban és a címerhányás előtt egy-másfél héttel, illetve tarlókezelésben őszi, Berthoud Boxer 3000-es permetezőgéppel történt.

A vizsgálat első évében (2006) Natur Plasmát alkalmaztam állománykezelésben 2,5 százalékos töménységben ($6,4 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, $250 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ vízzel). Az állománykezelés eredményeként a kontrolhoz viszonyított javulás a szemszámban átlagosan $59 \text{ db}\cdot\text{tő}^{-1}$, a termésben $14,2 \text{ g}\cdot\text{tő}^{-1}$ ($0,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) volt. A kontrol és a kezelt állomány közötti különbség szignifikánsnak bizonyult.

A 2007-es évben állománykezelést végeztem Natur Plasmával és cinkkel dúsított Natur Plasmával 2,5 százalékos ($6,4 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, $250 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ vízzel), Amalgerol Prémiummal 1,0 százalékos töménységben ($2,5 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, $250 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ vízzel) és a Natur Vita 250 g $\cdot\text{ha}^{-1}$ dóziséval ($250 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ vízzel). Tarlókezelésben Amalgerol Prémiumot 2,0 százalékos ($6,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, $300 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ vízzel) és Natur Plasmát 3,2 százalékos töménységben ($10 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, $300 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ vízzel) juttattam ki. A terméseredmények statisztikai értékelése során a különböző

természetes alapanyagú lombtrágyák (Natur Plasma, Amalgerol Prémium) termésmenővelő hatása a tarlókezelésben nem igazolódott. Az 5-8 leveles állapotban és a címerhányás előtt kijuttatott lombtrágyák (Natur Plasma, cinkkel dúsított Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Prémium) 41-84 db·tő⁻¹ javulást eredményeztek a kukoricaszemek számában, 5,4-11,9 g·tő⁻¹ (0,3-0,7 t·ha⁻¹) növekedést a termésben. A kontrol és az állománykezelések közötti különbségek szignifikánsnak bizonyultak.

A vizsgálat utolsó évében (2008) a Natur Plasma 2,5 százalékos (6,4 l·ha⁻¹, 250 l·ha⁻¹ vízzel), az Amalgerol Prémium 1,0 százalékos (2,5 l·ha⁻¹, 250 l·ha⁻¹) és a Natur Vita 250 g·ha⁻¹ dózisát alkalmaztam állománykezelésben. Kombinált kezelésben 2008.06.09-én Amalgerol Prémium (5,0 l·ha⁻¹), 2008.07.07-én és 2008.07.21-én Natur Plasma (5,0 l·ha⁻¹) került kijuttatásra. A 2008-as év eredményei alapján a vizsgált készítmények a kontrolhoz képest 2,6-5,5 SPAD-érték növekedést, 9-39 db·tő⁻¹ értékkel nagyobb szemszámot és 8,1-11,3 g·tő⁻¹ (0,5-0,7 t·ha⁻¹) termésmenőbbltet eredményeztek. A kontrol és az állománykezelések közötti különbségek szignifikánsnak bizonyultak.

A pollenszórás időszakának (július) átlagos 14 órás relatív légköri nedvessége 2006-ban 46%, 2007-ben 44%, 2008-ban 59% volt. A legkisebb mért érték 26-35%, a legnagyobb mért érték 78-93% között változott. A júliusi hónapban a 45% alatti relatív nedvességű napok száma 2006-ban és 2007-ben volt a legnagyobb (19-21 nap), vagyis a kukoricaszemek száma (db·tő⁻¹) szempontjából a 2006-os és 2007-es év kedvezőtlenebb volt, mint a 2008-as. A terméseredményekből következik, hogy a vizsgált készítmények állománykezelésben 5-8 leveles állapotban és a címerhányás előtt egy-másfél héttel kijuttatva a csapadékhiány és légköri aszály termésmenőcsökkentő hatását kompenzálni képesek.

8. SUMMARY

In 2006, I examined the soil endowments of the maize sowing seed production area of Hajdúszoboszló, then I examined the heterogeneity of a sowing seed maize population and the soil-related factors responsible for this heterogeneity on a 10.4 ha plot in 2007.

In order to improve the yields of the sowing seed maize populations, I tested the efficacy of natural foliar fertilisers (Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Premium) in two dry (2006, 2007) years and a wet year (2008).

During the examination of the heterogeneity of the maize sowing seed population and efficacy analysis of natural foliar fertilisers, I also performed SPAD measurements, therefore, I worked out a measurement method to determine the average SPAD values of leaves and the differences between the leaves.

8.1. Soil endowments of the maize sowing seed production area

The examined area was a 580.4 ha plough-land on the Hajdúság loess ridge, located in the south-southwestern and the northeastern part of Hajdúszoboszló. The characterisation of maize sowing seed production was done by GIS tools based on genetic soil maps. I digitalised the map and developed the GIS database using *ArcGis 9.1*. After the exporting of the attribute tables of the digitalised soil maps, I made a database consisting of the attribute data and I determined the area (ha) and territorial proportion of the different base rocks, soil types, soil main types and production site categories.

In 2006, during the autumn and spring, I collected 238 soil samples from 119 sampling points on the maize sowing seed production area around Hajdúszoboszló. I performed the soil sampling on the basis of a genetic soil map, using *Trimble GPS Pathfinder ProXH* and *ArcPad 7.0* software on previously designated sampling points, every 4 hectares on average in the 0-30 cm depth of the soil between 20/05/2006 and 19/09/2006 by using an *Eikelkamp* manual auger. I repeated the soil sampling during the autumn between 19/09/2006 and 2/10/2006. During the evaluation of the soil endowments, I used the averaged values of the autumn and spring soil sampling points and I used *SPSS for Windows 14.0* to determine the sizes (ha) and territorial ratios (%) of areas that have different plasticity, acidity, salt content, line, humus, nitrogen, phosphorus and potassium supply.

The main part (67.3%) of the maize sowing seed production area is alkaline soils, but there was also a significant proportion of slightly acidic areas (18.1%). The entire examined area had low salt content and 98.5% had very low or low lime content. The majority of soils around Hajdúszoboszló was well and adequately supplied with humus (70.1%), moderately supplied with nitrogen (100%) and weakly supplied with zinc (96.5%). The levels of phosphorus and potassium supply varied, there were weakly, moderately, adequately, well and very well supplied areas. The highest proportion of soils had adequate and moderate levels of supply (AL-P₂O₅: 50.4%; AL-K₂O: 55.4%).

From the aspect of maize sowing seed production, it is unfavourable that the ratio of slightly acidic (18.1%) soils and soils that have low lime content (98.5%), as well as those that are weakly supplied with nutrients are also high.

8.2. Changes that occurred in the soil over a long period

During the designation of the soil sampling points of the maize sowing seed production area, I pointed out 36 sampling points along the locations of the profile explorations done in 1964-66. I compared the results of the 2006 soil sampling to those logged in the soil analysis report done during the profile explorations in 1964-66. I used *SPSS for Windows 14.0* to perform a paired t test and a Wilcoxon test to compare the results at a 5% level of significance.

As regards pH_(H₂O) and lime content, the Wilcoxon test showed identity between the two research periods, whereas the humus content, total water-soluble salt content, total nitrogen content, AL-soluble phosphorus and potassium contents were shown to have significant differences on the basis of the paired t test. Over 40 years, there were significant decreases in humus content (0.99 m/m%), salt content (0.034 m/m%) and the total nitrogen content (551 mg·kg⁻¹), and there were significant increases in the amount of AL-soluble phosphorus (112 mg·kg⁻¹) and potassium content (92 mg·kg⁻¹).

The results showed the humus-consuming feature and negative effect (decrease of humus content) of the activity carried out in the area, as well as the success of replenishing phosphorus and potassium fertilisation performed in the '70s.

8.3. Differences between the examined soil types

During the evaluation of the differences between soil types, I compared the average results of soil analysis and areas and territorial proportion of the soil patches that have different acidity, plasticity, salt content, lime, humus, nitrogen, phosphorus, potassium

and zinc supply. The statistical evaluation of the difference between soils in the case of soil characteristics that do not have a normal distribution was done by a non-parametric test (Kruskal-Wallis H test), whereas a parametric test (Duncan test and t test) was used at a 5% significance level in the case of soil characteristics that have normal distribution. The entire area of chernozem meadow soil belonged to the loamy adobe physical category, whereas there were adobe soils among the two other types at a 3.0% frequency on meadow chernozem soil and 36.4% on calcareous chernozem soil.

The $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ of the soil samples taken from chernozem meadow soil fell into the slightly alkaline range, whereas I also identified slightly acidic (2.8% and 54.6%) and neutral areas (4.7% and 33.3%) in the case of meadow chernozem and calcareous chernozem soils.

The total water-soluble salt content of the examined soils was not more than the lower bound of the salt content characteristic of low salt content soils (0.1%) and the lime content of the examined soils was also low. The highest territorial proportions were represented by calcareous chernozem soils with very low lime content (96.9%) and chernozem meadow and meadow chernozem soils with low lime content (90.6% and 74.5%).

The proportion of soils adequately supplied with humus was the highest on chernozem meadow soil (85.8%), whereas it was lower on meadow chernozem soil (55.1%) and the lowest on calcareous chernozem (24.2%). The majority of calcareous chernozem soils (69.7%) fell into the category of soils moderately supplied with humus and the nitrogen content of all three soil types was average in the whole area.

As regards the phosphorus content, the highest territorial proportion was represented by the average and adequate level of supply category on all three soils. The territorial frequency of the two supply level categories was 66.7% on calcareous chernozem soil, 60.4% on chernozem meadow soil and 41.4% on meadow chernozem soil. The proportion of areas very weakly or weakly supplied with phosphorus was higher in the case of meadow chernozem soil (29.3%) than those of chernozem meadow soil (19.1%) and calcareous chernozem soil (18.2%). The territorial proportion of soils well and very well supplied with phosphorus was the highest on meadow chernozem soil (29.3%) and it was lower on chernozem meadow (20.5%) and the lowest on calcareous chernozem soil (15.1%).

Similarly to phosphorus, the level of potassium supply also showed great diversity concerning all three soils, but there were no soils that are very weakly supplied with

potassium on any of the soil types, as opposed to phosphorus. The ratio of areas moderately and adequately supplied with potassium was more than 50% on all three soil. It exceeded 50% by 10.7% on calcareous chernozem soil, by 7.2% on chernozem meadow soil and by 1.0% on meadow chernozem soil. The territorial frequency of soils weakly supplied with potassium on meadow chernozem soil (18.6%) was more than that of calcareous chernozem soil (15.1%) and chernozem meadow soil (12.2%). As for soils well and very well supplied with potassium, I obtained nearly similar values in the case of chernozem meadow and meadow chernozem soils (30.6% and 30.4%), whereas the territorial frequency of such soils was lower in the case of calcareous chernozem soil (24.2%).

The entire area of chernozem meadow soil and meadow chernozem soil was weakly supplied with zinc, whereas 12.1% of the calcareous chernozem soil showed good zinc supply.

The Duncan's test showed no significant difference between the salt contents of the examined soils. The zinc content of the calcareous chernozem soil was shown to be significantly higher than that of meadow chernozem and chernozem meadow soils, but there was no significant difference between the zinc contents of meadow chernozem and chernozem meadow soils.

Based on the significance results of the t test, there was no significant difference between the humus-, AL-soluble phosphorus and total nitrogen contents of chernozem meadow and meadow chernozem soils, whereas the AL-soluble potassium content was identical in all three soils.

As for $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$, t test showed significant differences in the case of all three soil types. The $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ of chernozem meadow soil was higher than that of meadow chernozem by 0.2 and also higher than the value obtained in the case of calcareous chernozem soil by 1.3. The difference between the soil $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ of meadow chernozem and the calcareous chernozem soil was 1.1. There was a significant difference between the chernozem meadow and the calcareous chernozem soil as regards their humus content (0.55 m/m%), AL-soluble phosphorus ($45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and total nitrogen content ($320 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Furthermore, significant difference was found between the meadow chernozem and calcareous chernozem soil concerning their humus- ($0.57 \text{ m/m}\%$), AL- P_2O_5 - ($30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and total nitrogen content ($331 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

The obtained significant differences among soil types show that it is necessary to perform the examinations per soil type during the evaluation of soil endowments, as the

uniform evaluation of the examined area would neglect the differences that affect the efficiency of maize sowing seed production. Nevertheless, these characteristics change in each soil type, therefore, soil sampling has to be done individually per soil type, on the basis of a genetic soil map, performing on previously designated sampling points whose coordinates are known.

8.4. Examination of the reliability of the SPAD measurements

I examined the distribution of chlorophyll within the leaf-blade on 29 54-56 cm long leaves grown from the 6-7 nodes in an inbred population after tasselling. I designated 48 measurement points on the leaf every 2 cm then I logged the SPAD results per measurement point in a database.

I used *SPSS for Windows 14.0* to evaluate the results. I averaged the results obtained from the examined leaves per measurement point and I evaluated their distribution alongside the leaf. The SPAD value of the maize leaf increased from the basal part of the leaf-blade (41-42) to the 10-16 cm long distance (44-45) and then it started to decrease until the top of the leaf-blade (27-29).

Considering the distribution of chlorophyll alongside the leaf-blade, I determined measurement methods consisting of 5, 10, 14, 20 and 30 measurement points. As for the 5 point measurement, I designated two points in the lower part and three points in the upper part of the leaf. In the case of the 10, 14, 20 and 30 point measurements, I set out the first two points on the right and left side of the leaf-blade's basal part and I distributed the rest along the right and left side of the leaf-blade proportionally.

Using the results of the 48 point measurements, I collated SPAD values in 30 replications per leaf in accordance with the 5, 10, 14, 20 and 30 point measurement methods.

I used regression analysis to evaluate the correlation of the number of measurement points and the average SPAD readings, the standard deviation within the leaf and between leaves. I obtained a weak correlation between the number of measurement points and the average SPAD values ($R = 0.279$), a strong one between the number of measurement points and the standard deviation within the leaf ($R = 0.765$) and an average correlation between the number of measurement points and the standard deviation between leaves ($R = 0.570$).

The determination of the method suitable for the detection of differences between leaves was done by variance analysis (ANOVA). Based on the data collated in 30

replications, I examined the differences between leaves in each replication and determined the value of F test statistics. Based on the average of F values, I evaluated the confidence level of the given measurement method in detecting the differences between leaves. The difference between the leaves can only be detected with an F value higher than 1. Also, the higher the F test statistics are, the higher the probability of being able to detect smaller differences is. As for the 5 point measurement method, the F value is lower than one, therefore, the differences between the leaves cannot strictly be detected. The F test provided a value higher than one in the case of the 10 point measurement method, therefore, the differences between the average SPAD values of leaves can only be reliably shown if at least the 10 point measurement method is performed. It is true in the case if we compare the values within leaves during the detection of differences between leaves. The detection of differences between leaves could also be done on the basis of the average SPAD values of leaves. In this case, it is enough to measure the SPAD values of leaves on five points, as the number of measurement points affects the average SPAD value to a lesser extent.

8.5. Method of evaluating the heterogeneity occurring in the sowing seed maize population

In 2007, I examined the heterogeneity of a sowing seed maize population in the southern production area of Hajdúszoboszló on calcareous meadow chernozem soil. I performed the examination in an inbred female line in a zero male sowing on a 10.4 ha sample plot with basic fertiliser treatment ($160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ N}$, $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$).

I measured the heights of 100 randomly chosen crops and I set up 8 height categories on the basis of my measurements: 20-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm, 90-100 cm, 100-110 cm. I performed the local measurements every two lines. I measured the height of the crop population using a measurement rod, thereby determining which height category the crop population falls into in the given measurement point, whereas I logged the coordinates of the measurement point using *Trimble GPS Pathfinder ProXH* and *ArcPad 7.0*. I made measurements of the plant height after tasselling until the intersection of the remaining two upper leaves between 16/07/2007 and 20/07/2007.

The aerial bordering of the population patches that can be characterised by different plant height data and the designation of the sampling points were done using *ArcGis 9.1*.

I measured the SPAD values of leaves in every measurement point, I collected yield, leaf and soil samples.

I used regression analysis to examine the correlations between the grain number per plant (grains-stem⁻¹) and SPAD values, between yield (g-stem⁻¹) and SPAD values and the SPAD values and the nitrogen content of leaves.

I used main component analysis to search for the factors responsible for the heterogeneity in yield results.

In the experimental area, the higher proportion of population patches was represented by the 80-90 cm high (37.9%) and the 70-80 cm high (28.6%) parts and the least frequent crop height categories were the 20-40 cm high (0.3%) and the 40-50 cm high (0.8%) patches. The territorial frequency of the 100-110 cm high (1.1%) and the 50-60 cm high (3.4%) population patches was also low. The ratios of 90-100 cm high (14.3%) and 60-70 cm high (13.6%) patches were nearly identical.

During the examination of the heterogeneity of the sowing seed maize population, I established that there was a close correlation between SPAD values and the number of maize grains (grains-stem⁻¹) ($R = 0.885$), and between SPAD values and yield (g-stem⁻¹) ($R = 0.896$). Based on the regression equations, taking SPAD values as a basis, I estimated the grain number and yield per crop per plant height category, then I determined the accuracy of estimation by comparing the estimated values to the measured ones. The estimation of the number of grains and yield was inaccurate in populations shorter than 90 cm (60-87% and 59-89%), but it was accurate if the crops were taller than 90 cm (92-94% and 94-97%). Based on the SPAD readings, yield can be estimated, but the accuracy of estimation largely depends on the crop conditions. Crop conditions drastically change in heterogeneous populations, therefore, the yield estimation based on SPAD values can only be accurate in homogeneous populations.

The regression analysis showed a close correlation ($R^2 = 0.668$) between the SPAD values and the nitrogen content of leaves, too. The estimation of nitrogen content performed on the basis of the regression equation was accurate in all crop height category (89.4-99.6%) therefore, the accuracy of estimation was not affected by crop conditions.

I used main component analysis to search for the factors eliciting the heterogeneity of sowing seed maize population. Based on the main component weights, I established that there was a close correlation between the number of grains per crop (grains-stem^{-1}) (0.909), the nitrogen content (0.839) and zinc content of leaves (0.818). Potassium showed a weak correlation (0.314) and the other nutrients showed a very weak correlation (0.034-0.131) with the maize grain number, nitrogen and zinc content. Yield (0.913) expressed in g-stem^{-1} also showed a close correlation with the nitrogen content (0.852) and zinc content of leaves (0.804) that was weakly affected by potassium (0.319) and very weakly affected by the other nutrients (0.035-0.139).

Yield was also affected by the ratio of nutrients taken up by the crop. Based on the main component weights, grain number per crop (0.836) had a strong correlation with P/Zn (-0.875), N/Cu (0.753) and N/P (0.716) proportions, whereas it had an average correlation with K/P (0.601) ratio and a weak one with the P/Cu ratio (-0.365). It showed a rather weak correlation with the other examined nutrients (0.009-0.233). Yield expressed in g-stem^{-1} (0.831) also showed a strong correlation with P/Zn (-0.866), N/Cu (0.752) and N/P (0.716) ratios, an average one with K/P (0.611) and a weak correlation with P/Cu (-0.365). Again, there was a very weak correlation between yield and the other nutrients (0.001-0.226).

During the evaluation of the correlations between the maize grain number (grains-stem^{-1}), yield and the soil analysis results, it was shown that the heterogeneity in yield was caused by the heterogeneity in the zinc content of soil and the quantity of CaCl_2 -soluble organic nitrogen in the soil. Besides the grain number (0.900), the zinc content of the upper 0-30 cm layer of soil and the quantity of organic nitrogen forms had a high main component weight (0.870; 0.830). AL-soluble potassium (0.399) and $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (-0.470) showed a weak correlation with the number of grains per crop, whereas this correlation was very weak (0.022-0.125) concerning the other nutrients. Of the soil parameters in the 30-60 cm layer of soil, again, it was the zinc content (0.868) and the quantity of organic nitrogen forms (0.813) that showed close correlations with the grain number per stem (0.869). The system of correlations was weakly affected by inorganic nitrogen forms (0.325) and it was very weakly affected by the other soil parameters (0.120-0.290).

Similarly to the grain number (grains-stem^{-1}), of the soil analysis results of the upper 30 cm soil layer, yield expressed in g-stem^{-1} (0.883) showed a close correlation with zinc content (0.872) and the CaCl_2 -soluble organic nitrogen forms (0.820), a weak

correlation with AL-soluble potassium (0.391) and $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (-0.478) and a very weak one with the other nutrients (0.010-0.141). Of the examined soil parameters in the upper 30-60 layer, again, only zinc (0.877) and the quantity of organic nitrogen forms (0.817) showed close correlation with yield (0.835), which was very weakly affected by the other examined soil parameters (0.129-0.291).

The heterogeneity examinations showed that the efficiency of maize sowing seed production was basically restricted by the low zinc and organic nitrogen content of soils and it was slightly restricted by the disproportionate uptake of phosphorus and potassium.

The main component analysis showed a close correlation between the nitrogen content of leaves (0.811), SPAD values (0.913), the zinc content of the 0-30 cm layer of the soil (0.898) and the quantity of organic nitrogen forms (0.752), which was slightly affected by the $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (-0.353) and the potassium content of the soil (0.324). Of the examined soil parameters in the upper 30-60 cm layer, zinc content showed a close correlation (0.725), whereas the organic nitrogen showed an average correlation (0.508) with the nitrogen taken up by the crop (0.919) and SPAD values (0.922).

The variability in the nitrogen content of leaves and the SPAD values was caused by the heterogeneity in the zinc and organic nitrogen content of the soil. The research results clearly showed that zinc shortage is also shown through the nitrogen supply of leaves in the SPAD values in areas where the zinc content is inadequate, therefore, during the calculation of the nitrogen shortage based on the SPAD values and the fertiliser doses, one has to consider the effect of zinc shortage on SPAD values.

8.6. Efficacy of natural foliar fertilisers

I examined the efficacy of natural foliar fertilisers (Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Premium) in three subsequent years (2006, 2007, 2008) in the southern production area of Hajdúszoboszló on meadow chernozem soil in a zero male sowing with basic fertiliser treatment ($130\text{-}160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, $80\text{-}85 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P_2O_5 , $70\text{-}80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K_2O).

The population treatments took place twice, at the 5-8 leaf stage and one-one and a half weeks before tasselling, as well as during the stubble-field treatment in the autumn, using a Berthoud Boxer 3000 sprayer.

In the first year of examinations (2006), I used Natur Plasma in population treatment in 2.5% concentration ($6.4 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ with $250 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ water). As a result of the population

treatment, the improvement of grain number in comparison with the control was 59 grains·stem⁻¹ on average, whereas yield increased by 14.2 g·stem⁻¹ (0.9 t·ha⁻¹). There was a significant difference between the control and the treated population.

In 2007, I performed population treatment with Natur Plasma and Natur Plasma enriched with zinc in 2.5% concentration (6.4 l·ha⁻¹, with 250 l water), with Amalgerol Premium in 1.0% concentration (2.5 l·ha⁻¹, with 250 l·ha⁻¹ water) and 250 g·ha⁻¹ Natur Vita (with 250 l·ha⁻¹ water). As for stubble-field treatment, I applied Amalgerol Premium in 2.0% concentration (6.0 l·ha⁻¹, with 300 l·ha⁻¹ water) and Natur Plasma in 3.2% concentration (10 l·ha⁻¹, with 300 l·ha⁻¹ water). During the statistical evaluation of yield, the yield increasing effect of the different natural foliar fertilisers (Natur Plasma, Amalgerol Premium) was not shown. The foliar fertilisers applied at the 5-8 leaf stage and before tasselling (Natur Plasma, Natur Plasma enriched with zinc, Natur Vita, Amalgerol Premium) resulted in an improvement of 41-84 grains·stem⁻¹ in the number of maize grains and 5.4-11.9 g·stem⁻¹ (0.3-0.7 t·ha⁻¹) in yield. There were significant differences between the control and the population treatments.

In the last year of examinations (2008), I used the 2.5% dose of Natur Plasma (6.4 l·ha⁻¹, with 250 l·ha⁻¹ water), 1.0% dose of Amalgerol Premium (2.5 l·ha⁻¹, 250 l·ha⁻¹) and 250 g·ha⁻¹ dose of Natur Vita in population treatment. Amalgerol Premium (5.0 l·ha⁻¹) (09/06/2008), and Natur Plasma (5.0 l·ha⁻¹) (07/07/2008 and 21/07/2008) were applied in combined treatment. Based on the results of 2008, the examined products resulted in 2.6-5.5 increase in SPAD readings, 9-39 grains·stem⁻¹ increase in grain number and 8.1-11.3 g·stem⁻¹ (0.5-0.7 t·ha⁻¹) yield surplus in comparison with the control. There were significant differences between the control and the population treatments.

The average 14 hour long atmospheric humidity during the period of pollen spread (July) was 46% in 2006, 44% in 2007 and 59% in 2008. The smallest measured value was between 26-35%, whereas the biggest one was between 78-93%. In July, the number of days of relative humidity less than 45% was the highest in 2006 and 2007 (19-21 days), that is, as regards the number of maize grains (grains·stem⁻¹), 2006 and 2007 were less favourable than 2008. It follows from the yield data that the examined products are able to counterbalance the yield reduction effect of precipitation shortage and atmospheric drought if they are applied at the 5-8 leaf stage and one-one and a half weeks before tasselling in population treatment.

9. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

- Anda A.*: 1986. A kukorica (*Zea mays* L.) levélfelületének meghatározására alkalmas módszerek összehasonlítása. *Növénytermelés*. 35. 2 : 99-108.
- Arregui, L. M. – Lasa, B. – Lafarga, A. – Iraneta, I. – Baroja, E. – Quemada, M.*: 2006. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 24. 2: 140-148.
- Avdonyin, N. Sz.*: 1972. Savanyú talajok termékenységének fokozása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Ángyán J.*: 1985. Nagyüzemi árukukorica-termesztés - A kukoricatermesztés területi elhelyezése. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 199-228.
- Ángyán J. – Bakonyi G. – Barczy A. – Birkás M. – Bogdányi F. – Böjtös Zs. – Ferencsik I. – Fodor Z. – Grónás V. – Jeney Zs. – Kiss J. – Koczka N. – Kondora C. – Kupi K. – Máté A. – Menyhért Z. – Nagy G. – Nyárai H. F. – Ónodi G. – Podmaniczky L. – Rózsás A. – Szalai T. – Tirczka I. – Varga A.*: 1997. Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Ángyán J. – Menyhér Z.*: 1988. Integrált alkalmazkodó növénytermesztés. GATE – KSZE, Gödöllő - Szekszárd.
- Árendás T. – Sarkadi J.*: 1995. P-hatások és -utóhatások erdőmaradványos csernozjomon. *Növénytermelés*. 44. 3: 271-281.
- Bacsó A. – Bartófi I. – Dezső I. – Fekete J. – Maul F. – Stefanovits P. – Tomkó B. – Tusz Zs.*: 1977. Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Balázs E.*: 2005. Állásfoglalás a génmódosított, a hagyományos és a biotermesztett növények adott térségben együtt folytatott termesztésének kérdésében. *Magyar Tudomány*. 166. 8: 1026-1028.
- Baloghné Nyakas A.*: 2005. Mezőgazdasági növényrendszertan. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Mezőgazdasági Növénytan és Növényélettani Tanszék, Debrecen.
- Bankó L. – Hoffmann S. – Debreczeni K.*: 2007. A talaj forróvíz-oldható C-frakciójának vizsgálata trágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 56. 2: 271-284.
- Baranyai F. – Fekete A. – Kovács I.*: 1987. A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Bauerle, W. L. – Weston, D. J. – Bowden, J. D. – Dudley, J. B. – Toler J. E.*: 2004. Leaf absorptance of photosynthetically active radiation in relation to chlorophyll meter estimates among woody plant species. *Scientia Horticulturae*. 101. 1-2: 169-178.
- Bálint A.*: 1985. A kukorica genetikája és nemesítése - A kukorica nemesítése. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 116-132.
- Bálint A.*: 1988. Heteróziselméletek. [In: Bálint A. (szerk.) Heterózisnemesítés.] Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Genetikai és Növénynemesítési Tanszék, Gödöllő, 6-12.
- Bálint A.*: 1990. Bevezetés a növénynemesítésbe. Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Genetikai és Növénynemesítési Tanszék, Gödöllő.
- Benett, J. M. – Mutt, L. S. M. – Rao, P. S. C. – Jones, J. W.*: 1988. Interactive effects of nitrogen and water stresser on biomass accumulation, nitrogen uptake, and seed yield of maize. *Field Crops Research*. 19. 4: 297-311.
- Berenguer, P. – Santiveri, F. – Boixaderac, J. – Lloveras, J.*: 2009. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 30. 3: 163-171.

- Berzsenyi Z.*: 1988. A N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára. *Növénytermelés*. 37. 6: 527-540.
- Berzsenyi Z.*: 1993. A N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea Mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikája eltérő évjáratban. *Növénytermelés*. 42. 5: 457-471.
- Berzsenyi Z. – Lap, D. Q.*: 2002. Kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek műtrágya-reakciójának vizsgálata különböző függvényekkel tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 51. 2: 171-187.
- Berzsenyi Z. – Lap, D. Q.*: 2003. A N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea Mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 52. 3-4: 389-408.
- Bindi, M. – Hacour, A. – Vandermeiren, K. – Craigon, J. – Ojanpera, K. – Selldén, G. – Högy, P. – Finnan, J. – Fibbi, L.*: 2002. Chlorophyll concentration of potatoes grown under elevated carbon dioxide and/or ozone concentrations. *European Journal of Agronomy*. 17. 4: 319-335.
- Bocz E.*: 1996a. Kukorica - Származása, morfológiája, biológiai jellemzői. [In: Bocz E., Késmárki I., Kováts A., Ruzsányi L., Szabó M (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 365-369.
- Bocz E.*: 1996b. Kukorica - Éghajlatigény, Talajigény, Talajművelés, Vetésváltás. [In: Bocz E., Késmárki I., Kováts A., Ruzsányi L., Szabó M. (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 379-387.
- Bocz E. – Kováts A. – Nagy J. – Sárvári M.*: 1996. Kukorica – Tápanyagellátás. [In: Bocz E., Késmárki I., Kováts A., Ruzsányi L., Szabó M. (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 389-394.
- Bodor P.-né.*: 1985. Nagyüzemi árukukorica-termesztés - A kukorica tápanyagellátása - A műtrágyázás módszerei és időzítése. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 288-310.
- Bogdán I.*: 1999. A műtrágyázás hatása a Bella TC kukoricahibrid (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéssel termesztésben. *Növénytermelés*. 48. 4: 403-412.
- Bohn, H. L. – McNeal, B. L. – O'Connor, G. A.*: 1985. Talajkémia. Mezőgazdasági Kiadó - Gondolat Kiadó, Budapest.
- Cartelat, A. – Cerovic, Z. G. – Goulas, Y. – Meyer, S. – Lelarge, C. – Prioul, J.-L. – Barbottin, A. – Jeuffroy, M.-H. – Gate, P. – Agati, G. – Moya, I.*: 2005. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*. 91. 1: 35-49.
- Carter, G. A.*: 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing*. 15. 3: 697-703.
- Chan, K. Y. – Heenan, D. P.*: 1999. Microbial-induced soil aggregate stability under different crop rotations. *Biology and Fertility of Soils*. 30. 1-2: 29-32.
- Chang, S. X. – Robinson, D. J.*: 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *Forest Ecology and Management*. 181. 3: 331-338.
- Chapman, S. C. – Barreto, H. J.*: 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*. 89. 2: 557-562.
- Chubachi, T. – Asano, I. – Oikawa, T.*: 1986. The diagnosis of nitrogen nutrition of rice plants (Sasanishiki) using chlorophyll meter. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 57. 2: 190-193.

- Cochran, V. L. – Elliot, L. F. – Papendick, R. I.: 1977. The production of phytotoxins from surface crop residues. *Soil Science Society of America Journal*. 41. 5: 903-908.
- Collins, H. P. – Rasmussen, P. E. – Douglas, Jr. C. L.: 1992. Crop Rotation and Residue Management Effects on Soil Carbon and Microbial Dynamics. *Soil Science Society of America Journal*. 56. 3: 783-788.
- Cookson, W. R. – Beare, M. H. – Wilson, P. E.: 1998. Effects of prior crop residue management on microbial properties and crop residue decomposition. *Applied Soil Ecology*. 7. 2: 179-188.
- Csathó P.: 1992. K- és P-hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 41. 3-4: 241-260.
- Csathó P. – Kádár I. – Sarkadi J.: 1989. A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 38. 1: 69-76.
- Csathó P. – Németh I. – Bircsák É. – Földiné Németh Zs. – Radimszky L. – Németh T.: 2005. A nitrogén-műtrágyázás utóhatásának vizsgálata dunántúli barna erdőtalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 54. 1-2: 59-76.
- D'Angelo, F. M. – Vandivire, M. V. – Sikora, T. – Sikora, F.: 2003. Estimating soil phosphorus requirements and limits from oxalate extract data. *Journal of Environmental Quality*. 32. 3: 1082-1088.
- Debreceni B.-né: 1985. A kukorica morfológiája, szövettana és élettana - A kukorica ásványi táplálkozása. [In: Menyhért Z. (szerk.) *A kukoricatermesztés kézikönyve*.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 76-95.
- Debreceni K. – Fischl K. – Heltai Gy. – Bálint Á.: 1998. A nitrogén műtrágyázás hatása a talajból származó különböző nitrogéntartalmú gázokra. *Növénytermelés*. 47. 2: 155-164.
- Dobos A. – Nagy J.: 1998. Az évjárat és a műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szarazanyag-termelésére. *Növénytermelés*. 47. 5: 513-524.
- Dobos A. – Nagy J.: 2003. Az Mv 484 SC hibrid vízleadás dinamikájának vizsgálata. [In: Marton L. Cs., Árendás T. (szerk.) *50 éves a magyar hibrid kukorica*.] Magyar Tudományos Akadémia, Mezőgazdasági Kutatóintézet, Martonvásár, 105-111.
- Emmerling, C. – Udelhoven, T.: 2002. Discriminating factors of the spatial variability of soil quality parameters at landscape-scale. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science (Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde)*. 165. 6: 706-712.
- Ertsey A. – Gál I. – Pusztai P. – Radics L. – Szemán B.: 2003. Kukorica. [In: Radics L. (szerk.) *Szántóföldi növénytermesztés*.] Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 110-134.
- Evans, J. R.: 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. *Oecologia*. 78. 1: 9-19.
- Feibo, W. – Lianghuan, W. – Fuhua, X.: 1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research*. 56. 3: 309-314.
- Fekete Z. – Hargitai L. – Zsoldos Z.: 1967. *Talajtan és Agrokémia*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Filep Gy.: 1995a. *Talajtani alapismeretek II. (Talajrendszertan és alkalmazott talajtan)*. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Talajtani és Mikrobiológiai Tanszék, Debrecen.
- Filep Gy.: 1995b. *Talajtani alapismeretek I. (Általános talajtan)*. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Talajtani és Mikrobiológiai Tanszék, Debrecen.
- Filep Gy.: 1995c. *Talajvizsgálat*. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Talajtani és Mikrobiológiai Tanszék, Debrecen.

- Filep Gy. – Füleky Gy.:* 1999. A talaj kémiai tulajdonságai. [In: Stefanovits P. (szerk.) Talajtan.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 86-130.
- Fox, R. H. – Piekielek, W. P. – Macneal, K. M.:* 1994. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 25. 3-4: 171-181.
- Füleky Gy.:* 1999. Növényi tápanyagok a talajban. [In: Stefanovits P. (szerk.) Talajtan.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 191-223.
- Füleky Gy. – Filep Gy.:* 1999. A talaj szerves anyagai. [In: Stefanovits P. (szerk.) Talajtan.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 71-85.
- Füleky Gy. – Kovács K.:* 1993. A tartós trágyázás hatásai a gödöllői barna erdőtalajon folyó tartamkísérletben III. - A talaj tulajdonságai. *Növénytermelés*. 42. 6: 527-537.
- FVM rendelet:* 48/2004 (IV.21) FVM rendelet a szántóföldi növényfajok vetőmagvainak előállításáról és forgalomba hozataláról.
- Gastal, F. – Lemaire, G.:* 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*. 53. 370: 789-799.
- Győrffy B. – I'Só I. – Bölöni I.:* 1965. Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Győri Z. – Sipos P.:* 2005. Kukoricahibridek minőségének változása agrotechnikai kísérletben. [In: Nagy J. (szerk.) Kukoricahibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Földműveléstani és Területfejlesztési Tanszék – MTA-DE Földműveléstani és Területfejlesztési Kutatócsoport, Debrecen, 101-114.
- Haller G.:* 2009. Növényvédőszeres, termésmenvelő anyagok 2009 II. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest.
- Harmati I.:* 1981. A kukoricaöntözés hatékonyságának növelési lehetőségei. *Tudomány és Mezőgazdaság*. 19. 4: 45-50.
- Harmati I.:* 1995. A kukorica nitrogén és foszfor műtrágyázása meszes réti talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 44. 1-2: 31-39.
- Havlin, J. L. – Kissel, D. E. – Maddux, L. D. – Claassen, M. M. – Long J. H.:* 1990. Crop Rotation and Tillage Effects on Soil Organic Carbon and Nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*. 54. 2: 448-452.
- Helmecki B.:* 1994. Mezőgazdasági mikrobiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Herke S.:* 1959. A szikességről általában. [In: Vezekényi E. (szerk.) Gazdálkodás szikeseinken.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 9-25.
- Hikosaka, K. – Terashima, I.:* 1996. Nitrogen partitioning among photosynthetic components and its consequence in sun and shade plants. *Functional Ecology*. 10. 3: 335-343.
- Huzsvai L. – Nagy J.:* 2003. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéssel termesztésben. *Növénytermelés*. 52. 5: 533-541.
- Huzsvai L. – Nagy J.:* 2004. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére kettős lineáris függvényekkel. *Növénytermelés*. 53. 4: 365-374.
- Huzsvai L. – Rátonyi T. – Nagy J. – Megyes A.:* 2003. A talajkímélő művelés hatása a talaj fizikai tulajdonságaira és a szervesanyag-körforgalmára. *Agrártudományi Közlemények - Acta Agraria Debreceniensis*. 12: 42-45.
- Huzsvai L. – Rátonyi T. – Megyes A. – Sulyok D.:* 2005. The effect of reduced tillage methods on physical characteristics of the soil and organic matter cycles. *Cereal Research Communications*. 33. 1: 399-402.
- Izsáki Z. – Iványi I.:* 2002a. A műtrágyázás hatása a talaj nitrogénmértékére és a NO₃-N kimosódására műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 51. 1: 115-124.

- Izsáki Z. – Iványi I.:* 2002b. Csernozjom réti talaj AL-oldható foszfor- és káliumtartalmának változása műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 51. 6: 703-712.
- Izsáki Z. – Lázár L.:* 2004. Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Janaki, P. – Thiyagarajan, T. M.:* 2004. Effect of SPAD techniques and planting density on 'y' leaf nitrogen concentration in transplanted rice. *Acta Agronomica Hungarica.* 52. 1: 95-104.
- Jászberényi I. – Loch J. – Sarkadi J.:* 1994. Experiences with 0.01M calcium chloride as an extraction reagent for use as a soil testing procedure in Hungary. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 25. 9-10: 1771-1777.
- Jongschaap, R. E. E. – Booij, R.:* 2004. Spectral measurements at different spatial scales in potato: relating leaf, plant and canopy nitrogen status. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.* 5. 3: 205-218.
- Justes, E. – Jeuffroy, M. H. – Mary, B.:* 1997. Wheat, barley, and durum wheat. [In: Lemaire, G. (Ed.) *Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops.*] Springer-Verlag, Berlin, 73-91.
- Kadlicskó B. – Krisztián J.:* 1993. A talajjavítás és a műtrágyázás hatása krónikusan elsavanyodott agyagbemosódásos barna erőtalajon. *Növénytermelés.* 42. 1: 73-83.
- Kádár I.:* 1987a. A talajtápanyag-vizsgálatok értelmezéséről. *Növénytermelés.* 36. 3: 211-216.
- Kádár I.:* 1987b. A növénymintavétel alapelvei és technikája. *Növénytermelés.* 36. 5: 395-404.
- Kádár I.:* 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. Magyar Tudományos Akadémia - Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest.
- Kádár I.:* 1998. Növényanalízis jelentősége és alkalmazhatósága a racionális tápanyaggazdálkodásban. *Agrofórum.* 9. 13: 52-55.
- Kádár I.:* 2006. Növény- és talajvizsgálatok értelmezése műtrágyázási tartamkísérletekben. *Növénytermelés.* 55. 1-2: 123-137.
- Kádár I.:* 2007a. Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969-2005 között. *Növénytermelés.* 56. 3: 147-159.
- Kádár I.:* 2007b. Kukorica utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1970-2006 között. *Növénytermelés.* 56. 5-6: 307-319.
- Kádár I. – Holló S.:* 2006. Műtrágyázás és meszezés hatása a 30 éves kompolti OMTK kísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* 55. 2: 433-448.
- Kádár I. – Márton L.:* 2007a. Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969-2005 között. *Növénytermelés.* 56. 3: 147-159.
- Kádár I. – Márton L.:* 2007b. Kukorica utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1970-2006 között. *Növénytermelés.* 56. 5-6: 307-319.
- Kádár I. – Németh T.:* 1993. Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 42. 4: 331-339.
- Kádár I. – Németh T.:* 2004. A NO₃-N és a SO₄-S lemosódása egy 28 éves műtrágyázási kísérletben. *Növénytermelés.* 53. 5: 415-428.
- Kádár I. – Shalaby M. H.:* 1986. A P- és Zn-trágyázás közötti összefüggések vizsgálata meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 35. 5: 419-425.
- Kádár I. – Turán T.:* 2002. P-Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan.* 51. 3-4: 381-394.
- Keszthelyi S.:* 2005. A 2004. év klimatikus tényezőinek hatása akukorica fejlődésére, kártevőinek megjelenésére és kártételére. *Agrofórum.* 16. 10: 3-7.

- Kismányoky T. – Kiss L.:* 1998. A különböző szerves trágyák és a műtrágyázás hatása gabonák termésére tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 47. 3: 313-326.
- Kiss L. – Kismányoky T.:* 1998. A különböző szerves trágyák és a műtrágyázás hatása a talaj humusztartalmára tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 47. 4: 439-448.
- Koltay A.:* 1985. A kukorica morfológiája. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 39-46.
- Kovács G. J.:* 1982. A kukorica víz- és tápanyag-dinamikájának kritikus ökofizikai kapcsolata. *Növénytermelés*. 31. 4: 355-365.
- Kovács G. J. – Németh T.:* 1995. Termés és nitrátfelhalmozódás modellezése tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 44. 1-2: 89-100.
- Körschens, M.:* 2002. Importance of soil organic matter (SOM) for biomass production and environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 48. 2: 89-94.
- Körschens, M.:* 2004. Soil organic matter and environmental protection. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 50. 1: 3-9.
- Körschens, M. – Weigel, A. – Schulz, E.:* 1998. Turnover of soil organic matter and long term balances – tools for evaluating productivity and sustainability. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science (Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde)*. 161. 4: 409-424.
- Krámer M.:* 1979. Tapasztalatok a kukoricacső korongozásos mintavételéről N-, P-, K-műtrágyaadagolási kísérletekben. [In: Bajai J. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1968-1974.] Akadémiai Kiadó, Budapest, 251-259.
- Krisztián J. – Kadlicskó B.:* 1992. A műtrágyázás és egyéb savas terhelések hatása agyagbemosódásos barna erdőtalaj krónikus elsavanyodására. *Növénytermelés*. 41. 6: 525-533.
- Krisztián J. – Kadlicskó B. – Holló S.:* 1989. A káliumtrágya hasznosulása észak-magyarországi csernozjom barna és agyagbemosódásos barna erdőtalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 38. 1-2: 89-91.
- Kubát, J. – Cerhanová, D. – Nováková, J. – Klement, V. – Cermák, P. – Dostál, J.:* 2004. Total organic C and its decomposable part in arable soils in the Czech Republic. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 50. 1: 21-32.
- Landgraf, D. – Wedig, S. – Klose, S.:* 2005. Medium- and short-term available organic matter, microbial biomass, and enzyme activities in soils under *Pinus sylvestris* L. and *Robinia pseudoacacia* L. in a sandy soil in NE Saxony, Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 168. 2: 193-201.
- Láng I. – Csete L.:* 1992. Az alkalmazkodó mezőgazdaság. Agricola Kiadói és Kereskedelmi Kft., Budapest.
- Lásztity B. – Csathó P.:* 1995. NPK-műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben mezőföldi csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 44. 1-2: 47-60.
- Lásztity B. – Jáki I. – Biczók Gy.:* 1994. Nitrát deszorpciós vizsgálatok karbonátos homokon. *Növénytermelés*. 43. 6: 545-550.
- Leinweber, P. – Schulten, H. R. – Körschens, M.:* 1995. Hot water extracted organic matter: Chemical composition and temporal variations in a long-term field experiment. *Biology and Fertility of Soils*. 20. 1: 17-23.
- Lemaire, G. – Jeuffroy M.-H. – Gastal, F.:* 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. *European Journal of Agronomy*. 28. 4: 614-624.
- Limon-Ortega, A. – Sayre, K. D. – Francis, C.:* 2000. Wheat and maize Yields in response to straw management and nitrogen under a bed planting system. *Agronomy Journal*. 92. 2: 295-302.

- Loch J.*: 1999. A környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás elvei. [In: Fülek Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 228-230.
- Lopez-Bellido, R. J. – Shepherd, C. E. – Barraclough, P. B.*: 2004. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. *European Journal of Agronomy*. 20. 3: 313-320.
- Markwell, J. – Osterman, J. C. – Mitchell, J. L.*: 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*. 46. 3: 467-472.
- Márton L.*: 2005. A műtrágyázás és a csapadék változékonyságának hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Agrokémia és Talajtan*. 54. 3-4: 309-324.
- Menyhért Z.*: 1985a. Nagyüzemi árukukorica-termesztés - A kukorica termőhelyigénye, Agrotechnika. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 240-288.
- Menyhért Z.*: 1985b. A hibridkukorica-vetőmag előállítás, fajtafenntartás - A vetőmagtermesztés technológiája. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 155-163.
- Minolta Camera Co. Ltd.*: 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. Radiometric Instruments Divisions. Osaka, Minolta, 22.
- Molnáros I. – Gráczol Cs.*: 2000. A talajok réz-, cink- és mangántartalmának összehasonlítása KCl-EDTA, Lakanen-Erviö és töménysavas feltárással a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer vizsgálatai alapján. *Agrokémia és Talajtan*. 49. 1-2: 127-142.
- Montemurro, F. – Maiorana, M. – Ferri, D. – Convertini, G.*: 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. *Field Crops Research*. 99. 2-3: 114-124.
- MSZ-08-0202/1977*: Helyszíni mintavétel mezőgazdasági célú talajvizsgálatokhoz. MSZH.
- Murata, T. – Nagaiishi, N. – Hamada, R. – Tanaka, H. – Sakagami, K. – Kato, T.*: 1998. Relationship between soil neutral sugar composition and the amount of labile soil organic matter in Andisol treated with bark compost or leaf litter. *Biology and Fertility of Soils*. 27. 4: 342-348.
- Nagy J.*: 1988. A műtrágyázás és az öntözés hatása a kukoricahibridek termésére. I. *Növénytermelés*. 37. 4: 327-336.
- Nagy J.*: 1995. A kukoricahibridek műtrágya és öntözővíz reakciója. *Agrofórum*. 6. 5: 56-62.
- Nagy J.*: 1996a. A műtrágyázás hatása a Volga SC kukorica hibrid (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéssel termesztésben. *Növénytermelés*. 45. 5-6: 477-486.
- Nagy J.*: 1996b. A talajművelés és a műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Agrokémia és Talajtan*. 45. 1-2: 113-124.
- Nagy J.*: 2003. Effect of irrigation on maize yield (*Zea mays* L.). *University of Debrecen Journal of Agricultural Sciences*. 11: 30-35.
- Nagy J.*: 2005. 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában. [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Földműveléstani és Területfejlesztési Tanszék – MTA-DE Földműveléstani és Területfejlesztési Kutatócsoport, Debrecen, 8-53.
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Nagy J. – Huzsvai L. – Németh T. – Megyes A.*: 2003. A talajművelés hatása a talaj nedvességtartalmára és az ásványi N-készletére. [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása.] Debreceni

- Egyetem Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Földműveléstani és Területfejlesztési Tanszék – MTA-DE Földműveléstani és Területfejlesztési Kutatócsoport, Debrecen, 129-140.
- Németh I.: 1983. A nitrogénműtrágyázás hatékonyságának vizsgálata pszeudogeljes barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 32. 6: 559-564.
- Németh T.: 1995. Gondolatok a tápanyaggazdálkodásról a fenntartható mezőgazdasági fejlődés tükrében. [In: XXXVII. Georgikon Napok Kiadványa. 1995. szeptember 14-15., I. kötet.] PANNON ATE, Keszthely, 101-109.
- Németh T.: 2001. A tápanyag-gazdálkodás szerepe a szántóföldi növénytermesztésben. [In: Kovács F., Kovács, J., Banczerowski, J.-né (szerk.) *Lehetőségek az agrártermelés környezetbarát fejlesztésében.*] Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományok Osztálya, Budapest, 106-132.
- Németh T. – Kádár I.: 1999. Nitrát bemosódásának vizsgálata és a nitrogénmérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 48. 4: 377-386.
- Németh T. – Várallyay Gy.: 1998. A trágyázás és tápanyag-utánpótlás jelenlegi helyzete és lehetőségei. *Agrofórum*. 9. 13: 2-4.
- Niinemets, U. – Tenhunen, J. D.: (1997). A model separating leaf structural and physiological effects on carbon gain along light gradients for the shade-tolerant species *Acer saccharum*. *Plant, Cell and Environment*. 20. 7: 845-866.
- Nótás E. – Debreczeni K. – Fischl K. – Heltai Gy.: 2003. Különböző műtrágyák és eltérő talajnedvességszintek hatása a talaj-növény-légkör rendszer N-mérlegére. *Növénytermelés*. 52. 6: 667-678.
- Ommen, O. E. – Donnelly, A. – Vanhoutvin, S. – van Oijen, M. – Manderscheid, R.: 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentrations and other environmental stresses within the 'ESPACE-wheat' project. *European Journal of Agronomy*. 10. 3-4: 197-203.
- Pakurár, M. – Szélesné, P. G. – Piskolczy, M. – Nagy, J.: 2003. A kukorica (*Zea Mays* L.) színének változása öntözés hatására eltérő tápanyagszinteken. [In: Marton, L. Cs., Árendás, T. (szerk.) *50 éves a magyar hibrid kukorica.*] Magyar Tudományos Akadémia, Mezőgazdasági Kutatóintézet, Martonvásár, 247-252.
- Peng, S. – Garcia, F. V. – Laza, R. C. – Cassman, K. G.: 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimation of rice leaf nitrogen concentration. *Agronomy Journal*. 85. 5: 987-990.
- Pepó P.: 2007. A kukorica (*Zea mays* L.) termesztés ökológiai feltételeinek és agrotechnikai elemeinek értékelése. *Acta Agronomica Óváriensis*. 49. 2/1: 169-175.
- Pető K. – Ruzsányi L. – Sárvári M.: 1991. *Növénytermesztési Füzetek 3. - Kukorica, cirok.* Debreceni Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Növénytermesztéstani Tanszék, Debrecen.
- Péterfi I.: 1977. *Az algák biológiája és gyakorlati jelentősége.* Ceres Könyvkiadó, Bukarest.
- Piekielek, W. P. – Fox, R. H. – Toth, J. D. – Macneal, K. E.: 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. *Agronomy Journal*. 87. 3: 403-408.
- Pinkard, E. A. – Patel, V. – Mohammed, C.: 2006. Chlorophyll and nitrogen determination for plantation-grown *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* using a non-destructive meter. *Forest Ecology and Management*. 223. 1-3: 211-217.
- Prokszáné Paplogó Zs. – Széll E. – Kovácsné Komlós M. : 1995. A N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és néhány beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntéstalajon. *Növénytermelés*. 44. 1: 33-42.

- Rajcan, I. – Dwyer, L. M. – Tollenaar, M.:* 1999. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. *Field Crops Research*. 63. 1: 13-17.
- Reeves, D. W. – Mask, P. L. – Wood, C. W. – Delaney, D. P.:* 1993. Determination of wheat nitrogen status with a hand-held chlorophyll meter: influence of management practices. *Journal of Plant Nutrition*. 16. 5: 781-796.
- Richter, R. – Tesarová, M. – Hrivna, L. – Hlusek, J.:* 2002. Az amalgérol hatása a talaj termékenységre és néhány szántóföldi kultúra termésére. *Agrofórum*. 13. 12: 22-25.
- Rózsavölgyi J. – Kádár I. – Sarkadi J.:* 1986. Tartós műtrágyázás hatása a talajok agyagásványaira. *Növénytermelés*. 35. 4: 325-329.
- Ruzsányi L. – Pepó P.:* 1999. Növénytermesztés és környezet minőségének összefüggései. [In: Ruzsányi L., Pepó P. (szerk.) *Növénytermesztés és környezetvédelem*.] Magyar Tudományos Akadémia - Agrártudományi Osztály, Budapest, 10-18.
- Sarkadi – Balla A.-né:* 1990. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon III. Kukorica-kísérletek. *Agrokémia és Talajtan*. 39. 1-2: 103-110.
- Sárvári M.:* 1986. Kukoricahibridek termőképessége és tápanyaghasznosító képessége. *Növénytermelés*. 35. 6: 547-552.
- Sárvári M.:* 1998. A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 47. 2: 213-221.
- Scharf, P. C. – Lory, J. A.:* 2002. Calibrating Corn Color from Aerial Photographs to Predict Sidedress Nitrogen Need. *Agronomy Journal*. 94. 3: 397-404.
- Schmidt A. – Fehér G.:* 1999. Vízi természet- és környezetvédelem 10 - A zöldalgák chlorococcales rendjének kishatározója 2. Környezetgazdálkodási Intézet, NeFTI Tájékoztatói Szolgálat, Budapest.
- Schulz, E.:* 2002. Influence of extreme management on decomposable soil organic matter pool. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 48. 2: 101-105.
- Schulz, E.:* 2004. Influence of site conditions and management on different soil organic matter (SOM) pools. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 50. 1: 33-47.
- Sims, J. T. – Vasilas, B. L. – Gartley, K. L. – Milliken, B. – Green, V.:* 1995. Evaluation of soil and plant nitrogen tests for maize on manured soils of the Atlantic coastal plain. *Agronomy Journal*. 87. 2: 213-222.
- Stefanovits P.:* 1981. *Talajtan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Stefanovits P. – Dombóvári L.-né:* 1987. Az agyagásványok szerepe a talajok nitrogén gazdálkodásában. *Növénytermelés*. 36. 4: 269-279.
- Surányi J.:* 1957. *A kukorica és termesztése*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Surányi J. – Mándy Gy.:* 1955. *Magyarország kultúrflórája - A kukorica*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Sutka J.:* 1985. A kukorica genetikája. [In: Menyhért Z. (szerk.) *A kukoricatermesztés kézikönyve*.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 97-115.
- Stumpe, H. – Wittenmayer, L. – Merbach, W.:* 2000. Effects and residual effects of straw, farmyard manuring, and mineral fertilization at Field F of the long-term trial in Halle (Saale) Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science (Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde)*. 163. 6: 649-656.
- Szabó B.:* 2006. Mikroorganizmus alapú biotrágyák hatása az uborka és a cukorrépa kezdeti fejlődésére (diplomadolgozat - Dr. Lévai László (konz.)). Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Mezőgazdasági Növénytan és Növényélettani Tanszék, Debrecen.

- Szabó I. M.: 2008. Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szabó L.: 1999. A tápanyagellátás környezeti vonatkozásai. [In: Füleky Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 675-695.
- Szász G.: 1988. Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szász G.: 1997. Az éghajlatváltozás és a fenntartható gazdaság kapcsolata a Nagyalföldön. [In: Rakonszai J., Tímár J. (szerk.) Alföldi Tanulmányok 1997 XVI.] Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba, 35-50.
- Szász G.: 2002. A klimatikus természeti erőforrások hasznosulása a hazai növénytermesztésben. Agrártudományi Közlemények - Acta Agraria Debreceniensis. 9: 101-106.
- Széll E. – Makhajda J. – Búza L.: 2003. Agrotechnikai ajánlások a kukorica vetőmagtermesztéshez. [In: Bedő Z. (szerk.) 50 éves a magyar hibrid kukorica.] Magyar tudományos Akadémia, Mezőgazdasági Kutatóintézet, Martonvásár, 309-316.
- Szűcs M. – Szűcs M.-né: 2005. Talajtulajdonságok hosszú idő alatt bekövetkezett változásai a Dunántúlon. Agrokémia és Talajtan. 52. 3-4: 293-304.
- Timmons, D. R. – Baker, J. L.: 1991. Recovery of point-infected labeled nitrogen by corn as affected by timing, rate, and tillage. Agronomy Journal. 83. 5: 850-857.
- Tóth Z. – Kismányoky T.: 2001. A kukorica (*Zea mays* L.) és a búza (*Triticum aestivum* L.) szemtermésének vizsgálata különböző vetésforgókban és kukorica-monokultúrában. Növénytermelés. 50. 1: 123-134.
- Turcsányi G.: 1985. A kukorica morfológiája, szövettana és élettana - A kukorica élettana. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 58-76.
- Turley, D. B. – Phillips, M. C. – Johnson, M. C. – Jones, A. E. – Chambers, B. J.: 2003. Long-term straw management effects on yields of sequential wheat (*Triticum aestivum* L.) crops in clay and silty clay loam soils in England. Soil and Tillage Research. 71. 1: 59-69.
- Turner, F. T. – Jund, M. F.: 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semi-dwarf rice. Agronomy Journal. 83. 5: 926-928.
- Ványiné Széles A.: 2008. Szántóföldi klorofillmérések a kukoricahibridek nitrogénellátottságának meghatározásában. [In: Baranyi B., Nagy J. (szerk.) Regionalitás, Területfejlesztés és modernizáció az Észak-alföldi régióban. Debreceni Egyetem, Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma és a Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja, Debrecen, 361-376.
- Várallyay Gy.: 1966. A Duna-Tisza közti talajok sómérlegei. I. Sómérlegek természetes (öntözés nélküli) viszonyok között. Agrokémia és Talajtan. 15. 3-4: 423-452.
- Várallyay Gy.: 2001. Szemléletváltozások a magyarországi talajjavítás történetében. Agrokémia és Talajtan. 50. 1-2: 109-136.
- Wu, J. – Wang, D. – Rosen, C. J. – Bauer, M. E.: 2007. Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detecting nitrogen status of potato canopies. Field Crops Research. 101. 1: 96-103.
- Yoder, B. J. – Pettigrew-Crosby, R. E.: 1995. Predicting nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400-2500 nm) at leaf and canopy scales. Remote Sensing of Environment. 53. 3: 199-211.
- Zsigrai Gy.: 1995. A tartós műtrágyázás hatása egy mélyben szolonycses csernozjom talaj elsavanyodására. Növénytermelés. 44. 2: 161-170.
- Zsigrai Gy.: 2006. Műtrágyázás. [In: Birkás M. (szerk.) Földművelés és Földhasználat.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 203-228.

10. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Tudományos közlemény magyar nyelvű lektorált folyóiratban:

- Víg R.–Dobos A.:* 2006. Tápanyag-vizsgálati adatok összehasonlító vizsgálata különböző adottságú mintaterületeken. Agrártudományi Közlemények - Acta Agraria Debreceniensis. 22. Különszám: 85–90. HU–ISSN 1587–1282
- Víg R.–Dobos A.–Pongrácz Z.:* 2007. A precíziós tápanyag-utánpótlást megalapozó talajvizsgálatok Hajdúszoboszló térségében. Agrártudományi Közlemények - Acta Agraria Debreceniensis. 26. Különszám: 141–148. HU–ISSN 1587–1282
- Víg R.–Dobos A.–Pongrácz Z.:* 2008. Csernozjom talajok talajvizsgálati eredményeinek összehasonlító statisztikai értékelése. Agrártudományi Közlemények - Acta Agraria Debreceniensis. 30. Különszám: 93–99. HU–ISSN 1587–1282

Tudományos közlemény idegen nyelvű, hazai, lektorált folyóiratban:

- Víg R.–Dobos A.–Pongrácz Z.:* 2008. Comparative examination of meadow and chernozem soils on the Hajdúság loess ridge. Cereal Research Communications. 38. Suppl.: 1887–1890. ISSN 0133–3720
- Dobos A.–Víg R.–Pongrácz Z.:* 2008. Evaluation of the soil examination results of Békés and Hajdúság crop lands. Cereal Research Communications. 38. Suppl.: 1875–1878. ISSN 0133–3720

Magyar nyelvű nem lektorált konferencia kiadvány:

- Dobos A.–Víg R.–Pongrácz Z.:* 2006. Környezetkímélő tápanyag-gazdálkodást megalapozó kutatások a Tiszántúlon. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, Agrárium és Regionalitás Magyarországon.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum és Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja, Debrecen. 315–328. ISBN 963–9052–67–1
- Víg R.–Dobos A.–Pongrácz Z.:* 2006. A talajheterogenitás vizsgálata a hajdúsági löszháton. [In: Nagy J.–Dobos A. (szerk.) Környezetkímélő növénytermesztés - minőségi termelés.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen. 186–195. ISBN 978–963–9732–09–4
- Víg R.–Dobos A.–Pongrácz Z.:* 2008. Hajdúsági csernozjom és réti talajok tápanyag-ellátottságának statisztikai értékelése Hajdúszoboszló térségében. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) Regionalitás, területfejlesztés és modernizáció az észak-alföldi régióban.] Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma és Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja, Debrecen. 351–359. ISBN 978–963–9732–24–7
- Dobos A.–Víg R.–Pongrácz Z.:* 2009. A növényállomány heterogenitásának értékelése beltenyésztett kukoricavonalon. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) Tanulmányok az agrár- és a regionális tudományok köréből az Észak-alföldi régióban.] Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma és Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja, Debrecen. 215–226. ISBN 978–963–9899–10–0

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán a Kerpely Kálmán Növénytermesztési, Kertészeti és Regionális Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem AMTC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 20.....

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy doktorjelölt 20...-20..... között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javasolom – javasoljuk.

Debrecen, 20.....

.....
a témavezető(k) aláírása

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton mondok köszönetet Prof. Dr. Nagy Jánosnak, Dr. Dobos Attilának és Pongrácz Zoltánnak a kísérletek tervezésében, kivitelezésében, az eredmények értékelésében, a doktori értekezés elkészítésében nyújtott segítségével.

Külön köszönöm Dr. Huzsvai Lászlónak a statisztikai értékelésben, Prof. Dr. Szász Gábornak a meteorológiai elemzésben, valamint Dr. Nagy Péter Tamásnak a kémiai vizsgálatokban nyújtott segítségét.

Köszönetet mondok Farkas Istvánnak, Bartha Sándornak, Varga Csabának és Munkácsi Szabolcsnak a szabadföldi kísérletek beállításában nyújtott segítségével.

Köszönöm Dr. Marton L. Csabának, Dr. Tóth Szilárdnak és Zsuposné Dr. Oláh Ágnesnek, hogy opponensi észrevételeikkel és szakmai javaslataikkal hozzájárultak a doktori értekezés végleges formájának elkészítéséhez.

Köszönöm a Syngenta Seeds Kft. vezetőinek, hogy doktori tanulmányaimat támogatták.