



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**A hely-specifikus tápanyag-ellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.)
mennyiségi és minőségi jellemzői közötti összefüggések vizsgálata**

Doktori (PhD) értekezés

Készítette:

Ambrus Andrea

Gödöllő

2016

A doktori iskola megnevezése:
Növénytudományi Doktori Iskola

Tudományága:
Növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője:
Dr. Helyes Lajos
intézetigazgató, egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Kertészeti Technológia Intézet

Témavezető:
Dr. Jolánkai Márton
professzor emeritus, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Növénytermesztési Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|--|----|
| 1. BEVEZETÉS | 5 |
| 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS | 8 |
| 2.1. Az őszi búza termesztését befolyásoló agroökológiai körülmények..... | 8 |
| 2.1.1. Éghajlati és meteorológiai viszonyok | 8 |
| 2.1.2. A talaj..... | 9 |
| 2.1.3. Domborzat, talaj és a növénytermesztés kapcsolata | 10 |
| 2.2. Fajtaválasztás és tápanyag-visszapótlás szerepe a búzatermesztésben | 12 |
| 2.2.1. Fajtaválasztás | 12 |
| 2.2.2. Tápanyag-ellátás | 13 |
| 2.3. Évjáráthatás és a búza minőségének összefüggései | 18 |
| 2.4. A precíziós növénytermesztés megjelenése és helye a mezőgazdaságban..... | 21 |
| 2.5. Helymeghatározó rendszerek és a precíziós növénytermesztés eszközrendszere | 22 |
| 2.6. Hely-specifikus tápanyag-gazdálkodás | 25 |
| 2.7. Talaj- és hozamtérképek szerepe és alkalmazása a mezőgazdasági termelésben | 26 |
| 2.7.1. A talajtérképezés kialakulása | 26 |
| 2.7.2. Digitális talajtérképek | 28 |
| 2.7.3. Hozamtérképek szerepe és alkalmazása a mezőgazdasági termelésben..... | 29 |
| 2.8. Távérzékelés mezőgazdasági alkalmazása | 30 |
| 2.8.1. A távérzékelés megjelenése a mezőgazdaságban | 30 |
| 2.8.2. Légi lézerszkennelés (LIDAR) és hiperspektrális távérzékelés..... | 31 |
| 2.8.3. Távérzékelte adatok feldolgozása, információnyerés és a növényi vegetációs indexek..... | 33 |
| 3. ANYAG ÉS MÓDSZER..... | 36 |
| 3.1.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, talajadottságok bemutatása | 36 |
| 3.1.2. A kísérleti terület éghajlati adottságai..... | 36 |
| 3.1.3. A kísérletbe vont gazdaság bemutatása | 38 |
| 3.2. A kísérlet bemutatása..... | 39 |
| 3.2.1. A kísérlet beállításának körülményei..... | 39 |
| 3.2.2. Vetésszerkezet megoszlása és az alkalmazott technológia..... | 40 |
| 3.2.3. A kísérlet során elvégzett vizsgálatok..... | 43 |
| 3.2.4. Távérzékelési alkalmazások a vizsgálatokban..... | 46 |
| 3.2.5. Kutatási célok, hipotézisek | 49 |
| 4. EREDMÉNYEK | 51 |
| 4.1. Évjáráthatás vizsgálata | 51 |
| 4.2. A 2007-es kísérleti év elemzése | 59 |
| 4.3. A 2008-as kísérleti év elemzése | 64 |
| 4.4. A 2010-es kísérleti év elemzése | 69 |
| 4.5. A 2011-es kísérleti év elemzése | 74 |

| | |
|---|-----|
| 4.6. Kezelések hatása..... | 79 |
| 4.7. Nagy felbontású légi távérzékelt adatok alkalmazhatóságának vizsgálata | 88 |
| 4.8 Biomassza térkép számítása hiperspektrális vegetációs index alapján | 94 |
| 4.9 Hipotézisek vizsgálata az eredmények tükrében | 96 |
| 4.10 Új tudományos eredmények | 96 |
| 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK..... | 98 |
| 6. ÖSSZEFOGLALÁS | 100 |
| 7. SUMMARY | 101 |
| 8. MELLÉKLETEK | 102 |
| M1 IRODALMI HIVATKOZÁSOK | 102 |
| M2 ÁBRÁK JEGYZÉKE..... | 115 |
| M3 TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE..... | 117 |
| M4 MELLÉKLETEK..... | 119 |

1. BEVEZETÉS

A magyar mezőgazdaság műszaki fejlesztése a XX. század második felére felgyorsult, ebben az időszakban sikerült elérni a termésátlagok megduplázódását a szántóföldi növénytermesztésben, amely termésátlagok a világszínvonalat is elérték. A műszaki fejlesztés egyidejűleg jelentette a fajta, a gépesítettség, a tápanyag-visszapótlás, a növényvédelem, valamint a technológia fejlődését. A XXI. század elején a mezőgazdasággal foglalkozó szakirodalmak legtöbbször foglalkozik az új kihívásokkal, amelyekkel szembe kell néznie a termelőnek. A kihívások tekintetében és azok sorrendjében a szerzők véleménye már eltérést mutat, azonban a környezetvédelem, fenntartható termelés, innováció, termelés hatékonyság növelése és a jövedelmezőség fogalma valamilyen formában mind megjelennek a jövő feladatai között.

A mezőgazdasági termények iránti igényt alapvetően nem a Föld népessége határozza meg, hanem a népesség azon része, aki fizetőképes keresletet teszi ki. Másfél milliárd embernek nincs elég jövedelme az elfogadható táplálkozáshoz, ugyanakkor majdnem ennyi ember túltáplált. Az élelmiszerárak folyamatos emelkedése az utóbbi 10 évben folyamatos volt. Ennek számos oka van, mint például a kőolaj drágulása, a klímaváltozás és egyre nagyobb mértékben megjelenő növekvő kereslet. A világgazdaság átrendeződik és néhány ország, amely eddig fejlődő országok közé tartozott, egyre inkább feltörekvő országok közé nőtte ki magát. (Kína, India) Ezekben az államokban a közép réteg megerősödött, fogyasztásuk emelkedett, valamint fogyasztási szokásaik is megváltoztak, tehát egyre többet és mást fogyasztanak, mint korábban. Megnövekedett húsfogyasztás miatt vagy több területet kell bevonni a termelésbe, vagy a termelés intenzitását kell fokozni. A termőterületek nagysága azonban korlátozott, így csak a termelés intenzitásának növelése marad, mint megoldás a növekvő igény kielégítésére. Ennek azonban igen komoly környezetvédelmi következményei lehetnek. Az intenzív mezőgazdaság a világ minden táján meghatározóvá vált. Ez a gazdálkodási forma a környezeti hatások mértéke szempontjából sokszorosan meghaladja a „klasszikus” kisparaszti vegyes gazdaságokat, ahol egy zárt rendszerben történik a termelés, ahol a környezetterhelés nem jelentős (Kerényi szerk., 2003). Magyarország Európai Unióhoz való csatlakozás során egyik meghatározó kihívása az élet- és környezetminőség összeegyeztetése a gazdasági fejlődéssel. A végbemenő folyamatok szükségessé tették, hogy a fenntartható fejlődés fogalma a mezőgazdaságban is megjelenjen.

A termelés intenzitásának a helyes meghatározása továbbra is kulcsfontosságú a termelők számára. Az őszi búza termésátlagok a ráfordítások növelésével (műtrágya, növényvédő szer) növelhetők, de a megtérülés már jóval komplexebb kérdés. A technológia intenzitás kérdését minden termőhelyen, táblán a termelési cél függvényében kell meghatározni, az adott gazdaság termelési szerkezetét alapul véve. A termőhelyi adottságok az intenzitás fokozásának akadályai lehetnek. A búzatermelés során meg kell határozni a célt, hogy milyen minőségű búzát kívánunk termelni. A gazdálkodás alapvető célja a termelés, rajta keresztül a jövedelem maximalizálása. Belátható, hogy a termelés sikeressége nagymértékben függ a költségek optimalizálásától. A termelés során az utóbbi években bizonytalansági tényezőnek számít a piac, amely hektikus ingadozása erősen próbára teszi a gazdálkodók ökonómiai ítélőképességét. A hatékony gazdálkodás alapfeltétele a vállalati döntések folyamatos megalapozása és a megfelelő döntéselőkészítés, amelynek eszköze a gazdasági elemzés. Az elemzés akkor szolgálja célt, ha a vizsgált jelenségeket nem szakítja ki a más területekkel való összefüggésből, hanem az összefüggéseknek a rendszerben vizsgálja azokat, tehát rendszerszemléletű. A mezőgazdasági termelést azonban nem lehet csupán közgazdasági oldalról vizsgálni, hiszen a gazdálkodás során természeti erőforrásokat használunk, amelyek természetes megújuló képességére is tekintettel kell lennünk. A természeti erőforrásokkal való gazdálkodás fontossága a XX. század végétől egyre nagyobb figyelmet kapott. A környezetvédelem, a fenntartható gazdálkodás, napjainkban minden termelőre nézve kötelező érvényű.

Tovább nehezíti a termelő helyzetét, hogy a mezőgazdasági termelés során számos – ember által nem befolyásolható – változóval kell számolni, ilyen az éghajlat, az időjárás, a talaj tulajdonságai. A gazdaságos, jövedelmező termelés a gyakorlatban történő szakszerű megvalósítása azonban a gazdálkodási hellyel kapcsolatos nagymennyiségű információt igényel. A jövedelmező termelés alapja a termőhely mind pontosabb megismerése, megfelelő fajtaválasztás, a termelés intenzitásának meghatározása, valamint a termőhelyi viszonyokhoz való technológiai adaptáció. A környezeti adottságok determinálják a termesztendő növények körét és a termelés intenzitását. Éppen ezért, a gazdálkodási helyszín minél pontosabb megismerése elemi érdeke a gazdálkodóknak. A XX. század utolsó évtizedeiben megjelent egy műholdas helymeghatározásra épülő új technológia, amit precíziós vagy - ahogy egyre gyakrabban a szakirodalomban olvasható - hely-specifikus technológia. Az innovatív technológia segítségével a növénytermesztés valamennyi vele szemben támasztott követelménynek egyszerre megfelelehet.

A precíziós gazdálkodás segítségével a fenntartható gazdálkodás valamennyi kritériumának képesek vagyunk megfelelni. A műholdas helymeghatározás a precíziós mezőgazdasági technológia legfőbb alkotóeleme, hiszen az üzemi gazdálkodás alapegységét, a táblát, képes táblán belüli heterogenitás alapján kezelni. A helyspecifikus technológiának köszönhetően a tábla, mint gazdálkodási egység megszűnhet és az azonos tulajdonságokkal rendelkező GPS koordinátákkal behatárolt táblarészek képezik a mezőgazdasági termelés egységét. Azonos tulajdonságokkal rendelkező táblarészek megjeleníthetők a térinformatika segítségével, amely az emberi agy számára is befogadható formában – különböző térképi megjelenítés alkalmazásával – közli az információkat. A szántóföldön gyűjtött adatok feldolgozását tekintve elkülöníthetünk valós időben (real-time) és utólag (post processing) feldolgozást. A szükséges beavatkozások elvégezhetőek a helymeghatározó rendszer, illetve a helyspecifikus technológia segítségével. Különösen a heterogén területeken tárulnak fel új lehetőségek a tábla életének megismerésében. A mezőgazdasági térinformatika alkalmazásával lehetővé válik a mezőgazdasági termelés alapvető eszközének a termőföldnek megismerése, a benne végbemenő folyamatok nyomon követése. A távérzékeléssel gyűjtött adatok köre egyre bővül, felhasználásuk új teret nyit a helyspecifikus technológia gyakorlatában. A távérzékeléssel gyűjtött adatok gyakorlatban való elterjedését befolyásolja az adatok ára, valamint az adatgyűjtés időpontja. Amennyiben a terméseredményről még aratás előtt információval rendelkezik a termelő, lehetősége van beavatkozásra, így növelve a hozamot.

A termelő a piaci pozícióját hosszú távon a nagy termésbiztonsággal termelt, és egységesen kiváló minőségű búza termelésével tudja megtartani. A táblán belül is heterogén területeken, a hagyományos gazdálkodás korlátozta a termőterület megismerhetőségét, az eltérő talajtani és tápanyag-szolgáltató képességgel rendelkező talajfoltok eltérő módon való kezelését.

Vizsgálataim arra irányultak, hogy a hely-specifikus tápanyag-visszapótlással a táblán belüli nagyfokú hozam és minőségi ingadozások mérsékelhetőek-e. Munkám során felhasználtam a távérzékelés adta adatgyűjtési és elemzési lehetőségeket is, annak érdekében, hogy mind jobban megértsem a táblán végbemenő termelésre hatással lévő folyamatokat. Javasolataim célja, hogy a gazdálkodók számára elősegítsem a gazdaságos, és egyben fenntartható termelés irányába való elmozdulást.

Kutatási hipotéziseim a következők:

H1: Heterogén talajtulajdonságokkal rendelkező terület esetében, a hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatással a búza termésátlaga növelhető, valamint a kezelés hatására a parcellán belüli szórás csökken.

H2: Heterogén talajtulajdonságokkal rendelkező terület esetében, a hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatással a búza beltartalmi paraméterinek értéke növelhetőek, valamint a kezelés hatására a parcellán belüli szórásuk csökken.

H3: Az időjárás elemeinek hatása mérsékelhető a hely-specifikus tápanyag-kijuttatással.

H4: A távérzékelési eljárásokkal feltárható és ábrázolható a területen belüli térbeli változatosság, amelyek hozzájárul a hozam és termőhely közötti kapcsolat feltárásához.

H5: A hozamtérkép és a növényi vegetációs index alapján készült térkép kapcsolatban áll egymással, így a növényi vegetációs index térkép alkalmas a hozambecslésre.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A búza a második legnagyobb területen termesztett szántóföldi növényünk, meghatározó jelentőségű növényi kultúra, melyet a legkülönbözőbb ökológiai és agrotechnikai feltételek mellett termesztenek (Molnarova–Pepó, 2010). Hazánk éghajlata az őszi búza termesztésére megfelelő - állapítja meg Ragasits (1998) -, de termőhelyeket tekintve kedvezőbb és kevésbé kedvezőbb területek is megtalálhatóak. A termelést befolyásoló tényezőket három alapvető csoportra bonthatjuk: ökológia, genetikai és agrotechnikai tényezőkre (Pepó, 2006). Az ökológiai, genetikai és agrotechnikai tényezők hatása között szoros, eltérő mértékű és irányú kölcsönhatást igazolt Pepó (2006), ezzel bizonyította, hogy a három tényező nem külön-külön fejt ki hatását. Pepó (2000) a búza termésmennyiségét befolyásoló tényezők közé sorolja az agroökológiai körülményeket - mint évjárat és talaj -, a fajtát, valamint az alkalmazott agrotechnikai műveleteket, azok szintjét, intenzitását és a végrehajtás minőségét. Tamás (2001) megállapítása szerint, egy növénykultúra termésének nagysága genetica, ökológiai és technológia tényezők együttesének hatása, a termőhelyi viszonyok függvényében egy adott táblán belül is jelentősen változhat. A termelési tényezők változatossága szükségessé teszi a termőhelyi adottságok és a termesztett növények termőhelyi igényeinek összeegyeztetését, a kezelési egységek méretének csökkentését és a jól körülhatárolt technológiák alkalmazását.

2.1. Az őszi búza termesztését befolyásoló agroökológiai körülmények

2.1.1. Éghajlati és meteorológiai viszonyok

A meteorológiai viszonyok a termesztési lehetőségeket és a növények életfeltételeit alapvetően befolyásolják. Pepó (2002) a búzatermesztés legnagyobb kockázatának ítéli meg a rendkívül változékony, szélsőséges időjárást. Az időjárási tényezők közül Ragasits (1998) a csapadékot és a hőmérsékletet jelöli meg a búza termesztés legnagyobb mértékben befolyásoló tényezőként.

A búza hasznos hőösszegigénye 2000-2200 °C, csírázástól kezdve 3-4 °C-on képes fejlődni (Szabó et al., 1996). A klimatikus tényezők nagymértékben befolyásolják az őszi búza életfolyamatait, fejlődését és ezen keresztül a terméshozamot (Valent, 1987). Ágoston–Pepó (2006) összefüggés elemzéssel igazolták, hogy a fajták termőképességét az évjárat hatások, az egyes időszakok csapadék- és hőmérsékleti feltételei nagymértékben meghatározzák. A késői kitavaszkodás kedvezőtlen a növények fejlődésére, hiszen a bokrosodási szakasz rövidülésével a kalászdifferenciálódás csökkenő mértékű, kevesebb virág fejlődik, és kisebb termés képződik (Ragasits, 1994). Jolánkai–Szabó (2005) szerint a kalászosítás előtti 14-18 napos kritikus időszakban nagyon hátrányos a magas hőmérséklet.

Az éghajlat növényekre gyakorolt hatásai elsősorban az energia- és vízellátottsági viszonyok kölcsönhatásán keresztül ismerhetők meg. A két tényező közül a vízellátottsági viszonyok azonban változékonyabbak (Gates, 1993). Magyarországon a termőterület több mint 80%-án természetes csapadékviszonyok mellett folyik a gazdálkodás (Varga et al., 2008). Az agroökoszisztémák zavartalan működése szempontjából, Várallyay (2005) döntő jelentőséget tulajdonít a talaj vízraktározó képességének. Az őszi kultúrák esetében a tavaszi vízhiányt csak az őszi-tavaszi csapadékkal feltöltött talajból lehet megfelelően kielégíteni. Szélsőséges csapadékviszonyok esetén felértékelődött a talaj „vízraktározó” funkciója; az intenzív műtrágyázás időszakában, majd a műtrágyák állami dotációjának megszűnése után „tápanyag-raktározó” funkciója.

Kezdeti fejlődését a talaj vetéskori vízkészlete, valamint a vetés utáni csapadék mennyisége határozza meg. Szabó et al. (1996) véleménye szerint, akkor optimális az őszi búza kelése és megerősödése, ha a csapadékoptimumnak (370 mm) kb. 60%-a augusztustól októberig lehullik. A tavaszi hónapok időjárása akkor ideális, ha enyhe és mérsékelt csapadékos, április végén és

májusban azonban a mérsékelt meleg mellett megnő a csapadékigénye (Ragasits, 1998). A csapadékoptimum 40%-át a növény márciustól igényli. A legnagyobb vízfelhasználás április 10. és május 10. közé esik (Szabó et al., 1996). A vízhiány jelentősen befolyásolja a termést, leginkább a generatív fázisban. A kora tavaszi szárazság okozta stressz esetén a kalászkok száma nem csökken, de a szemtermés mennyisége kisebb lesz. (Kassai et al., 2012; Szécsényi et al., 2013) A vízhiány jelentős hatással van a termésre, főként a generatív fázisban. A kora tavaszi csapadékmentes időszak okozta stressz hatására a szemtermés mennyisége kisebb lesz, bár a kalászkok száma nem csökken (Pepó 2002, Harsh–Deepti, 2006, Kirkpatrick et al., 2006, Kassai et al., 2012, Szécsényi et al., 2013). A szárbainduláskori, valamint a szemtelítődéskor bekövetkező vízhiány esetén jelentős terméseszküvés tapasztalható (Klupács et al., 2010; Varga–Veisz, 2013). Az április végi – május eleji időjárás akkor kedvező, ha mérsékelt meleg és csapadékos, mert a búza vegetatív fejlődését segíti. Árendás et al. (2003) kimutatta, hogy a vetésidő hatása a terméshozamra még jobban érvényesül, ha az évjárat kedvezőtlen (csapadékszegény május-június).

Varga et al. (2008) megállapítja, hogy vegetációs időszakban a tavaszi hónapok vízellátása kedvezőnek látszik, a július-szeptemberi időszak pedig kedvezőtlennek a növényi életfolyamatok szempontjából. A tavaszi hónapokban fokozatosan növekszik a csapadék mennyisége, egészen a júniusi csapadékmaximumig, azonban fokozottabban nő a párolgás, ezért a talaj nedvességtartalma csökken. A csapadék mennyiségére és eloszlására, valamint intenzitására a talajművelésnél kiemelt figyelmet kell fordítani. A csapadék ezen paramétereit szabályozni nem lehet, csak alkalmazkodással lehet a kártételt enyhíteni, vagy megelőzni (Surányi et al., 2001).

2.1.2. A talaj

Bocz (1996) az őszi búza termesztésére a leginkább alkalmasnak a mezőségi-, a közepkötött erdő-, az öntés- és a réti agyagtalajokat tartja. Jolánkai - Szabó (2005) véleménye szerint a humuszban gazdag homoktalajokon szintén jó eredmény érhető el. A talaj feltételesen megújuló (megújítható) természeti erőforrás. Ésszerű használata során nem változik irreverzibilisen, „minősége” nem csökken szükségszerűen és kivédhetetlenül. Megújulása azonban nem megy végbe automatikusan, zavartalan funkcióképességének, termékenységének fenntartása, megőrzése állandó tudatos tevékenységet követel, amelynek legfontosabb elemei az ésszerű földhasználat, talajvédelem és melioráció. (Várallyay–Láng, 2000).

Egyre fenyegetőbbek és súlyosabbak azonban az ember által okozott különböző stresszhatások: komplex gépsorok és nehéz erőgépek alkalmazása, nagyadagú műtrágya- és növény védőszer használata; a koncentrált állattartótelepek hígrágyája; az ipar-, közlekedés-, településfejlesztés és városiasodás szennyező hatásai, elhelyezendő hulladékai, szennyvizei (Kádár, 2005).

Arnold (2005) megállapítja, hogy a talajt érő stresszhatások és az ezek hatására bekövetkező káros folyamatok köre egyre szélesebb, azok egyre erősebbek, egyre inkább fenyegetik talajkészleteinket. A szél és a víz által okozott talajpusztulás a tömörödéshez hasonlóan világjelenség, a mezőgazdasági területeket sújtó degradációs folyamat. A talaj le-, illetve elhordását közvetlenül kiváltó tényezők mellett fontos szerepe van a befolyásoló tényezőknek, ezen belül is a talajhasználat módjának, az alkalmazott talajművelésnek (Krisztián, 1988). Az évente lepusztult néhány milliméter talaj hiányát nem is vesszük észre, de ha arra gondolunk, hogy talajaink termőréteg vastagsága nem végtelen (a legtöbb talajé nem több 50-60 cm-nél, és alatta már sok esetben az alapkőzet következik), akkor fel tudjuk mérni, hogy milyen nagy károkat okoz az elfolyó víz és szél a termőtalaj elhordásában (Barczi–Centeri, 2005). Az eróziós tápanyagvesztések között első helyen szerepel a nitrogén, állapítja meg Pálmai (2002). A lejtőről lefolyó víz oldásának kitett N-műtrágyák jelentős része az erózió hatására az üzemi

tábláról oldat formájában távozik, elfolyik. A szedimentált területeken a talajok eredeti tápanyagegyensúlya felborul, mert ide nemcsak a N-forrásul szolgáló humusz rakódik le, hanem az alkalmazott műtrágyákból lemosott N jó része is itt párolódik be, a lapályos táblarészekben lerakódott egyéb hordalékokkal együtt. Ezért amíg a lejtő nagyobb táblarészein a növények N-hiányban szenvednek, addig e területeken a N-bőség túltáplálást eredményez (Ulen, 1997).

Várallyay (2005) és Várallyay–Németh (1999) megállapítja, hogy a mezőgazdasági vízgazdálkodásunk eredménye csakis a vízfelhasználás hatásfokának növelésével érhető el, amely alapvető eleme a talaj vízháztartásának, nedvességforgalmának hatékony szabályozása. Jolánkai–Birkás (2009) a vízzel való hatékony gazdálkodásra hívja fel a figyelmet, amely a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodásnak meghatározó, korlátozó tényezője lesz. Kátai (2006) vizsgálatai alapján megfelelő vízellátás esetén nő a talajok mikrobiális élete, enzimaktivitásuk, javul a szén forgalmuk. Farkas et al. (2004), Várallyay (2005) a talaj vízraktározó képességének tekinti döntő jelentőségűnek a megfelelő vízellátás szempontjából. Kiemelik, hogy pl. az őszi kultúrák esetében a tavaszi vízhiányt az őszi-téli csapadékkal feltöltött és a talajban tárolt vízkészletből lehet csak zavartalanul kielégíteni.

Dóka (2014) kísérletei alapján arra a következtetésre jutott, hogy az őszi búza a 0-120 cm-es talajréteg vízforgalmára van hatással, ezen belül is főként a 40-100 cm-es talajréteg vízvesztése volt a legnagyobb, ahol a búza gyökérzete a legnagyobb részben található. A csernozjom talaj vízkészletét a vetésváltás nagymértékben befolyásolja. Két vizsgált évben a bikultúrás és trikultúrás vetésrendszer közül a trikultúrában volt nagyobb a vízhiány az őszi búza teljes tenyészidőszakában. Farkas (2004) eredményei azt mutatják, hogy bizonyos években a talajhidrológiai függvények – a víztartó-görbe és a vízvezetőképesség-függvény – szezonális változékonysága jelentős. A talajművelési rendszerek közvetett hatása a vegetációs időszak végén jelentkezett a legerőteljesebben.

2.1.3. Domborzat, talaj és a növénytermesztés kapcsolata

A környezeti elemek részt vesznek a domborzat alakításában, ezen keresztül hatást gyakorolnak a növénytermesztés helyszínére. Változatos domborzati viszonyok mellett a mezőgazdasági terméscsökkenés egyik fő oka az erózió lehet. Olderman et al. (1991) adatai szerint a szárazföld területének 3,7%-át sújtja fizikai és kémiai degradáció, 12%-át pedig víz- és szél általi talajerózió. Európában és Közép-Amerikában magas a fizikai és kémiai degradáció aránya, sőt a talajerózió sújtotta területek is itt a legnagyobb részarányúak. Becslésük szerint az erózió a Földön 1,6 milliárd hektár területet érint és ennek 82 %-a antropogén eredetű, de mindössze 0,5 %-án váltak visszafordíthatatlanná a folyamatok. Bár Magyarország területe alapvetően sík, de a mezőgazdasági területek egy részén jelentkezik az erózió hatása, éppen ezért szükséges az erózióval foglalkozni.

A víz- és szél- okozta talajerózió miatt Magyarország területének 9,3 %-a gyengén, 9,6 %-a közepesen, 6%-a erősen erodált. Közel egymillió hektáron károsít a szélerózió, s hasonló nagyságú területeket érint a szedimentáció. A lejtős területek ésszerűtlen talajhasználata és vetésszerkezete (szántó és kukorica nagy aránya), valamint a talajvédő gazdálkodás visszaszorulása miatt a vízerózió terjedését a mai napig nem sikerült megakadályozni. A szocialista nagyüzemek időszakában a túl nagy táblaméret erőltetése és ennek érdekében a mezővédő erdősávok elhamarkodott kiirtása homokterületeinken és (ugyancsak elhamarkodottan) lecsapolt lapterületeinken kívül termékeny talajainkon is utat nyitott a szélerózióknak.

A víz okozta eróziós folyamatot három fázisra bontotta Stefanovits (1977). Az esőcseppek csapóhatásától az első fázisban a talaj aggregátumai mikro aggregátumokra vagy elemi részecskékre

esnek szét. A második fázisban a víz elszállítja a szétesett talajrészecskéket, majd a harmadik fázisban a víz a hordalékot szemcsenagyság szerinti sorrendben különböző távolságokban lerakja.

Az eróziós formák fajtái Stefanovits (1964):

- csepperózió
- mikroszoliflukció
- lepelerózió
- barázdáserózió
- árkos erózió
- szakadékos erózió
- kémiai vagy oldási erózió
- szedimentáció

Várallyay (1994) kutatásai alapján elmondható, hogy Heves megye erősen erodált területe 19.00 ha, közepesen erodált 39.000 ha és gyengén erodált 29.000 ha. A talajszerkezet az éghajlattal kölcsönhatásban befolyásolja a termés nagyságát és biztonságát és az erózió kockázatát (Bresson–Beoffin, 1990). Guzha (2004) a talaj hő-, víz- és tápanyagforgalmát meghatározó talajtulajdonságok meghatározásához a talaj vízvezető- és víztartó-képességét bemutató hidrológiai függvényeket tartja a legfontosabbnak.

Szélsőséges csapadékviszonyok esetén felértékelődött a talaj „vízraktározó” funkciója; az intenzív műtrágyázás időszakában, majd a műtrágyák állami dotációjának megszűnése után „tápanyag-raktározó” funkciója. Sajnos a talajt érő stressz hatások és az ezek hatására bekövetkező káros folyamatok köre egyre szélesebb, azok egyre erősebbek, egyre inkább fenyegetik talajkészleteinket. Emiatt különös jelentőséget kapnak a talajok puffersizűrő-detoxikáló-génrezervoár funkciói. Elsősorban a különböző stressz hatásoknak erősen kitett, szennyezett vagy a szennyeződés által fenyegetett, illetve különösen érzékeny területeken (ivóvízbázisok területe, védett területe és azok puffer zónái stb.) (Arnold, 2005).

A látszólag növényközponitú, hagyományosan sokmenetes művelésre alapozott intenzív talajhasználat következtében a talajok szerkezete, víztartó képessége, pufferkapacitása romlott, biológiai tevékenysége hanyatlott, az aszály és a nagy mennyiségű csapadék hatásaival szembeni érzékenység növekedett. A talaj fizikai és biológiai állapotának javítása és tágabban értelmezve a talajvédelem kiszélesedése természetesi, környezetvédelmi és gazdálkodási szempontból is kívánatos (Bencsik, 2004). A szél és a víz által okozott talajpusztulás a tömörödéshez hasonlóan világszerte, a mezőgazdasági területeket sújtó degradációs folyamat. A talaj le-, illetve elhordását közvetlenül kiváltó tényezők mellett fontos szerepe van a befolyásoló tényezőknek, ezen belül is a talajhasználat módjának, az alkalmazott talajművelésnek (Krisztián, 1988). Talajtani értelemben az erózió azon pusztító jellegű folyamatok összegzése, amelyek hatására a talaj felső rétege fokozatosan elvékonyodik, vagy gyorsan lepusztul, ezáltal termékenysége leromlik, esetleg mezőgazdasági művelésre alkalmatlanná válik. A talajerózió a talajnak rendszerint a legértékesebb rétegét, a humuszban és tápanyagokban gazdag alkotórészeit hordja le, és éppen ezért káros folyamatnak tekinthető (Stefanovits, 1977).

Az eróziós tápanyagvesztések között első helyen szerepel a nitrogén. A lejtőről lefolyó víz oldásának kitett N-műtrágyák jelentős része az erózió hatására az üzemi tábláról oldat formájában távozik, elfolyik. A talajok állapota azért érdemel megkülönböztetett figyelmet, mivel nedvességforgalom hatékonyságán keresztül befolyásolja az aszályal összefüggő károk mértékét. (Stefanovits, 1977; Pálmai, 2002). A lejtőről lefolyó víz oldásának kitett N-műtrágyák jelentős része az erózió hatására az üzemi tábláról oldat formájában távozik, elfolyik. A szedimentált területeken a talajok eredeti tápanyagegyensúlya felborul, mert ide nemcsak a N-

forrásul szolgáló humusz rakódik le, hanem az alkalmazott műtrágyákból lemosott N jó része is itt párolódik be, a lapályos táblarészekben lerakódott egyéb hordalékokkal együtt.

A talaj vízgazdálkodására és biológiai aktivitására kedvezőtlenül hat a talaj pórusainak térfogateloszlás szerinti megváltozása, pórusrendszerének funkcionális átalakulása, amely a talaj leromlásához vezet (Tóth, 2001). A növényborítottság hatása kettős, részben megtartó, részben fejlesztő. A megtartás a széllel és vízzel szembeni védelmet jelenti. Ennek során az elsőrendű erózióellenes hatás, hogy a növényzet felfogja az esőcseppeket mintegy abszorbeálva kinetikai energiájukat megszüntetve a nagy intenzitású esők záporozó hatását (a talajmorzsák felrobbanását, a felületi vízlepel turbulenciájának fokozását). Egyben közvetve megelőzi a talajfelszín eliszapolódását, tömörödését, és ezzel a beszivárgási sebesség csökkenését (Centeri, 2002).

Farkas (2004) megállapítja, hogy a szakirodalomban fellelhető mérési eredmények alapján a művelésnek a talaj fizikai tulajdonságaira és nedvességforgalmára gyakorolt hatása egyaránt függ a helyi viszonyoktól (klíma, domborzat, talaj) illetve attól, hogy miként reagál az adott talaj egy konkrét mechanikai beavatkozásra. Ezen kívül fontosnak tartja az időbeliséget. A művelés és egyes talajparaméterekre az idő függvényében van hatással. Véleménye szerint, ebből adódhatnak a szakirodalomban található ellentmondásos következtetések. Kátay (2002) megállapítja, hogy a kedvezőtlennek minősülő talajok esetében a csapadékmegőrző technológiákat, kímélő talajművelésnek és ésszerű hasznosításnak alkalmazását kell előtérbe helyezni.

A kultúrnövény betakarítása után a talajfelszín fedetlenül hagyása, kiszáradásának elősegítése a talaj biológiai tevékenységének hanyatlásával, a művelhetőség határfokának romlásával, valamint az erózióknak kitett területek degradációjával jár (Gyuricza - Birkás, 2000). A talaj takarása szántóföldön, tarlómaradványokkal, fontos célokat szolgál. Csökkenti a nedvesség veszteséget, szerepe van a talaj kedvező biológiai tevékenységének előmozdításában és fenntartásában. Ezen két cél teljesülése folytán a művelhetőség javul és a durvább beavatkozások elkerülhetőek (Birkás, 2002). A lejtős területeken folytatott kísérletei alapján Bencsik (2004) megállapítja, hogy lejtős területen a talaj felszínének kímélés jótékony hatással van a talajszerkezetre. A talajvédő művelési módoknak egyre inkább szerepet kell kapnia a sikeres növénytermesztés rendszerében. Eredményes gazdálkodás degradált, erodált talajon nem folytatható, és az ilyen talajokon végzett termelői tevékenység tovább súlyosbítja a talaj és a környezet állapotát is (Jolánkai et al., 1997).

Valamennyi feladat hatékony megvalósítása a talajfolyamatok bizonyos mértékű, irányú, céltudatos szabályozását igényli. A természeti, a gazdasági és a társadalmi tényezők összefonódva, egymást kölcsönösen kiegészítve vannak jelen. Cél, a fenntartható fejlődés biztosítása (Várallyay, 1997; Várallyay–Németh, 1999).

2.2. Fajtaválasztás és tápanyag-visszapótlás szerepe a búzatermesztésben

2.2.1. Fajtaválasztás

A NÉBIH adatok szerint 2014-ben 166 búzafajta volt hivatalos szaporításban Magyarországon, valamint az EU fajtalistáján 1853 őszi búza szerepel, amelyekhez szabadon hozzá is lehet jutni. Az egyes fajták tulajdonságai, termesztéstechnológiai intenzitás iránti igényük jelentős eltérést mutat. A fajta megválasztása meghatározza a termelés színvonalát és sikerét. A lehetőségek ismeretében meg kell határozni a termesztési célt. A fajták között jelentős különbség mutatkozik termőképesség, alkalmazkodó képesség, termésbiztonság, állóképesség (szárszilárdság) és

betegség-ellenállóság terén (Ragasits, 1998). A sikeres fajtamegválasztás több szempont komplex mérlegelésén alapszik (Iványi et. al.; 1994; Radics, 2003). Kutasy et al. (1998) a minőségi búzatermesztés legfontosabb tényezőjeként a fajtaválasztást tartja, ehhez kapcsolódóan nemesítési célként határozza meg.

A fajtaválasztás szempontrendszerre igen sokrétű. Alapvetően a fajták ökológiai adaptációs tulajdonságait kell figyelembe venni Pepó (2004a) véleménye szerint. Koltay–Balla (1975) felhívja a figyelmet arra, hogy bár a termelők a nagyobb termőképességű fajtákat keresik, de ugyanilyen fontos a fajta a termésbiztonsága. Pepó (2004b) kiemeli, hogy a fajták értékének teljes megítéléséhez az agronómiai tulajdonságok mellett a termőképesség, termésbiztonság és a termésminőség is hozzátartozik és a fajta gyakorlati értékét ezek együttesen, komplex módon alakítják ki. Fajtaválasztás esetében, mivel az egyes fajták ökológiai igénye eltérő, Koltai és Balla (1975), a termőhelyi adottságok figyelembevételét javasolja. A fajtaválasztás és a termelési cél sikeres megválasztása befolyásolja a jövedelmezőséget állapítja meg Matuz (1998), hiszen a fajták termésmennyisége és minősége jelentősen eltérhet egymástól eltérő termesztési viszonyok között. Szabó (1994) a fajtaválasztásnál a következő szempontokat tartja fontosnak:

- tábla ökológiai adottságai
- terméshozam
- malom és sütőipari minőség

Egy fajta mennyiségi és minőségi potenciál fogalma Szentpétery et al. (1995) megfogalmazása szerint, olyan genetikailag meghatározott képesség, melyet a környezeti tényezők és az agronómiai módszerek érvényre juttathatnak, leronthatnak, de számottevően javítani nem tudnak rajta. A genetikailag jó minőségű fajta, megfelelő éghajlat és talajviszonyok és hozzá adaptált termesztéstechnológia nélkül a kívánt minőséget nem tudja produkálni.

Ugyancsak a mennyiségi, minőségi stabilitási paraméterek fontosságára hívja fel a figyelmet Láng–Bedő (2003a). Pepó–Zsombik (2002) a termőhely szerinti fajtaválasztást emeli ki, mely szerint a vizsgálatukban szereplő fajták nagyobbik hányada csak adott termőhelyen adott kedvező terméseredményt (speciális környezeti igényű fajták), míg voltak fajták (jó általános adaptációs képességű fajták), melyek több termőtájon is nagy termést produkáltak. Pepó (1996) szerint az évjárat jellege, típusa jelentősen befolyásolja az egyes búzafajták realizálható termésmennyiségét, a fajták genetikai termőképességének érvényre jutását. A biztonságosabb termesztés érdekében a fajták környezeti adaptációs képességében lévő különbségeket célszerű figyelembe venni. A terméseredmények kialakulásában Lökös Tóth (1999) nagyobb jelentőséget tulajdonít az évjáratnak, mint a genotípusnak. Ágoston–Pepó (2006) őszi búza esetében az adott agroökológiai feltételek mellett kedvező és stabil minőséggel és termésmennyiséggel rendelkező fajták termesztését javasolja.

Szilágyi–Győri 1999-ben több fajta köztük az Mv Magdaléna minőségi paramétereinek változását elemezte az alkalmazott agrotechnika tükrében. Megállapították, hogy az Mv Magdaléna kiemelkedően jó minőségű, javító búza. Sütőipari minőségét tekintve A2- B1-es csoportba tartozik.

2.2.2. Tápanyag-ellátás

A tápanyagellátásnak az agrotechnikai tényezők közül döntő szerepe van. A tápanyag-visszapótlási tervek célja a termesztett növények által kivont tápanyagmennyiségek megfelelő tápanyag kijuttatása mellett a talajtermékenység fenntartása, a talaj tápanyag- ellátottságának optimális szintű megőrzése, de legalább egy hosszú távon is fenntartható minimális szint megtartása (Takácsné, 2011). A műtrágya optimális mennyiségének meghatározásához figyelembe kell venni a termésbiztonsághoz szükséges tápanyagigényt, a környezeti adottságokat (makro- és mikroklimatikus adottságok, talajtani adottságok, talaj tápanyag-ellátottsága), előveteményt, szervesztrágya utóhatását, az alkalmazott fajta intenzitását, tulajdonságait, valamint

a rendelkezésre álló agrotechnológiai lehetőségeket. A tápanyag-visszapótlás során a harmonikus tápanyag-visszapótlásra kell törekedni, tehát a tápanyagoknak megfelelő arányban kell visszapótlásra kerülnie. A trágya mennyiségének kiszámítása a foszfor és kálium esetében pontosabban megállapíthatóbb, hiszen mozgásuk a talajban lassúbb, kilúgozódási veszélyük kisebb, mint a nitrogéné (Ragasits, 1998). A műtrágya hatóanyag igény a termesztett kultúra tápanyagigényén alapul, de nem azonos azzal. A hatékony műtrágyázási rendszer kialakítása nemcsak az optimális hatóanyag meghatározását jelenti, hanem a műtrágyaféleségek megfelelő megválasztását, a kijuttatás módjának, idejének szakszerűségét, a pontos műszaki megvalósítást is. A műtrágyázási technológiának a talajadottságokhoz valamint a többi termést befolyásoló tényező (talajművelés, növényápolás, növényvédelem) színvonalához, teljesítőképességeihez is alkalmazkodnia kell (Hefler, 2003).

Hazánkban a felhasznált műtrágya mennyiség folyamatos emelkedést mutatott 1940 és 1985 között. A termésátlagok háromszorosára emelkedtek ugyan, de ebben közrejátszott a gépesítés és a növényvédelem fejlődése. Magyarországon a trágyázási gyakorlat első időszaka az 1950-es évekig tartott. A tápanyag-visszapótlás legnagyobb részben szerves trágyázáson alapult, a műtrágya felhasználás elenyésző volt. Az egy hektárra vetített hatóanyag átlagosan 30 kg volt (Holló, 1992). A műtrágya felhasználás a 1960-as évektől kezdődően növekedett meg kimagaslóan, amelynek következtében a búza és a kukorica terméseredménye 250%-kal megemelkedett. Természetesen a műtrágya felhasználás növekedése mellett az agrotechnológiának, öntözésnek és az új korszerű fajtáknak is nagy jelentősége volt a termésnövekedésben. Az NPK műtrágyák felhasználása 1950 és 1990 között megtízszereződött (Csathó–Radimsky, 2007). A pozitív tápanyagmérlegnek köszönhetően a talajok tápanyag-ellátottsága javult, a terméseredmények megnövekedtek (Loch–Nosticzius, 1992). A pozitív tápanyagmérleg időszaka az 1980-as évek végéig tartott. Ebben az időszakban a becslések szerint mintegy 600-800 kg/ha P_2O_5 került a hazai talajokba, a terméssel kivont mennyiségen túl (Kádár, 1997; Csathó, 2003). A termelők és a vezetők azt a téves következtetést vonták le, hogy a műtrágya adag növelésével lehet csupán a termésátlagot növelni, ennek a szemléletnek következtében a környezetterhelés nőtt, károsodtak talajaink és a jobb termésátlagok elmaradása mellett a termés minősége is romlott (Láng–Csethe, 1992). Buzás–Lánszky (1992) a szakmai szempontok mellett a műtrágyák mesterségesen alacsony áron való tartását jelölte meg, valamint felhívta a figyelmet arra, hogy a termelési színvonalat sokszor a felhasznált műtrágya mennyiségével fémjelezték. 1976-ban elindult egy okszerű tápanyag-visszapótlásra alapozott kormányzati törekvés, amelynek egyik oka volt, hogy rájöttek a kijuttatott tápanyagok mennyisége egy bizonyos szint után nem növeli lineárisan a terméseredményt (Fekete, 1992). A genetikai termőpotenciál növelése érdekében használt kemizálás negatív hatásaival is számolnunk kell, hiszen a talajban felhalmozódó mikro- és makroelemek a talaj tápanyag és vízellátó képességét károsítják, így a fenntartható gazdálkodást is veszélyeztetik (Láng–Csete, 1992). A műtrágya világpiaci ára megemelkedett, így a felhasználását vissza kellett fogni. A trágyázási szint meghatározásánál a talajt csupán egy bizonyos szintig akarták feltölteni, valamint a növények által kivont tápanyagokat visszapótolni. Ennek köszönhetően 1985-től folyamatosan csökkent a műtrágya felhasználás, míg a rendszerváltás utáni időszakban mélypontját érte el 1991-ben. Az 1980-as évek után a foszforral jól és igen jól ellátott területek részaránya azonban jelentősen csökkent (Kádár, 1997; Csathó, 2003). Ezzel ellentétben Csathó–Radimsky (2008) azt a megállapítást teszi, hogy a 60-as évek elején hazánkban még nem beszélhetünk foszforral jól és igen jól ellátott területekről, addig részarányuk az intenzív P-trágyázás következtében 1981-re megközelítette az 50%-ot és 1985-re a 60%-ot, 1987-ben a kukorica területek döntő hányadán végzett felmérés alapján 80% feletti volt a jó–igen jó P-ellátottságú területek részaránya. Fotyma–Kopinski (2001) kutatásai során mérlegszámításai igazolják, hogy az 1990-es években a felhasznált trágyaszerek csökkenése következtében negatív mérleg alakult ki több kelet-európai országban. Az 1990-es évekig 80%-os műtrágya felhasználás csökkenés következett be hazánkban. Csathó–Radimsky (2007) ennek okaként a

KGST országok összeomlását és a nyugat-európai környezetvédelmi előírások szigorodását jelölte meg. Ezt erősít meg Csathó–Radimsky (2012), miszerint 1991 óta újra negatív P-mérlegekkel jellemezhető gazdálkodásunk következtében az ezredfordulóra 40% körülire csökkenhetett a foszforral jól–igen jól ellátott területeink részaránya.

A műtrágya felhasználás 1990-től kezdődően ismét emelkedni kezdett, de ettől az időszaktól kezdődően még mindig negatív tápanyag-mérleg jellemző talajainkra, amely természetlagok és a talajok tápanyag-tartalmán egyértelműen meglátszik. A KSH adatok alapján némi növekedés mutatható ki, de kiemelte felhívta a figyelmet arra, hogy mivel csökkentek a talaj tápanyag-vizsgálatok, így a tápanyag-visszapótlás talaj termékenységére és környezetre gyakorolt hatása nem ellenőrizhető (Loch, 2006; Réder, 2010).

A műtrágyázásnak jelentős szerepe van a minőség kialakításában (Bocz–Pepó, 1984; Tanács et al., 1994; Láng–Bedő, 2003b). A búza termesztéstechnológiájában kulcsfontosságú agrotechnikai elem a tápanyagellátás, a trágyázás (Jolánkai, 1982; Ruzsányi, 1991; Bocz–Pepó, 1985). Kovacevic (2005) kiemeli, hogy a búza esetében alapvető szempont a harmonikus tápanyag-visszapótlás, amelyek hatékony érvényesülését részben agroökológiai feltételek, részben agrotechnikai elemek befolyásolják. Ennek ellenére Magyarországon széleskörű, szabadföldi tápanyag-ellátási kísérletek csak a XX. század második felében kezdődtek el (Birkás, 2006).

Pepó–Csajbók (2014) tartamkísérletükben 10 év alapján és 4 vizsgált agroökológiai elem együttes értékelése alapján a búza terméshozadékáért a legnagyobb (50%) hatása a tápanyag-visszapótlásnak volt. A vetésváltás kialakítását 28%-ban határozza meg a búza terméshozadékát, míg a növényvédelem – amely csak bizonyos évjáratokban rendelkezik jelentős hatással – 16%-ban vett részt a terméshozadék kialakításában. A búza tápanyag-utánpótlása a skála extenzív pontjához áll közelebb. Ez az extenzív pont azt jelenti, hogy a búzánál figyelembe kell venni a talaj természetes tápanyag tartalmát és a tápanyag szolgáltató képességét (Czinege, 2004).

A szükséges tápanyagok egy menetben való kijuttatása nemcsak költségmegtakarítást jelent, hanem a gyakran szűkös gépkapacitás átcsoportosításával lehetőséget ad az aktuális munkák optimális időben való elvégzésére. A mezo- és mikroelemekkel kiegészített NPK komplexek mellett megtalálhatók a csak 2 makroelemet tartalmazó NP vagy PK termékek is. Tehát a komplex műtrágyák lehetővé teszik a talajadottságokhoz, a termesztési célokhoz való alkalmazkodást (Árendás et al., 2006).

A búza tápanyagigényes növény, amely kijuttatott tápanyagokat jól hasznosítja. A tápanyagellátás szerepének és trágyázásának kulcsfontosságát több szerző kiemeli. (Jolánkai, 1982; Ruzsányi, 1991; Bocz–Pepó, 1985) Antal (2000) megállapítása szerint a termőhely talajának típusa, az időjárás alakulása és a választott termesztési módszer szakszerű alkalmazása alapvetően meghatározza az őszi búza termésének nagyságát és minőségét. Pepó (2002) megállapítása szerint a trágyázás valamennyi technológiai elemre közvetlenül, vagy közvetve hatással van. Jolánkai (1993) a genetikai termőképesség realizálásában résztvevő legerősebb tényezőként jelöli meg műtrágyázást, de felhívja a figyelmet az okszerű tápanyag-visszapótlásra, amelyhez szükséges ismerni a fajta tápanyag-reakcióját. A tápanyag-visszapótlás és búza termésadatok között összefüggést talált Bocz (1963), aki több ország adatainak elemzés után vonta le következtetéseit. A búza táplálásában sok makro-, mezo- és mikroelem vesz részt, de a tápanyag-visszapótlási gyakorlatban csak a három makrotápanyagnak (N, P, K) van szerepe (Ragasits, 1998). A műtrágyák és a talaj természetes tápanyagainak hasznosulása akkor a legjobb, ha a búza a téli fagyok beköszöntéig kellően meg tud erősödni, télen nem károsodik, a növekedési időszaka csapadékos és átlagos hőmérsékletű, generatív időszaka pedig napsütéses, meleg és viszonylag száraz (Márton, 2004).

A makro tápanyagok közül a nitrogén hatása a legerősebb a kalászos kultúrák terméshozadékára (Németh et al., 2006). Szerepük a búza fehérjéinek, enzimeknek és

vitaminoknak a felépítésében van (Ragasits, 1998). A N-nitrogén reakció alapján a fajtákat kis N-trágya reakciójú, közepes kis N-trágya reakciójú és nagy kis N-trágya reakciójú csoportokra osztotta Harmati (1983).

A nitrogén mellett kulcsfontosságúnak ítéli meg főként kalászos gabonatermesztésben Árendás et al. (1998) a kielégítő foszfor ellátottságot. A XX. század közepéig a makroelem pótlásra szolgáló mesterséges trágyák közül a szuperfoszfát jelentősége volt a legnagyobb (Stefanovits-Sarkadi, 1963). A vetéssel egyidejűleg adott nitrogén alaptrágya elsősorban a vegetatív fejlődésre hat, növeli az állománysűrűséget, de a dőlési veszélyt is fokozza. Horváth (2014) a növényi tápanyagok közül a nitrogént jelöli meg a legnagyobb hatását a termés minőségére és mennyiségére.

Az őszi starter nitrogén adagja a talaj fizikai tulajdonságaitól, az elővetemény betakarításának idejétől és a visszahagyott, a talajba dolgozott tarló és szár tömegétől függ. Szerepe segíteni a bokrosodást, anélkül, hogy túlfejlődést okozna. (Czinege, 2004) Az enyhébb éghajlatú és csapadékosabb országokban a nitrogén nagyobb részét tavasszal, több, kisebb adagban adják. Környezetvédelmi megfontolásból célszerű az őszi nitrogénadagot minimálisra csökkenteni, esetleg a helyi viszonyoktól függően elhagyni, mivel az őszi és téli időszakokban a legnagyobb a kimosódás veszélye (Balikó, 2004). A szemképződés idején adott kiegészítő nitrogéntrágya a gabonaszem nyersfehérje-tartalmát emeli. A szemképződés időszakában adott kései nitrogénadagok elsősorban a szemben, és csak kisebb mértékben a vegetatív szervekben halmozódnak fel. A nitrogén tavaszi megosztása szükségtelen akkor, ha a talaj kultúrállapota jó és gyommentes a talaj (Szabó, 2008).

Az 1980-as évekig tartó pozitív tápanyagmérlegek időszaka alatt – amely két-három évtizedet ölel fel – 600-800 kg/ha P_2O_5 került a hazai talajokba. Az 1980-as évek után megváltozott a tápanyag-visszapótlási rendszer, aminek következtében csökkent azon területek nagysága, amely foszforral jól és igen jól ellátott (Kádár, 1997; Csathó, 2003). Nagyon fontos, hogy a talajok felvehető PK-tartalma ősszel megfelelő legyen, mert ez nagymértékben hozzájárul a növények kellő fejlettségének eléréséhez, a télre való edzettségének kialakulásához. A gyenge PK-ellátottságú talajokon a növények gyengén fejlődnek, s emiatt télen jelentősen károsodhatnak, különösen a kevésbé télálló fajták. Tél végén, tavasz kezdetén kiszórt foszfor fejtrágyának (10-20 kg P_2O_5 /ha) is kedvező hatása lehet, a téli csapadék hatására összezsapolódott, a kötött és a foszforzegény talajokon, valamint az öntözéssel termesztésben, különösen, ha nitrogénnel együtt alkalmazzuk (Németh, 1996). Sárvári (2006) megállapítja, hogy a búza a N-trágyázás mellett főleg a P-trágyázásra érzékeny és igényes, valamint az elővetemény és az évjárat befolyásolja az optimális foszfor műtrágya mennyiségét. Reisinger (2012) megállapítja, hogy foszfor és kálium alapműtrágyázásban nincs egyértelműen elfogadott módszer, több modell van jelen a piacon.

Erodált erdőmaradványos csernozjom talajon, Martonvásáron vizsgálat Árendás et al. (2004) NPK faktoriális kísérletet. A négyéves periódusokra bontott kísérlet eredményei szerint az első három ciklusban növekvő mésztartalom negatívan, a P-trágyák utóhatása pozitívan és közel azonos mértékben igazolhatóan befolyásolta a termőképességet. A talajban maradt foszfor termésmenvelő hatása a negyedik ciklustól kezdődően a termesztett növények átlagában azonban már nem különbözött statisztikailag igazolható módon az 1958 óta P-trágyázatlan parcelláktól.

Márton (2004) Nyírlugoson beállított műtrágyázási tartamkísérletben vizsgálta a különféle műtrágyázási szintek mellett az évjáráthatást őszi búza esetében. Aszálykor a kontroll terület szemtermése mintegy 30%-kal volt kevesebb, mint az átlagos évjáratoké. Az egyoldalú N és a hiányos NP- és NK kombinációknál 41% volt a kiesés, amelyet az NPK- és NPKMg-adagok még 7%-kal fokoztak. Csapadékos évben az aszálykárt meghaladó mértékű hozamcsökkenést mértek. Megállapította, hogy a búzatermés csak az NPK- és NPKMg-kezelésekkel volt fokozható gazdaságosan.

Gyöngyösi kísérleti területen (Tass-Pusztá A14-es tábla) Fodor–Fodorné (2014) állított be tápanyag-visszapótlási kísérletet az MTA TAKI – MGKI szaktanácsadási rendszer ajánlása alapján. A vizsgált terület nitrogénben gyengén, foszforban jól és káliumban közepesen ellátott volt, talajtípust tekintve csernozjom barna erdőtalaj. Eredményeik szerint a maximális termés elérését megcélzó nitrogén adag (119 kg/ha) sem a termés mennyiségében sem a termés minőségének vonatkozásában nem múlta felül a mérleg szemléletű kezelésben alkalmazott nitrogén adag (105 kg/ha) kedvező hatását.

2.3. Évjáráthatás és a búza minőségének összefüggései

Több szerző foglalkozik az őszi búza évjárat hatásával (Nagy, 1981; Pepó, 2000; Horváth, 1994; Ragasits, 1998; Koltay–Balla, 1982; Sípos–Győri, 2004). Termőtájanként eltérnek ezek az éghajlati tényezők. Szabó (1972) véleménye szerint a termesztés helye és éghajlata szerint változik a fajta minősége, így a fajta csupán feltétele a megfelelő minőségnek. Láng (1976) és Horváth (2014) megállapították, hogy a termés minősége szempontjából az Alföld éghajlata az ideális. Kádár (1992) megállapítja, hogy az aszályérzékenységet fokozza a tápelemek hiánya és túlzott bősége is. Györffy (1988) az aszálymérséklés egyik alapvető tényezőjének jelöli meg a jó tápanyagellátást. Több szerző megerősíti, hogy szélsőséges időjárási viszonyok mellett a tápanyagellátás szerepe megnő (Kováts et al.; 1985, Kádár–Szemes, 1994; Németh, 1996). Pepó–Csajbók (2014) őszi búza vetésváltási kísérletében megállapította, hogy az egyes évek időjárása módosította mind a legkisebb, minimális, mind a legnagyobb, maximális termés nagyságát. Vizsgálati eredményeik alapján megállapították, hogy az évjárat mellett az agrotechnikai tényezők befolyásolták jelentősen az őszi búza termését. (Láng–Csete, 1992). Az időjárási stresszfaktorok (magas hőmérséklet, vízhiány) együttes hatásának vizsgálatára hívja fel a figyelmet Porter–Gawith (1999), amely vizsgálatokkal modellezhetővé válna a stresszfaktorok búza szemtermésre gyakorolt hatása. Ragasits (1997) és Sípos–Győri (2004) egyaránt kiemeli termesztési év időjárásának hatását a genetikai és technológia feltételekre

Pepó (1997, 1998) a növényi termék minőségi kategóriájának három fő csoportját határozza meg:

- biológiai,
- ökológiai
- agrotechnikai tényezők.

Ezen három tényező együttes kölcsönhatása alakítja ki a termék végső mennyiségi és minőségi paramétereit.

Az élelmezési céllal termelt búza minőségi követelményei felhasználási iránytól függően egyre inkább szélesebb körben változik. Ruzsányi–Pepó (1999) kiemeli a fajta termés- és minőségstabilitását. Matuz et al. (1999) véleménye szerint a termésmennyiség mellett előtérbe kerül a termés minősége is, a minőséggel elérhető tiszta nyerség miatt. A minőséget Jolánkai et al. (1998) fizikai küszöbértére és beltartalmi értékre bontja.

A fizikai küszöbértékek a hektolitertömeg, ezerszemtömeg, tisztaság, melyek a forgalomba hozatalt korlátozzák. A beltartalmi értékek fehérje, nedvessikér tartalom, farinográfus érték, amelyek kémiai és technológia értékmérő tulajdonságok. Szentpétery (2004) véleménye szerint kedvezőtlen ökológia körülmények mellett kiemelkedő minőségjavító hatást lehet elérni a nitrogén-fejtárgya növekvő adagja mellett. A kenyér alapanyagának termelt búza szemtermésében a viszonylag nagy (70%) keményítőtartalom és minél nagyobb (13%-nál nagyobb) fehérjetartalom az optimális. A liszt sütőipari minőségét a fehérjetartalom pozitívan befolyásolja. Genetikailag meghatározott a búzamazag fehérjeszerkezete, de a környezeti hatások módosíthatják azt (Triboi et al., 2000).

A feldolgozóipar igényeinek megfelelően több minőségi csoportot különböztet meg (Bedő et al., 1997). Láng–Bedő (2003a) a mennyiség fogalma alatt a hektáronkénti magasabb termést és a jobb műtrágya hasznosulást érti. A minőség a jó malom- és sütőipari célra való alkalmasságot, több fehérjét és jobb aminosav-összetételt takar véleményük szerint.

A búza főbb minőségi paraméterei:

- a nedves sikértartalom,
- fehérje tartalom,
- Zeleny-index,
- Hagberg-féle esésszám.

A nedves sikértartalom liszt fehérjetartalmáról ad információkat, mivel pozitív összefüggésben van a fehérjetartalommal (Pollhamerné, 1981). A tartalékfehérje meghatározó szerepére hívja fel a figyelmet Balázs et al. (2007). A fehérjék mennyisége, összetétele és minősége nagy változatosságot mutat, a fajta és a termesztési körülmények adta változatosságnak köszönhetően. A búza fehérjék ezen tulajdonságai hatással vannak a végtermék minőségére. Ruzsányi–Pepó (1999) és Láng–Bedő (2003b) szerzőpárosok kutatási eredményei alapján megállapították, hogy a kiváló minőség 70-75% valószínűséggel érhető el jó agrotechnikai beavatkozásokkal, a fennmaradó 25-30%-ban az évjárat és a termőhelyi adottságok vesznek részt a minőség kialakításában (Márton, 2004). Pollhamerné (1988) megállapítása szerint a búza minősége a gyakorlati búzatermesztésben realizálódik.

A siker minőségéről ad információt a Zeleny-féle szedimentációs index. A módszert először Zeleny (1947) írta le. A módszer lényege, hogy savas közegben a sikerfehérjék megduzzadnak és a térfogat-növekedésből lehet következtetni a liszt minőségére.

Általánosan elfogadott, hogy a magas sikértartalmú búzából jó sütőipari minőségű lisztet lehet őrölni. Ezt a megállapítást cáfolja Szilágyi–Győri (1999), mivel a több liszt vizsgálati eredmény bizonyítja, hogy a magas sikértartalom ellenére sem megfelelő a sütőipari minőség. A gyakorlatban egyre több búza minőségét meghatározó módszert alkalmaznak, ezek leginkább a sütőipari minőség meghatározására irányulnak. A Hagberg-féle esésszám mérése 1998 óta használatos a búza átvételi szabványában. Szilágyi–Győri (1999) munkáiban arra törekedett, hogy a sikerfehérjék vizsgálataival (Zeleny-index, siker index, SDS szedimentációs térfogat, fehérjék vizsgálata HPLC-vel) feltárják a siker fehérje és sütőipari értékek összefüggését. A kicsírázott búza feldolgozásának problémája megoldására dolgozta ki Hagberg (1960) és Perten (1962) az esés szám meghatározását, amelyből a liszt megváltozott enzimatikus állapotára, valamint a kenyér térfogatának alakulására és minőségére lehet következtetni (Molnár, 1967). Szilli (1969) a keverési arányok meghatározásához és az enzimek adagolásához is alap információnak jelölte meg az esés számot. Hazai fajták esetében 250-330 esési szám közötti lisztből kapták a legnagyobb térfogatú kenyeret.

A kutatások alapján a fehérjetartalom, a nedves siker-tartalom és a sütőipari értékszám növekedésével nő az alveográfus L-érték, míg a W-érték változása a fehérjetartalom, a nedves sikértartalom, sikerterület, vízfelvevő képesség és sütőipari értékszám változásával egyszerre történik (Dexter et al.; 1994; Véha–Markovics, 1998; Matuz et al., 1999). A minőségi paraméterek vizsgálata során a közöttük lévő kapcsolati eredmény tekintetében számos eltérő erősséget határoztak meg a kutatók, amelynek oka a búza és a liszt változatossága, valamint a termesztési körülmények.

Bocz–Pepó (1984) kutatásai eredményei azt mutatták, hogy a legjobb sütőipari minőségű búzát a legszárazabb évben takarították be. Ezek az eredmények ellentmondanak Pollhamerné (1973) által publikált eredményeknek, melyek szerint az éréskori száraz időjárás az enzimaktivitást csökkenti, így a búza minőségét rontja. Sípos–Győri (2004) eredményei alapján megállapították, hogy az aszályos 2000-es évben a középkései fajták jobb sütőipari minőséget adtak, mint a csapadékosabb évben.

Kondora (2001) a főbb termést befolyásoló tényezők hatásait elemezte a nedves sikértartalom, Farinográfus értékszám, próbacipó térfogat alakulásra. Következtetéseit 16 éves tartamkísérlet alapján vont le, miszerint a genetikai tényezők 36-46 %-ban vesznek részt a vizsgált minőségi paraméterek alakulásában, 20-30%-ban a termőhely hatása érvényesül és 33-40%-ban az agrotechnika játszik szerepet a búza minőségének kialakulásában.

Bartos et al. (1991) megállapították, hogy a búza beltartalmi eredményeire a legnagyobb hatást a hőösszeg és a talaj makrotápelem-tartalma fejt ki, míg a csapadéknak nincs hatása. Ezzel ellentétben Győri–Győriné (1998) az időjárás hatásait vizsgálva arra a megállapításra jutott, hogy a búza tápelemfelvételét és a beépülési folyamatot az évjárat alapvetően befolyásolja.

Matuz et al. (1999) kísérleteiben kimutatta, hogy szignifikáns hatása volt az évjáratnak a nedves sikértartalomra, a farinográfus értékszámra, az alveográfus értékekre az L kivételével, valamint a W értékre. Vida–Jolánkai (1995) a minőségi búzatermesztés időjárási feltételeit az áprilisi és májusi, valamint a gyenge júniusi csapadékban határozták meg.

Szentpétery et al. (1995) betakarítási kísérletei alapján megállapította, hogy szárazabb és csapadékosabb nyári időszakok jelentősen befolyásolták a tészta reológiai tulajdonságait, csökkentette a vízfelvevő képességét, növelte az ellágyulás mértékét. Márton (2004) kísérletei alapján megállapította, hogy a búzánál csapadékos évben az aszálykárt meghaladó mértékben csökkent a hozam. Az optimális csapadékok és a hozzárendelhető termések 449-495 mm és 1,7-3,4t/ha között változtak.

Ez ezerszemtömeg átlagos csapadékellátottság mellett nem növekedett a terméshozammal, egyes esetekben csökkent (Lesznyákné, 1996, 1998). Sípos–Győri (2004) 1997-2000-ig beállított kísérletében vizsgálta a különböző fajták sütőipari minőségét az évjárat tükrében. Az Mv Magdaléna esetében az egyenletes csapadékeloszlású tavaszi-nyári periódus hozta a legmagasabb valorigráfus értékeket, nedves sikértartalom esetén a magasabb mennyiségű tavaszi-nyári csapadék magasabb sikértartalmat eredményezett, valamint a magas sikértartalom mellett alacsonyabb sütőipari értéket mutatott. A sütőipari értékszám alakulására az Mv Magdaléna és az Mv Suba esetében a mintavételi időnek statisztikailag igazolt hatását mutatta ki. Az Mv Magdaléna esetében a virágzást követő 15. nap után bármikor vett minta szinte mindig ugyanazt a minőséget mutatta, azaz az időjárás és a szemben lejátszódó folyamatok a valorigráfus értéket nem befolyásolta. Az Mv Suba esetében ez a mutató az utolsó héten stabilizálódott.

2.4. A precíziós növénytermesztés megjelenése és helye a mezőgazdaságban

A precíziós gazdálkodás fogalma a XX. század utolsó évtizedeiben jelent meg a mezőgazdaságban. A precíziós technológia alappillére a műholdas helymeghatározó rendszerek, az USA-ban, a hadiipari fejlesztésekből fejlődött ki. Az 1980-as években a fejlett mezőgazdasággal rendelkező államokban (USA, Anglia, Németország) jelent meg a precíziós mezőgazdasági technológia. Ezekben az országokban állt rendelkezésre az a műszaki-technológiai háttér, amely a termőhely tér- és időbeli változatosságához való alkalmazkodást tette lehetővé.

A Nemzetközi Agrárkutatói Tanácsadói Csoport Technikai Szakértői Bizottsága megfogalmazása szerint: „A fenntartható gazdálkodás magában foglalja a mezőgazdasági erőforrásokkal való gazdálkodást, a változó emberi szükségletek megnyugtató kielégítését, miközben megőrzi, vagy fenntartja a környezet minőségét és a természeti erőforrásokat.” A mezőgazdaság szemszögéből fenntartható gazdálkodás alatt Csete (2003) a multifunkcionális és integrált mezőgazdaságot érti. Kiss et al. (2005) megállapítása szerint a „fenntartható fejlődés” magába foglalja a pillanatnyi és a hosszútávon fenntartható termelést, valamint a környezetvédelmet, amely a következő generációk életminőségét is biztosítja. Várallyay–Láng (2000) a fenntartható fejlődés két fontos alapelemeként Magyarországon legfontosabb természeti erőforrásunkat képező talajkészleteink ésszerű hasznosítását, védelmét, állagának megőrzését, sokoldalú funkcióképességének fenntartását jelöli meg. Aracionális gazdálkodás felszíni és felszín alatti vízkészleteinkkel és azok minőségének megóvásával történik, így biztosítva a természeti erőforrások megújuló képességét.

A magyar mezőgazdaságban a rendszerváltás utáni időszakban töke kivonás történt, melynek hatása a mai napig érezhető. Hazánkban, a technológia gyakorlatban való alkalmazása és szélesebb körben való elterjedése csupán a 2000-es évek elején történt meg, bár az 1990-es évek végén egyes elemei a termelésben már megtalálhatóak (Tamás, 2001). Takácsné (2011) a műszaki fejlesztést jelöli meg, amelynek alapja a mezőgazdasági termelést megelőző biológiai, kémiai és technikai innovációk eredményeként létrejövő termékek, eljárások köztermesztésbe való bevezetése. A műszaki fejlesztés elterjedésének feltételek, hogy az ökológiai feltételeknek megfelelően kerüljenek kialakításra az új termékek, technológiák, eszközök. Hasonlóan vélekedik Tamás (2001), aki szintén a műszaki-technológia fejlődést nevezi meg a helyspecifikus művelés alapjának. Magyarországon az 1990-es évek végén a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya precíziós technológia kutatási programot indított. A program befejezésével 2000-ben javaslatok születtek a precíziós technológia alkalmazásával kapcsolatosan (Györffy, 2001).

A precíziós gazdálkodás definiálását sok szerző tette meg, igen sokoldalú megközelítésből. Moore et al. (1993) termőhely-specifikus növénykezelési rendszerként nevezi, amely nemcsak meghatározza, analizálja a mezőgazdasági táblán belül előforduló talaj-, tér- és időbeli variabilitást, hanem képes kezelni is azt. Györffy (2000) megfogalmazása szerint a precíziós mezőgazdaság magába foglalja a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, táblán belül változó technológiát, integrált növényvédelmet, a csúcstechnológiát, távérzékelést, térinformatikát, geostatistikát, a növénytermesztés gépesítésnek változását. Szabó et al. (2007) a precíziós növénytermesztést a termőhely-specifikus rendszer kidolgozásának definiálja, ahol a termőhely és a termés részletes, tábla szinten belüli felmérése (talaj- és növényvizsgálat, termés elemzés), illetve ezek eredményeinek korszerű térinformatikai módszerekkel történő feldolgozása és kezelése megy végbe. Harnos (2007) megfogalmazása szerint a precíziós mezőgazdaság informatikára és technológiára alapozott farm menedzsment-rendszer, amely azonosítja, elemzi és irányítja a műveleteket a változó termőhelyi feltételek között az optimális jövedelmezőség, a fenntarthatóság és a termőföld védelme érdekében. Reichardt–Jürgens (2009) a precíziós

gazdálkodás céljaként a táblán belüli térbeli és időbeli változatosságának kezelését, hozamoptimalizálást és minőség javítást és költségek csökkentését jelöli meg, a környezetre gyakorolt negatív hatás csökkentése céljából. Reisinger (2012) a precíziós gazdálkodás alatt valamennyi növénytermesztési input (műtrágya, növényvédő szer, vetőmag stb.) helyspecifikus szabályozását érti, a veszteség csökkentése, a nyereség növelése s a környezet minőségének megőrzése céljából. A precíziós gazdálkodási forma térinformatikai alapokon működő döntéstámogató rendszer, ahol egyszerre valósul meg a nyereség növelése, a veszteség csökkentése és a környezetminőség megővése. Napjainkban a szakma egyre inkább ezt definíciót fogadja el, tehát a precíziós gazdálkodás helyett egyre inkább a hely-specifikus gazdálkodást használja (Tamás, 2001).

A technológia jelentőségét és jövőjét tekintve a szerzők számos tényezőt emeltek ki. Tamás (2001) szerint, a növényi kultúra termésének nagysága genetikai, ökológiai és technológiai tényezők együttesének hatása, a termőhelyi viszonyok függvényében egy adott táblán belül is jelentős változatosságot mutathat. Bár Wolf–Buttel (1996) az elkövetkező évtizedek mezőgazdasági termelés reformeszközeként említi a precíziós gazdálkodást, amely a termelés növelése mellett képes egyidejűleg mérsékelni a környezet szennyezését is. A termőhely ismerete minden technológiai beavatkozás alapja. A jövedelem és termésbiztonság növelő hatását több szerző kiemeli (Gandonou et al., 2001; Takácsné, 2004), amely a precíziós technológia elemeinek megfelelő alkalmazásával és azok kombinációjával érhető el.

Mivel hazánkban összetett talajtani viszonyok jellemzőek, ezért a precíziós technológia bevezetését elsősorban a termőhely változatossága indokolja. Czinege et al. (2000) véleménye szerint a precíziós gazdálkodás kulcskérdése a táblán belüli tulajdonságok mintázatának térbeli meghatározása. A hagyományos gazdálkodás keretei között a terepi adatgyűjtés eredményei a mezőgazdasági táblára, mint térbeli objektumra vonatkoztathatók. A precíziós gazdálkodás keretei között a mezőgazdasági tábla csak a vizsgálódás kereteit jelöli ki, az adatok vonatkoztatásához hiányzik a táblán belüli térbeli objektum (Várallyay, 2002). Jolánkai–Németh (2007) ezt a megfogalmazást kiegészíti azzal, hogy a precíziós növénytermelés a termőhelyi viszonyokhoz való minél pontosabb termesztéstechnológiai adaptációra való törekvés. Bármennyire is pontos egy növénytermelési technológia, ha nem veszi figyelembe az eltérő körülményeket, és nem ez alapján határozza meg, illetve változtatja a kezeléseket nem tekinthető precíziós növénytermelésnek. Takácsné (2006) megállapítja, hogy termelők lehetőséget kapnak a rendszer által arra, hogy gazdaságosabban és környezetkímélőbben gazdálkodásra. Kutatások kimutatták, hogy a termőhelyspecifikus műtrágya-kijuttatás révén a talajheterogenitást figyelembe véve csökkenthető a kijuttatott növényvédőszer, műtrágyák mennyisége, ami redukált környezetterhelést eredményez. A precíziós gazdálkodás Neményi–Milics (2007) véleménye szerint hosszú távon általánosan elterjedt lesz a mezőgazdaságban.

2.5. Helymeghatározó rendszerek és a precíziós növénytermesztés eszközzrendszere

A pontos helymeghatározással lehetővé válik a nagyobb termésátlag és a jobb termésminőség elérése, így precíziós technológia segítségével optimalizálható a művelés és így jelentős költségmegtakarítások (pl. műtrágya felhasználás) érhetőek el (Maniak, 2003; Mesterházi, 2011). A helymeghatározó rendszerek segítségével elkülöníthetőek és pontosan pozícionálhatóak a táblán belüli eltérő kezelést igénylő foltok. A terméseredményekről adatok gyűjtésre és tárolására a DGPS-vevővel felszerelt kombájnok alkalmasak. A tábla bármely pontjára vetítve meghatározható a terméssel kapcsolatos hozam- és szemnedvesség információ (Lénárt–Tomor, 2007; Milics–Neményi, 2011). Demes (2015) a precíziós gazdálkodás három pilléréként az agrotechnológiát, a gépesítést és az informatikai háttér hármas egységét és összhangját jelöli meg. További jellemzőként Hadászi (2015) a differenciált (mindig adott pillanatban mért)

adatokra támaszkodó rendszert emeli ki, amely differenciálás térben és időben történik, eredménye pedig az időben korlátlan, megismételhető helymeghatározás.

A mezőgazdasági területeken a műholdas helymeghatározást megelőzően földi háromszögelési módszerrel határozták meg a táblán belüli pozícionálást. A műholdas helymeghatározás előnye, hogy olcsóbb és pontosabb. A GPS és a távérzékelés az adatok felméréséhez és a térinformatikai (GIS – Geo Information System) adatok feldolgozásához szükséges, így a megfelelő kezelés (tápanyag-visszapótlás, növényvédelem, talajművelés) megtervezhető (Szabó et al., 2007). A térinformatikai alkalmazások Illés–Kovács (2007) megállapítása szerint hatékonyan tudják támogatni a termőhelyi információk beszerzését, úgymint a domborzat jellemző tulajdonságait. A globális helymeghatározó rendszerek (GPS), a mezőgazdasági gépek nagyfokú automatizálásának lehetősége és a térinformatikai szoftverek megjelenése tette lehetővé a talajok térbeli változatosságát is figyelembe vevő agrotechnológiai beavatkozások megvalósítását. Az automatizált mezőgazdasági gépek lehetővé teszik a helyspecifikus beavatkozásokat, mint a hozammérés, a helyspecifikus műtrágya kijuttatás, a táblán belüli gyomviszonyokhoz igazodó gyomirtás $\pm 2,5$ cm-es pontossággal. A műszaki háttér fejlődése az adatfelvételezés, adatbázis-kezelés és információkommunikáció területén új eszközök teszik lehetővé (Lénárt–Tomor, 2007). A helymeghatározás pontossága korábban valós idejű (real-time) üzennél általában 50-150 méteres volt (katonai okokból a műholdak jeleit zavarták), ma már a $\pm 2,5$ cm pontosságú RTK (Real-time Kinematic) helymeghatározó rendszerek is elérhetőek Milics–Neményi, 2011).

Az első használható Globális műhold navigációs rendszer az amerikai NAVSTAR GPS. Ezt követően több műholdas rendszer is elérhetővé vált pl. GLONASSZ, ezért a hivatalos terminológia szerint GNSS-t használunk GPS megnevezés helyett.

A táblán belüli helyzet meghatározását a műholdas helymeghatározó rendszerek teszik lehetővé, azonban jelentős különbségek mutatkoznak a pontosság mértéke, ára és megtérülése alapján (Milics–Tamás, 2007). Meg kell említeni, hogy a GNSS pontosságáról és annak költségéről minden esetben a gazda dönt. Az automata kormányzás bevezetése ± 2 cm-es pontosságú GPS-t igényel (Takácsné, 2011). Tamás (2001) és Tamás–Lénárt (2003) megállapítja, hogy a jelenlegi GNSS-rendszerek műszaki szintje a precíziós mérnöki alkalmazáshoz igényli a korrekciós számítások elvégzését, az esetek döntő hányadában, valós időben, és erre a földi rádiótechnikai megoldások versenyképes megoldást biztosítanak. Ezt a $\pm 2-2,5$ cm-es valós idejű kinematikus (RTK) pontosság biztosítását látja Milics et al. (2007) jövőbeni mezőgazdasági alkalmazások szempontjából lényegesnek, mégpedig vetésnél, növényápolásnál, illetve az ültetvények permetezésénél, valamint soros kultúrák betakarításánál. Az RTK rendszert ajánlják az automatikus kormányzás esetében is. Az automatikus kormányzás sorvezetés és párhuzamos nyomkövetés funkcióját emeli ki Reisinger (2012), amely vetésnél olyan táblák esetében tartja célszerűnek, ahol a kiindulási és végpont szemmel nem látható.

Napjainkban a Globális Műholdas Helymeghatározó Rendszer (GNSS) jelentős és fontos szerepet tölt be az összes olyan területen, amely érinti a Föld felszínének precíziós pontosságú helymeghatározását (Jin–Komjathy, 2010). A GNSS használat általánossá vált a mezőgazdasági felhasználók körében és a termelőket képessé teszi a termés mennyiség optimalizálásra a különböző talajadottságok figyelembevételével a hatékonyabb termelés érdekében. Sok mezőgazdasági navigációs rendszer valós idejű GNSS navigációs rendszerrel segíti és ellenőrzi a munkagépeket. A korrekció nélküli műholdas helymeghatározás a $\pm 3-15$ m pontosságú, amely a műhold alapú kiegészítő rendszerrel $\pm 50-60$ cm-es pontosság érhető el, amely a mezőgazdasági gyakorlatban a permetezés, talajművelés, betakarítás és műtrágyázás elvégzéséhez elegendő lehet. A mezőgazdasági alkalmazások esetében a legpontosabb rendszer $\pm 2-2,5$ cm-es pontosságot biztosít (Milics, 2008).

A precíziós gazdálkodás teljesítésének több szakasza és változatos eszköztára van-írja Sági (1996). Az első szakasz a terméstérképezés és talajminták vétele, ill. elemzése (talajtérképezés). A termés térképezése helyazonosító rendszerhez csatolt, termésmennyiséget rögzítő berendezéssel ellátott kombájn vagy más betakarítógép adatai alapján történik. Az adatokból megfelelő program segítségével számítógép készíti el a földterület termésvariációit szemléltető térképeket. Hektáronként sok adatpontra van szükség ahhoz, hogy pontos kontúrtérképek készüljenek, melyek valós képet mutatnak, a terület változékonyságáról (Dampney – Moor, 1999).

A precíziós növénytermeléshez szükséges teljes géprendszer a következő alapelemeket határozza meg (Takácsné, 2011):

- traktor,
- precíziós talajmintavétel,
- térképező szoftver,
- hozammérő,
- kombájn (hozammérővel, fedélzeti számítógéppel együtt)
- differenciált műtrágyaszóró
- nitrogénszenzor
- légi felvételek
- gyomdetektor
- precíziós vetőgép
- automata kormányzás (GPS-szel)
- GPS-vevő
- referenciaszignál
- fedélzeti számítógép

A precíziós növénytermelési technológia alkalmas az inputok (műtrágya, növényvédő-szer stb.) optimalizálására táblafoltok szintjén képes. A hozamok nagyságát növeli, miközben környezetkímélő növénytermesztéshez is egyben hozzájárul, a helyspecifikus kijuttatásnak köszönhetően. Az inputok nagyságát a táblafoltok talajadottságainak megfelelően optimalizálja (Kis-Takácsné, 2006; Pecze, 2008; Csiba et al., 2009; Takácsné, 2011).



1. ábra A precíziós gazdálkodás főbb elemei
Forrás: KITE Zrt.

Reisinger-Schmidt (2012) a precíziós növénytermesztést kétféle irányítási rendszerét különíti el. On-line (real-time) mód esetében az valós idejű megvalósítás történik, a traktor elejére szerelt szenzorok vagy kamerák adatait a számítógép a traktoron feldolgozza és a kapcsolt munkagép,

már ennek megfelelően hely-specifikusan működik. Off-line módszer esetében utófeldolgozás történik, időben és térben elválnak a minta felvételezés, vagy terepi adatgyűjtés, az adatfeldolgozás és a kijuttatás folyamata.

A valós idejű kinematikus mérés az RTK (Real Time Kinematic) 2,5 cm-es visszatérő pontosságot biztosít, amely széles körű alkalmazását teszi lehetővé a legnagyobb precizitást igénylő munkákra is, mint a ültetvénytelepítés, vetési munkálatok, vagy mechanikai sorközművelés kultivátorral (Smuk et al., 2015).

A precíziós vetés a vetési technológiát két új elemmel gazdagítja. A szegélyre vetés kiküszöbölhető vele. A hagyományos vetési technológia alkalmazásakor a szabálytalan tábla esetében azt jelenti, hogy a tábla szélein keresztbe vetünk sorokra, ezzel a felhasznált vetőmag mennyiség növekszik meg, miközben betakarítási veszteséggel is számolnunk kell. A precíziós vetés másik fontos eleme a változó tőszámú vetés. Ebben az esetben gyengébb tápanyag szolgáltató képességű táblafoltra kevesebb; míg a jó tápanyag szolgáltató képességgel rendelkező táblafoltok nagyobb tőszámot vetünk (Reisinger, 2012).

Smuk et al. (2015) vizsgálataik során megállapította, hogy a Középpontosított RTX korrekció alkalmazásával a precíziós vetésnél alkalmazható, a helymeghatározó rendszer a garantált 3,8 cm-es pontosságot tartani képes, a csatlakozó soroknál a mért átlagos eltérés 1,5-3,5 cm volt. Bizonyos esetekben ennél nagyobb eltérés is tapasztaltak.

Mesterházi (2011) szerint a GNSS adatok alapján történő sorvezetés révén javul a csatlakozási pontosság, csökken a felesleges átfedés. Ugyanaz a munka kevesebb menettel megoldható, tehát a sorvezetők alkalmazása üzemanyag és idő megtakarítást jelent, ami különösen jelentős szempont a most jellemző csapadékos időjárási viszonyok mellett. Ugyanezek a hatások hatványozottan jelentkeznek az automatikus kormányzási rendszerek (robotpilóta) alkalmazásakor. Az automatikus kormányzás gyakorlati előnyei közé sorolja, hogy éjszakai műszakban, valamint korlátozott látási viszonyok közt (pl. köd) is minőségi munka végezhető, mert az erőgép kezelőjének nem kell a nyomjelző vonalát keresnie, a munkagépet a robotpilóta vezeti. További megfigyelése, hogy az 5 m-es kultivátorral 50 cm-es művelési átfedést 2-3 cm-es pontosságra tudták csökkenteni az automatikus kormányzás révén. Ebből fakadóan a területteljesítmény növekedett és a gázolaj felhasználás optimális szinten tartható.

2.6. Hely-specifikus tápanyag-gazdálkodás

Mesterházi (2011) véleménye szerint a precíziós növénytermesztés alap gondolata, hogy a területek növénytermesztés szempontjából jelentős tényezők (tápanyag-ellátottság, hozam, stb.) heterogenitása alapján kerüljenek felosztásra. Ennek megfelelően a táblákat nem homogén módon műtrágyázzák, hanem a helyi viszonyoknak megfelelően különböző dózisokban. Mindennek alapfeltétele volt a műholdas helymeghatározás, a sorvezetés és az automatikus kormányzás. A precíziós tápanyag-gazdálkodás alkalmazását elsősorban a termőhely változatossága indokolja. Magyarországon összetett talajtani viszonyok jellemzőek. A precíziós technológia jelentőségét Marton (2006) a táblán belüli tápanyag-ellátottsági eltérések kezelésében látja. A talajok változatosságára azonban jelentős hatást gyakorol az intenzív mezőgazdasági tevékenység is (Yost et al., 1982). Az optimális műtrágya mennyiség meghatározásához talajvizsgálatot kell végezni. Amennyiben a mintavételi pontokat műholdas helymeghatározó rendszerrel rögzítjük, akkor lehetőség nyílik a minőségi paraméterek térképi megjelenítésére. Az elvárt hozam meghatározása után, a talaj- és az elvárt termésadatokból, továbbá a tápanyag-igényből kiindulva megtervezhetjük a növény által igényelt kijuttatandó trágyamennyiséget a különböző hozam elvárásokhoz. Ezt még a tápanyag-reakcióval korrigáljuk. Ezekből az adatokból gazdaságossági számításokat építhetünk fel, a környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás szempontjait figyelembe véve. (Milics–Smuk, 2014)

A helyspecifikus tápanyag kijuttatás on-line és off-line módban is működtethető. A tápanyagvizsgálat alapján történő műtrágya kijuttatás off-line módban, tehát utófeldolgozással történik, míg az utóbbi 5-6 évben Magyarországon is megjelentek az nitrogén fejtrágyázásra használt szenzorok. Reisinger (2012) példaként hozza fel az OpTriX szenzort, amely az őszi búza nitrogén fejtrágyázásánál a növény zöld színárnyalatát és a növényzet sűrűségét detektálja, létrehozza az NDVI indexet, amely alapján a felvételezéssel egy menetben kijuttatja a rendszer a N fejtrágyát.

A leggyorsabb fejlesztések a tápanyag-gazdálkodás területén valósultak meg hazánkban, mivel évtizedek óta rendszeres talajvizsgálat és erre alapozott trágyázási szaktanácsadás folyik (Reisinger, 2012; Milics et al., 2015). A precíziós gazdálkodás esetében Németh et al. (2011) tízéves tartamkísérlet eredményei alapján megállapítja, hogy a tápanyag-gazdálkodás adatbázis nagysága pozitív hatást gyakorol a termés pontosságára. A hozamszint tervezhető a talajvizsgálati adatok és a tápanyagmérleg együttes értékelésével, elemzésével. Takácsné (2011) hosszabb távon nem tartja jó gazdálkodói stratégiának, a differenciált tápanyag-utánpótlás alkalmazásakor a hozampotenciál alapján az optimális tápanyagszintre történő a tervezést. Ilyen esetekben vannak olyan foltok, ahol a talajtulajdonságok figyelembevételével –nagyobb hozamkiesés nélkül – nem szükséges tápanyag-visszapótlás. Ugyancsak nem ért egyet a hozam maximumra történő tervezéssel és tápanyag-kijuttatással, mivel tápanyag-kijuttatás jóval a tervezhető hozamszint feletti hozamigényre történik. A trágyázás a növénytermesztés költségszerkezetének közel egynegyed részét ki, ezért ennek a folyamatnak a hatékony tervezése indokolt (Milics–Smuk, 2015). A tápanyag-visszapótlással kapcsolatos döntések biztosabbá tehetőek, ha olyan érzékeny módszereket alkalmazunk, melyek képesek rávilágítani a talaj kémiai tulajdonságainak és tápanyag-szolgáltató képességének kismértékű, de jelentős ingadozására Cook et al. (2000). A mezőgazdasági termelésben a táblán belüli tér- és időbeli változékonyság jelenti a problémát a döntéshozatal során azonban ez a változékonyság kezelhető, amennyiben szignifikáns. Lencsés–Takácsné (2008) vizsgálatai alapján megállapította, hogy relatív heterogén és ugyanakkor jó tápanyagellátottságú tábla esetében átlagosan 20-30%-os anyagköltség megtakarítás is elérhető a hely-specifikus tápanyag-visszapótlással. Jolánkai et al. (2009) kétéves kísérlete alapján megállapította, hogy a műtrágyakezelések és növényvédőszeres okszerű alkalmazásával optimális termésszint érhető el. A növényvédelmi kezelések közül a termést legnagyobb mértékben a gyomirtás növelte. A különböző évjáratok eltérő időjárási viszonyai jelentősen befolyásolták az őszi búza szemtermését, ugyanakkor az optimális műtrágyahasználattal a szárazabb évben is magasabb termésszintet lehetett elérni.

2.7. Talaj- és hozamtérképek szerepe és alkalmazása a mezőgazdasági termelésben

2.7.1. A talajtérképezés kialakulása

A talajtérképezés célja talajtakaróra vonatkozó tematikus ismeretek térbeli viszonyainak megismerése és megjelenítése. A talajtérkép a tematikus térképek közé tartozik, amely alapját a talajokra vonatkozó valamilyen információ határozza meg. Ezek a tulajdonságok lehetnek elsődleges (kvantitatív vagy kvalitatív) és másodlagos (származtatott) tulajdonság, illetve osztály, valamint a talaj funkcióira, folyamataira, szolgáltatásaira vonatkozó ismeret (Pásztor et al., 2014). A hagyományos talajtérképezés során a térképező saját talajtani tudása és tapasztalata alapján manuálisan határolta le a rendelkezésre álló topográfiai térképen a tematikus információkat (Machanda et al., 2002). Várallyay (2012) a legnagyobb kihívásnak az elsődleges talajtulajdonságok lokális ismeretek regionalizálását, és azok térbeli megjelenítését jelölte meg. Az utóbbi években több szerző rámutatott a részletes talajtani információk iránti gyorsan növekvő igényre. Ez magával vonja a talajtani tudomány, a digitális talajtérképezés eszköztárának a fejlődését, és szükségessé teszi a meglévő térképi és egyéb talajtani

információk, valamint a talajtulajdonságokkal összefüggésbe hozható külső változók (digitális domborzati modell, geológiai térképek, multispektrális űrfelvételek stb.) integrálását (McBartney et al., 2003; Behrens–Scholten, 2006).

A talajtérképezésnek hosszú története van Magyarországon, amelyet több szerző is áttekintett (Várallyay, 1989; Stefanovits, 1992). Kreybig Lajos vezetésével 1931-től mintegy húsz éven át folytak az 1:25 000-es léptékű átnézetes talajismereti térképek készítésének munkálatai. Kreybig szerint a gyakorlat számára a növénytermesztési hasznosíthatósága fontos a talajoknak. Hangsúlyozza a növények fejlődését meghatározó fizikai és kémiai talajtulajdonságok ismeretének fontosságát, kiemelve a vízgazdálkodási és tápanyag-gazdálkodási sajátosságokat. A felvételezés módszerét 1937-ben publikálták (Kreybig, 1937). Az adatbázist az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet gondozza, és évek óta fejleszti az erre épülő térinformatikai rendszert. A talajtérképezést 1951-ben megújuló genetikai térképezés jellemzi, amely célja a talajok közötti különbségek meghatározása a képződési viszonyok alapján. Elkészült 1961-ben az ország áttekintő térképe Stefanovits és Szücs szerkesztésében, a részletes üzemi térképek az OMMI-ban készültek. Géczy (1960) alapozta meg egy újabb talajfelvételezés alapelveit és javaslatot az eredmények hasznosítására a talajhasználat és talajminőség területén. Célja az volt, hogy a Kreybig-féle térképekből kiindulva, de új felvételezésekkel és új szempontok alapján készítsen részletesebb talajtérképeket, amelyek méretaránya ugyancsak 1:25 000 lett.

Földhasználati egységenként sokéves agrotechnikai és termésadatok, és talajvizsgálati adatokat is tartalmazó agrokémiai adatbázis készült a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ Növény-, Talaj- és Agrár-környezetvédelmi Igazgatósága által. Eredményeit Baranyai et al. (1987) dolgozta fel, kiemelt figyelmet fordítva a táblák tápanyag-tartalmára. A táblákat a nagyüzem nevével és az ún. agrokémiai kóddal azonosították. A nagy részletességű 1:10 000 talajtérképek nem készültek el az ország teljes területére, csak egy részére.

A földértékelést célzó részletes talajtérképezés a 1980-as éveinek végén kezdődött és a rendszerváltás után szakadt félbe. A térképezés kezdeti fázisában azonban az ország teljes területére elkészült az aranykorona rendszerű földminőség mintatereinek az újbóli felvételezése és a talajok modern szemléletű leírása és vizsgálata (Baranyai et al., 1989). Ez az adatbázis pontszerű adatokat tartalmaz. A talajszelvények helyét a földhivatalok térképein rögzítették, mindegyikhez részletes talajszelvény-leírás, és a környezet jellemzésére szolgáló adatok tartoznak. A genetikai szintenként vett mintákból több laboratóriumi vizsgálat adata is rendelkezésre áll. Minden művelési ágban (szántó, rét, szőlő, kert, gyümölcsös, legelő, nádas, erdő), minden előforduló minőségi osztályt (összesen nyolc) néhány mintatér reprezentál közigazgatási egységenként. Az 1980-as években készült első országos agrokémiai felvételezés. Elek–Patócs (1984) az ország területét a felvehető tápelemeket ellátottsági kategóriákba osztva ábrázolta térkép formájában. Az ellátottsági kategóriákat az ún. „kék könyv” II. része tartalmazza (Elek et al., 1978). Fodor et al. (2008) foglalkozott a 4M tápanyagmodell adatellátásával és gyakorlati alkalmazásaival. A modell működéséhez napi időjárás, növényi, valamint talajtani adatok gyűjtöttek össze. Országos és regionális időjárás adatbázist építettek fel 169 magyarországi megfigyelőhely, átlagosan 20 éves napi maximum és minimum hőmérséklet, csapadék, és globálsugárzás adataiból. Ezen belül 33 helyre készítették el a minőségileg ellenőrzött, a 4M-ben futás-kész adatsorokat. A mezo- és mikroelemek térképlapjain kívül digitalizálták még ugyanezen felmérésből a talaj humusztartalmára, mésztartalmára, pH-jára és Arany-féle kötöttségi számára vonatkozó országos térképeket.

Nagy hátránya az adatbázisnak, hogy éppen a szántók területén viszonylag kevés pont van, hiszen az csak az egyik művelési ág. Dobos et al., (2006) javaslata, hogy a pontszerű adatbázisok (agrokémiai, földértékelési mintateretek) és a talajtérképek (Kreybig–Géczy) együttes feldolgozására terjedne ki, így a tényleges heterogenitás megjelenne a térképen, a digitalizálással további finomítás válna lehetővé. A talajtani információs rendszer a megnövekedett igényeknek

megfelelően a talajtérképek felbontása finomodott, valamint specifikusabbá váltak (Szabolcs, 1966; Várallyay, 1989).

A talajtérképek közül az erózió állapotfeltáró térképének megszerkesztését Stefanovits Pál és Duck Tivadar végezte el, akik a talajokat három kategóriába sorolták erózió érintettség szempontjából. A „gyenge erózió” kategóriába sorolták azokat a területeket, ahol az eredeti talajszelvény 0-30 %-a; közepesnek, ahol 30-70 %-a; és erősnek, ahol 70-100 %-a hiányzik, azaz az erózió által lehordódott. Ezen kívül a térképen ábrázolták a szedimentáció által érintett területeket és a vízmosásokat is. (Krisztián, 1988)

A részletes környezetinformatika és agrár-környezetvédelem összefüggéseit Magyarországon legutóbb Tamás (2005) vizsgálta. Munkája során ő már a talajinformációs rendszerek közül csak a Kreybig-féle átnézetes talajismereti térképeket és a tízezres talajtérképekkel foglalkozik, mivel ezeknek a térképeknek nagy a térbeli felbontása. A térinformatikai rendszerek szerepét abban jelöli meg, hogy a változatos forrásból származó adatokat integrálni képesek, ezáltal új minőséget hozhatnak létre. Az Európai Unió INSPIRE irányelve is hasonló célokat tűz ki, miszerint előírja a tagállamok számára a rendelkezésre álló térbeli adatok széles körének hozzáférhetővé tételét digitális formában (EC, 2007), és ettől elsősorban a környezeti problémák jobb megértését és hatékonyabb kezelését várják.

A mintavételezési stratégiák feldolgozásakor elsősorban a talaj-mintavételi lehetőségeket kell megvizsgálni. Az eredmények hasznosíthatóságát nagymértékben befolyásolja, hogy a talajminta milyen mértékben reprezentálja egy adott terület fizikai és kémiai paramétereit. A mintavételezési stratégiák esetében Szabó et al. (2007) megkülönböztet:

- hagyományos (véletlenszerű) mintavételezést
- jellemzős (menedzsment) zónák menti mintavételezést
- kiválasztott jellemző terület mintáit
- rács mentén történő mintavételezést
 - rácson belül véletlenszerűen
 - rácson belül átlósan
 - rács által határolt terület középpontjában véletlenszerűen
 - rácspontokban.

2.7.2 Digitális talajtérképek

A digitális talajtérképek jellemzően az analóg térképek digitalizálásából keletkeztek. A mai térinformatikai módszerek lehetővé teszik, hogy a légi felvételek, a domborzat modell és a talaj-mintavételi pontok alapján készítsék a korszerű digitális talajtérképeket. Az elmúlt évtizedekben a térképi alapú talajtani információk jelentős része, digitális feldolgozásra kerültek, és beépültek a különbözőtérbeli (talaj) információs rendszerekbe. A részletesebb adatok feldolgozásának technikai feltételei megteremtődtek, és az igény is megnőtt a közepes és nagy léptékű digitális talajtani információkra, ezért előtérbe került az ilyen adatokat szolgáltatni képes rendszerek kialakítása (Szabó, 2000; Dorka, 2000; Takács et al., 2004; Tóth et al., 2006; Pásztor–Takács, 2014).

A talajtérképezés esetében mindig szükség van egy alaptérképre, amely a talajtulajdonságok térbeli változékonyságának megjelenítéséhez adnak egy térbeli keretet. Ezek az alaptérképek egyéb, térképi alapú, a talajképződési folyamatokban releváns tematikus információval szolgálnak az egyes talajtulajdonságok lehatárolásához. A talajtulajdonságok becslése alapvetően a környezeti tényezők talajra gyakorolt hatása alapján történik (Scull et al., 2003).

A talajtérképezés is támaszkodik alaptérképi támogatásra, egyrészt az ábrázolandó talajtulajdonság térbeli változékonyságának értelmezésére, modellezésére és főként a talajfoltok lehatárolására, másrészt a véglegesített tematikus térképi információ megjelenítésének is keretét, illetve háttérét adják (Miller–Schaetzl, 2014). A precíziós gazdálkodás a talajtani információkra épülnek. A részletes tervezési feladatokat és a hozzájuk kapcsolódó megvalósításokat elősegítő térképek 1:10.000-1:1.000 méretarányának megfelelő térbeli felbontású alapinformációkat kívánnak meg. Neményi et al. (2002) a precíziós gazdálkodás esetében előnyben részesíti a mintaterületi, szemben az országos kiépítettségű térinformatikai rendszerek kialakítását. Dobos et al. (2006) a talajtérképezés klasszikus módszerei helyett a távérzékelt felvételek, digitális domborzati modellek és a tematikus térképek alkalmazásának elterjedését látja reálisnak a jövőben. A pontosabb talajtérképek nagy adatigényét nagy mintaszám olcsó és gyors elemzésével, valamint a távérzékelt felvételek felhasználásával elégíthetők ki (Thomasson et al., 2001; Tamás, 2001).

A térinformatikai modellezés alapja a térbeli információk adekvált reprezentációja: a két leggyakoribb a raszteres és vektoros adatmodell. A hagyományos tematikus (pl. talajtérképek) digitális kódolására a legtöbb esetben vektormodellt alkalmazunk, még a digitális képalkotó eszközök által szolgáltatott adatok, illetve a pontszerű adatok területi kiterjesztését megjelenítő interpolált térképek eredendően raszteres formátumúak. Mindkét adatmodell esetén központi szerepe van a térbeli információ felbontásának, információtartalmának. A raszteres térbeli adatok esetén a felbontás viszonylag könnyen értelmezhető fogalom, és az információ kezelhetőségének korlátai a laikus felhasználó számára is feltűnőek, addig a vektoros térbeli adatokkal kapcsolatban igen könnyen lehet mellékvágányra szaladni (Szabó et al., 2007).

A légi felvételezés megjelenésével a topográfiai térképek helyébe a légi fotók léptek (Miller–Schaetzl, 2014). A növénytermesztés számára növénymonitoringhoz (Chenghai et al., 2004, 2013), termésbecsléshez (Allen, 1977; Juhász, 1984) nyerhető adatok a légi felvételekről. A mezőgazdasági termeléshez kapcsolódó talajadottságok és limitáló faktorok, mint talajerózió térképezéséhez is használhatók légi felvételek (Stephens et al., 1985; Márkus–Wojtaszek, 1993).

A talajok térbeli változékonyságára két fő koncepciót jelöl meg Pásztor–Takács (2014). Az egyik a homogén, vagy becsülhető összetételű aggregátumokból álló térképi egységekkel, úgynevezett talajfoltokkal reprezentálja a talajtakarót. Ennek térképi megjelenítését klasszikus talaj(folt)térképnek nevezzük. Adott folton belül – tehát adott térképi egységen és adott felbontásban - a talajtulajdonságok homogének, kartográfiailag tovább nem bontható formában heterogének, a folthatároknál pedig a térképezendő talajtulajdonságokban szakadás van. (Dobos–Hengl, 2009; Szabó et al., 2011) A másik megközelítésben a talajtulajdonságok folytonos térbeli változását hangsúlyozzuk. A térképezendő talajtulajdonságokat cellánként becsüljük meg, a térbeli felbontást pedig a cella mérete határozza meg. (Mark–Csillag, 1989) térinformatikai raszteres adatmodellek, ezen reprezentációhoz ideális keretet biztosítanak (Dobos et al., 2003).

2.7.3. Hozamtérképek szerepe és alkalmazása a mezőgazdasági termelésben

A precíziós növénytermesztés egyik alapinformációját a hozamtérképek jelentik, amelyek a táblán belüli hozamingadozásokat jelenítik meg. A hozamingadozások alapján képet kaphatunk a talaj termőképességéről, a tápanyag-visszapótlási gyakorlat és az alkalmazott agrotechnika színvonaláról (Székely, 2000). Az első hozammérő berendezések a 80'-as évek elején jelentek meg, a betakarító gépek berendezéseként. A GPS-szel összekapcsolva a berendezés a helyhez kötött hozamokról nyújtott információt. A hozamtérképek elkészítéséhez a kombájnokat kiegészítő berendezésekkel kell felszerelni. A kiegészítő berendezések teszik lehetővé, hogy a kombájn helyzetének pontos rögzítését az adott táblarészen, a termény pillanatnyi

mennyiségének mérését, változatos domborzati viszonyok mellett a kombájn vízszintestől való helyzeteltérését, valamint a szükséges információkat megjelenítik a fedélzeti számítógép monitorján. Tamás (2001)

Dampney (1999) a hozamtérképezés előnyeként említi meg, hogy különböző területek és táblarészek hozamait és ezen keresztül a nyereségei összehasonlíthatóvá válnak, a növénytermesztés döntéseinek hatása érzékelhetővé, lemérhetővé válik. A modellezés segítségével a gazdaságban egyszerű kísérletek elvégzését is lehetővé teszi. Az alacsony termés hozamú területek esetében elemzésekkel meghatározhatóak a szükséges javító célú kezelések. Mindezek mellett a beruházási döntések meghozatalához is információkat hoz. Milics et al. (2015) a hozamtérképezés jelentőségét abban látja, hogy a hozamtérkép segítségével az adott terület hozamának pontos meghatározása lehetővé válik, így a tápanyag-gazdálkodást is pontosabbá lehet tenni. A precíziós technológia segítségével a hozam, a szemnedvesség, valamint egyéb kiegészítő információk mérése és rögzítése megtörténik, a térképezéshez szükséges koordinátákkal együtt. A másodpercenként rögzített adatok révén pontos képet kaphatunk a táblák hozamáról, illetve annak változékonyságáról. A hozamtérkép további előnyeként említi Smuk et al. (2010), hogy az általa begyűjtött információk lehetővé teszik egy úgynevezett jövedelemtérkép elkészítését, amely a gazdálkodók döntéshozatalához is hozzájárul. Stafford (1999) a minőségi tényezők térbeli változatosságára is rámutatott.

Milics et al. (2015) kiemeli, hogy bár a betakarítás során a hozammérés egyre inkább automatizált, azonban a helyes mérési eredmények biztosításához magas szinten képzett személyzetre van szükség. Hozamtérkép csak akkor hozható létre, ha a mérési adatok a valóságot ábrázolják. Az adatok gyűjtését kalibrációnak kell megelőznie, ahol a szenzorokat hangolják hozzá az adott betakarító géphez. A korszerű eszközök már nem csak a hozamot és a szemnedvességet mérik, hanem egyéb kiegészítő adatokat is, mint a haladási sebesség, területteljesítmény, átáramoltatott anyagmennyiség, vagy a domborzati viszonyokat megjelenítő térkép. Murphy et al. (1995) komoly technikai gondként veti fel, hogy a gyakorlatban a magvak áramlásának változása az érzékelés során nem mindig mutatja közvetlenül a betakarított termés változását, tehát a hozamtérképezési rendszer hatékonysága attól függ, hogy a felvett adatok mennyire tükrözik a valós hozam ingadozását.

2.8. Távérzékelés mezőgazdasági alkalmazása

2.8.1. A távérzékelés megjelenése a mezőgazdaságban

A távérzékelés kifejezést az 1970-es években a földfelszín kutató műholdak alkalmazásával együtt kezdték el használni (Belényesi et al., 2008). A távérzékelés legnagyobb potenciális felhasználója a mezőgazdaság. Ez azzal magyarázható, hogy a mezőgazdaság használja fel a legtöbb megújuló természeti erőforrást (Lóki, 1996) Előnye a távérzékeléssel nyert adatoknak, hogy nagy területre általánosíthatók, és így a megfigyelés költségei jelentősen csökkenthetők. A távérzékelést a mezőgazdasági gyakorlatban a földhasználat értékelésére, a termesztett növények elkülönítésére, biomassza meghatározásra, termésbecslésre, a talajok vizsgálatára alkalmazzák (Burai–Pechmann, 2004).

Az EU csatlakozást követően Magyarországon is fokozott figyelmet kaptak azok a tudományos kutatási területek, amelyek megteremtik és támogatják a távérzékelési technológia környezetvédelmi, mezőgazdasági alkalmazásait (Kozma-Bognár, 2012). Magyarországon a hiperspektrális távérzékelés területén nagy változást hozott 2006-ban EU-s támogatással megvalósult beruházás keretei között beszerzett AISA Dual szenzor, amely felhasználásával számos hazai és külföldi kutatási tanulmány jött létre. Ezzel hazánkban megteremtődött egy nemzetközileg is kiemelkedő hiperspektrális légi adatgyűjtő eszközrendszer felhasználási

lehetőségeinek alapja, új távlatokat nyitva a hiperspektrális távérzékelés széles körű alkalmazási lehetőségei felé (Burai, 2007; Burai et al., 2003; Deákvári et al., 2008; Tamás, 2010; Tamás et al., 2011).

A távérzékelés területén belül Engler (2000) a felhasznált elektromágneses sugárzás forrásától függően kétféle távérzékelési technikát különít el. Amennyiben a sugárzás természetes forrásból származik passzív távérzékelésről beszél, míg a mesterségesen kibocsátott elektromágneses sugárzást felhasználó változatot aktív távérzékelésnek nevezi.

Neményi et al., (2006) olyan információs eszközök kifejlesztését látja szükségesnek, amelyek szinte képpalkotó módon képesek a földfelszín, annak objektumai, illetve a felszínközeli rétegek fizikai állapotáról információt szolgáltatni. Jolánkai–Németh (2007) technológiai szempontból alapvető kérdésként jelöli meg az egyes növényfajok reakcióját az adott agroökológiai rendszerben. Az agroökológiai rendszer megismeréséhez a termőhelyi információk hozzájárulnak. A termőhelyet jellemző adatok térbeli és időbeli gyakorisága azonban problémát jelenthet. Lényeges elem a technológiai pixeléhez kapcsolódó környezet állapot felmérést. Szabó et al. (2007) megfogalmazása szerint a térbeli kiterjesztés egy speciális esete az átlagminta alkalmazása. Az átlagminta egy jól definiált és megtervezett pontsorozatból vett egyedi minták összekeveréséből származik. Az átlagminta reprezentálja a területegységet. A területre illesztett szabályos síkidomokból felépülő mesterséges hálót a térinformatika rasztermodellként jeleníti meg. A képpalkotó eljárások során szerzett térbeli adatok, valamint a térbeli kiterjesztés eredményei (interpolációs eljárásokból származó eredmények) szintén raszter formában jelennek meg.

A távérzékeléses eljárásokkal gyűjtött információk számos módon hasznosulnak a talajtérképezésben. A légi fotók és műholdképek megfelelő alaptérképet és térbeli keretet nyújtanak a talajtérképezéshez. A távérzékelte adatok közvetlen, illetve közvetett információt szolgáltatnak az egyes talajtulajdonságokról, ezáltal támogatva a talajok térbeli változékonyságát leíró koncepciókat (Pásztor–Takács, 2014). A távérzékelés fogalmába az adatok feldolgozása, annak technikai, szakmai háttere is beletartozik (Csornai–Dalai, 1991).

2.8.2. Légi lézerszkennelés (LIDAR) és hiperspektrális távérzékelés

A LIDAR betűszó a 'Light Detection and Ranging' kifejezésből származik, amely durva fordításba „fény érzékelése és távmérés”-t jelent (Tomor et al., 2011). Az aktív távérzékelési technológiák közül a légi lézerszkennelés (LIDAR) nyújt nagy pontosságú alapadatot a termőterületekről (Szatmári, 2003). A távolságot pontos időméréssel határozzák meg; a kibocsátott és a visszavert jelek közötti időkülönbség és a fény sebessége segítségével. A légi LIDAR előnye, hogy nagy területről gyorsan, nagy pontosságú adatgyűjtésre képes a föld felszínéről, és képes olyan területeken is mérni ahol a földi geodéziai méréseket csak nagy erőforrásigénnyel lehetne megvalósítani (Tomor et al., 2011). Az érzékelőkkel egy időpillanatban egy jól meghatározott irányban történik a távmérés, amelyek jellemzően pástára merőlegesen tapogatják le a felméréendő területet. Minden egyes kibocsátott lézer-impulzushoz rögzíti a berendezés az aktuális pozíciót (X_0 , Y_0 , Z_0) és az irányt (ω , φ , κ), így a mért távolságokból térbeli transzformáció segítségével előállítható a nagy-pontosságú térbeli pontthalmaz, amelyet leggyakrabban pontfelhőnek hívunk (Point-cloud) (Belényesi et al., 2013).

A LIDAR pontfelhőből a legtöbb esetben a felszín pontos magassági viszonyait tartalmazó digitális domborzatmodellt (DDM) és digitális felületmodellt (DFM) állítanak elő. A digitális domborzatmodellt az utolsó visszaverődések adathalmazából lehet előállítani (Szatmári, 2003).

A felvételezés - fizikai körülményei és az észlelés, a felvételek rögzítésének sajátosságai miatt - geometriai és radiometriai torzulások terhelik őket, melyeket korrigálni kell. A korrekciós lépések módját az elemzés végcélja határozza meg. A végcél lehet a földfelszíni objektumok lehatárolása, valamint az objektumok tulajdonságainak és a tulajdonságok változásának vizsgálata (Belényesi et al., 2013).

A hiperspektrális eljárást eredetileg idegen égitestek felszínének geokémiai vizsgálatára dolgozták ki (Schenk et al., 2001).

Alexander F.H. Goetz és munkatársai 1985-ben a Tudomány (Science) folyóiratban publikált cikkükben használta először a hiperspektrális távérzékelés szakkifejezést. A hiperspektrális technológia három tudományos szakterületet integrál, mint az optikai képalkotó berendezéseket, a spektroszkópiát, valamint a radiometriát (Nahum Gat–Suresh Subramanian, 1997). A hiperspektrális technológiát ma egyre inkább egy fizikai mérési folyamatként értelmezik, amelynek során a mérőrendszer pontos kvantitatív modellezésére (szenzor modellezés, sensor modelling) van szükség (Kardeván, 2011). A távérzékelés fizikai alapja a többnyire szoláris eredetű elektromágneses sugárzás spektrális eloszlásának, illetve a sugárzás változásának detektálása. A felszínre érkező elektromágneses sugárzást a felszín anyagi tulajdonságaitól és geometriai szerkezetétől függően bocsátja ki, vagy veri vissza (Zilinyi, 1995). A hiperspektrális szenzorok általában természetes eredetű elektromágneses sugárzásokat érzékelő berendezések, passzív szenzorok (MODIS, HIPERION, AISA). Elnevezésükből adódóan nem rendelkeznek saját sugárforrással, hanem az objektum által visszavert vagy kibocsátott sugárzást mérik. Napjainkban az analóg felvételt készítő mérőberendezések szinte teljes mértékben háttérbe szorultak, a gyakorlatban a felvevő eszközök már indirekt módon érzékelik a megfigyelés tárgyát. A közvetlenül digitális képeket rögzítő szenzorok jelentősége az adatkezelésben rejlik, mivel a beérkező elektromágneses energiát átalakítás nélkül közvetlenül elektromos jelekké alakítják át, így azonnal alkalmasak a számítógépes adatfeldolgozásra (Deli, 2010). Technológiai fejlődése lehetővé tette, hogy az elkülöníthető hullámhosszok száma nőtt, a spektrális csatornák sáv szélessége csökkent (Hargitai, 2006).

A hiperspektrális szenzorok hűsznál több (de akár 250 – 300), igen keskeny (2-10 nm) sávban dolgoznak. A nagy spektrális felbontás mellett geometriai felbontással is nagy így viszonylag kis területeket képesek lefényképezni egyszerre. Ilyen szenzorok például az alábbi, repülőgépre szerelt műszerek: AISA, DAIS, AVIRIS, HYMAP, vagy a Hyperion nevű űrszenzor. A szenzorok általában paraméterezhetők, a 11 rögzített hullámhossz-tartományok és a geometriai felbontás az adott felmérés tárgyához igazítható (Belényesi et al., 2013). A vizsgált területről készített távérzékelés adatokból számszerűsíthető adatokat kapjunk, több lépcsős adatfeldolgozási mechanizmust kell alkalmazni, amely függ az adatminőségtől (multi- és hiperspektrális), az adatfeldolgozás módszerétől (vizuális interpretáció, vagy automatizált osztályozás), illetve a vizsgálat céljától (kvalitatív, kvantitatív vizsgálat) (Burai et al., 2003; Burai, 2007.)

A távérzékelésben megfogalmazott feladatok megoldásához - a felszíni objektumokat azonosítjuk, felismerjük, detektáljuk és osztályozzuk a távolból - a hiperspektrális technológiával kisebb geometriai felbontás is elégséges, és így összességében kevesebb képpixel szükséges: ezért olcsóbb, és a precíziós mezőgazdasági, és a környezetvédelmi piacon is versenyképes lehet (Kardeván, 2011). Pechmann et al. (2004) a hiperspektrális képalkotást a talajvédelem területén alkalmazta és vizsgálta felhasználási lehetőségeit. Magyarországon első alkalommal 1989-ben használtak légi hiperspektrális képalkotó berendezést, a Bős-nagymarosi munkálatok feltérképezéséhez (Büttner, 1990), 2002-ben használták először erdőtípusok elkülönítésére a hiperspektrális felvételezési eljárást (Hargitai et al., 2006). Burai–Pechmann (2004) kutatási eredményei alapján megállapították, hogy a mezőgazdasági távérzékelés alkalmazása során a földhasználat, termésbecslés, vízgazdálkodás, talajvédelem esetében a 80 csatornás felvétel megbízható adatokat nyújt. Ez a hagyományos erőforrás figyelő műholdak adatainál nagyságrendekkel nagyobb adatbázist biztosít felbontásban és csatornaszámban egyaránt. Az

elmúlt évtizedben a hiperspektrális távérzékelés területén a technológiai újításoknak köszönhetően a forgalomba hozott érzékelők számában és technikai paramétereiben hihetetlen ugrás következett be. A technológia fejlődésének köszönhetően, a távérzékelésben használatos eszközök, technikák egyre megbízhatóbb és pontosabb érzékelést tettek, tesznek lehetővé számunkra (Frombach–Ritvayné, 2008).

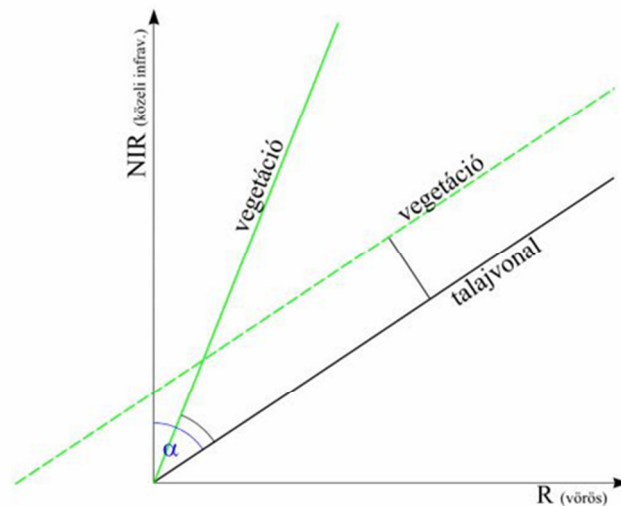
Erdeiné Késmárki-Gally et al. (2009) a hiperspektrális felvételezés előnyeként említi meg a nagy spektrális és térbeli felbontást, amelyek geokódolt adatok, így közvetlenül felhasználhatók a bemenő adatként. Neményi et al. (2000) a hiperspektrális távérzékelést operatív módon felhasználhatónak tartja a precíziós növénytermesztés területén a talaj- és gyomtérkép készítéséhez. Milics et al. (2008) alkalmasnak tartja a reflexiós spektrumok pontos ismeret alapján a helyszíni mintavételezés felhasználásával a minőségi jellemzőkön kívül a mennyiségi paraméterek meghatározására is, mint a biomassa zöldtömeg, szemes termény minőségi paraméterei, vagy a talaj nitrogén koncentrációja.

2.8.3. Távérzékelte adatok feldolgozása, információnyerés és a növényi vegetációs indexek

A távérzékelés során nyert nagymennyiségű adat keletkezik, amelyek feldolgozása bonyolult. Az elemzések során a kvantitatív elemzési módszereket alkalmazzák, amelyek alapvetően abban különböznek a kvalitatív módszerektől, hogy a távérzékelte felvételeket mérésenként kezeli. Az ilyen típusú elemzéseket akkor használjuk, ha a földfelszíni objektumok visszaverési tulajdonságainak fizikai, számszerű vizsgálata (pld. ha a végcél fizikai-kémiai paraméterek kiszámítása reflektancia-modellek invertálásával), vagy több időpontú felvétel-adatbázis alapján a földfelszíni folyamatok mennyiségi leírása a cél. A kvantitatív módszerek alkalmazásához azonban körültekintő és alapos előfeldolgozásra van szükség (Burai, 2007).

A növényzet távérzékelési alapú vizsgálata, állapotfelmérése és monitoringja az egyik legintenzívebben kutatott téma. A növényzet biofizikai tulajdonságaival kapcsolatos visszaverési jellemzők jól megfigyelhetők távérzékelési módszerekkel. Már csaknem négy évtizede folynak kutatások a növényzet biofizikai tulajdonságainak vizsgálatára különböző hullámhossz-tartományú felvételsávok digitális pixelértékeinek vagy reflektanciáinak segítségével (Clevers, 1994). A több sávban mért radiometriai értékek arányait felhasználva született meg a vegetációs indexek népes családja. Az indexek megalkotásának fő célja a növényekre jellemző radiometriai mintázat kihangsúlyozása és kvantitatív információk kinyerése (Yoshioka et al., 2000).

A 2. ábrán a vegetációs indexek szóródási diagram (scattergram) segítségével kerültek bemutatásra, ahol az egyes pixeleket, illetve gyakoriságukat ábrázolta Király (2007) a vörös és közeli infravörös reflektanciák által meghatározott koordinátarendszerben. Az ún. talajvonal, a vegetációval nem rendelkező, különböző „fényességű” talaj-visszaverődési értékekre húzható egyenes. A vegetációval borított területeket tartalmazó pixelek a talajvonaltól felfelé helyezkednek el. Az indexek egy csoportja a talajvonal, és a különböző vegetációs vonalak meredekségét vizsgálja, míg a másik csoport a talajvonaltól vett távolságát. A két módszer ötvözéséből is képződtek indexek.



2. ábra A vegetációs indexek geometriai szemléltetése (Király, 2007)

A vegetációra jellemző tulajdonságok spektrális indexek számításával is jól lehatárolhatók. A különböző kategóriák indexeinek meghatározása egy tipikus összetett munkát igényel, amelynek révén terepi körülmények között meghatározhatjuk az adott kategórián belül melyik index nyújtja a vizsgált növényi tulajdonság szempontjából legérzékenyebb eredményt. Ezek az indexek értelemszerűen nem pontos koncentrációs értékeit mutatják az egyes növényi tulajdonságoknak, hanem fizikailag azzal szorosán korreláló, térbelileg lehatárolt intenzitási megoszlásokat az adott növényi ökoszisztémára vonatkozóan. Valamennyi index-számítás igényli a spektrális adatelőkészítési eljárásokat, amelyek korrekt elvégzése után lehet csak megfelelő eredményt elvárni (Kovács, 2014).

A legszélesebb körben azonban az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) használata terjedt el a gyakorlatban, illetve egyre többen alkalmazzák a javított vegetációs indexet (Enhanced Vegetation Index, EVI). (Burai, 2007)

Az NDVI egy dimenziómentes mérőszám, amely egy adott terület vegetációs aktivitását fejezi ki. Értékét a növényzet által a közeli infravörös (NIR) és a látható vörös (RED) sugárzási tartományban visszavert intenzitások különbségének és összegének hányadosa szolgáltatja (Eredics, 2007). Az 1980-as évek óta tartanak azok a globális és regionális vegetáció monitoring vizsgálatok, melyben szinte kizárólag normalizált vegetációs index-el (NDVI) számolnak. Az NDVI a biomassza produkció becslésének a leggyakrabban használt módszere.

Az NDVI értéke a normalizálás következtében -1 és $+1$ közötti értéket vehet fel. A növényzet hiányát jelzi a 0 -hoz közeli érték. Ilyen területek a sziklás, köves vagy hóval fedett területek. Az NDVI a vizsgálatok szerint erősen korrelál a növényzet levélfelületi indexével (LAI), a levelek klorofil tartalmával, és a fotoszintetikus aktivitással. Az NDVI a növényzet vitalitásáról ad egy integrált, általános képet. A vegetáció térbeli és időbeli változatosságát jellemző információk megismerésére fejlesztett index az EVI (Enhanced Vegetation Index), amely az NDVI-ban meglévő hibákat is minimalizálja. Az EVI a közeli infravörös tartományban mért értékekre érzékenyebb, így a növényborítás strukturális változatosságának, a borítás típusának, szerkezetének meghatározására alkalmasabb. Előnye, hogy kevésbé érzékeny az atmoszférikus hatásokra és a háttár-zajokra (Burai, 2007).

A keskenysávú NDVI esetében, ahol optimalizáljuk a spektrális sávokat, abból jobb eredményeket kapunk, mint a multispektrális NDVI meghatározáskor. Ambrus et al. (2015) az

vizsgálataik során a 625nm és a 720 nm-es sávban találta a legerősebb kapcsolatot az NDVI és a biomassza tömeg között.

A reflexiós fényintenzitás eltérések jellemzésére a következő összefüggést alkalmazzák:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

NDVI - vegetációs index;

NIR - a visszavert fény intenzitása a közeli infravörös tartományban;

RED - a visszavert fény intenzitása a látható vörös tartományban.

(Gillies et al., 2003)

Mezőgazdaság területén már sok alkalmazást kidolgoztak a vegetációs index használatára. Használható például mezőgazdasági növények műtrágya szükségletének meghatározására és a kijuttatás hatásának nyomon követésére, vagy az öntözés pillanatnyi vízigényhez igazított alkalmazására (Kozma-Bognár, 2012). Hozambecsléseknél a többsávós felvételezés értékes információt szolgáltat a terméshozamok előrejelzésére, a tervezés és a betakarítási menetrend generáló térképek elkészítéséhez. A Japánban végzett vizsgálatoknál a citrus gyümölcs potenciális termését jóslták meg nagy spektrális felbontású felvételekkel (Ye – Sakai, 2011).

Milics et al. (2008) gyakorlati tapasztalati azt mutatták, hogy az NDVI alkalmas a környezeti elemek közvetlen vagy közvetett vizsgálatára.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérleti terület és a gazdaság bemutatása

3.1.1. A kísérleti terület elhelyezkedése, talajadottságok bemutatása

Gyöngyöspata Magyarország észak-keleti részén a Nyugat-Mátra lábánál található, a Tarna és a Zagyva völgyében. A kísérleti terület Gyöngyös és Gyöngyöspata között fekszik, Gyöngyöspatától 1 km-re. A Mátra ezen része, tagja a Kárpátok eurázsiai típusú fiatalokú lánchegecségeknek. A Mátra vulkánosrával egyútt két peremtörést emelt ki, melyek egyik tagja a Zagyva-völgyi észak-déli irányú árkos törés, a másik pedig erre merőleges, kelet-nyugati irányú Szurdokpüspöki-Gyöngyöspata törésvonal.

A Mátra területén főleg hegyvidéki talajfélék alakultak ki. A vizsgált terület talajföldrajzi képe változatos, területenként mozaikszerű, mert a kőzetminőség és a domborzat, a makro- és mezoklímák, a párolgás- és lefolyási viszonyok, valamint a vegetáció, vagyis a talajképző tényezők is viszonylag kis területen belül is jelentős változatosságot mutatnak. A Stefanovits-Szűcs (1954) által alkotott talajtani térképen Gyöngyöspata vidékének talaját a barna erdőtalajok közé sorolja. A hegy lábánál húzódó területein a csernozjom-barna erdőtalaj barnafölddel váltakozva fordul elő. Az itt megtalálható barna erdőtalajra kilúgozás és emiatt bekövetkezett agyagosodás, jellemző. A területek egy részén erőteljes a humuszosodás, amely a csernozjom talajok ismertetőjegye. A térségben megtalálható agyagbemosódásos barna erdőtalajok esetében, a különböző mértékű podzolosodás is megjelenik.

A gyöngyöspatai miocén medence talaja világos, sokszor fehér színű meszes, néhol kovás üledékeken sötétebb színű talajféleség, amelyet gyakran el kell választani az igazi, sötét színű erdőtalajtól. A talajok kémhatása inkább savanyú pH értéket mutat. A Gyöngyös – Gyöngyöspata - Szűcsi közöttől délre az agyagbemosódásos barna erdőtalaj a jellemző, ahol felismerhető a szintekre tagozódás. A kilúgozási szint színe fakó, a sötétebb a felhalmozódási szint.

A három település területén északról délfelé haladva három eróziós folyamat érvényesül:

- nagymértékű erózió (az eredeti termőréteg több, mint 70%-a lepusztult)
- közepes mértékű erózió (az eredeti termőréteg 30-70%-a lepusztult)
- kismértékű erózió (az eredeti termőréteg 30%-nál kisebb mértékben pusztult le) (Bodnár, 1985).

3.1.2. A kísérleti terület éghajlati adottságai

A vegetációs periódus a mátraaljai dombvidéken 180-200 nap, ebben az időszakban a napfényes órák száma 1250-1500, az évi középhőmérséklet 9-11 °C, a vegetációs időszak középhőmérséklete 14-18 °C. A nyári hónapok középhőmérséklete 18-22 °C. Az évi effektív hőösszeg 3100-3400 °C, az évi aktív hőösszeg 1400-1600 °C, az évi csapadék mennyisége 550-700 mm között változik a sokévi átlag alapján. A csapadék mennyisége 25 éves átlagában 627 mm volt.

Az évjáráthatások elemzésekor Harnos (1993) által publikált módszert alkalmaztam a búza fejlődéséhez adaptálva. Harnos (1993) a csapadékhiány %-os értékei alapján határozza meg az évjáratokat, tehát aszályos év = az októbertől szeptemberig lehullott csapadék mennyisége legalább 20 %-kal; aszályos nyári (április – szeptember időszaka alatti) és téli félév (október –

március) = 30 %-kal; aszályos hónap 50 %-kal kevesebb, mint a sokévi átlag. A túlzott csapadék meghatározásakor aszály meghatározására használt értékeket tekintetem, csak ellenkező előjellel.

Munkám során Harnos (1993) módszerét alapul véve meghatároztam a búza évjáratí minősítését. Aszályos évnek minősíttem azt az évet, amennyiben a szeptembertől júniusig lehullott csapadék mennyiség 20%-kal, aszályos nyárnak (április – június időszak alatti) és téli félév (október – március) 30%-kal, aszályos hónap esetében 50 %-kal kevesebb, mint a sokévi átlag.

Az őszi búza számára évjárat szempontjából meghatározónak a szeptember – júniusi csapadékmennyiséget tekintetem. Szeptemberben - a vetés előtti hónapban - lehullott csapadék már közvetlenül hozzájárul a vetőmagágy kialakításának minőségéhez, valamint a keléshez, hiszen a talaj ebben az időszakban oly módon raktározza a csapadékot, hogy vetésig a talajnak jelentősebb kiszáradásával már nem kell számolnunk. A június hónapban lehullott csapadék még közrejátszik a búza fejlődésében, ezért az évjárat szempontjából még az aratás előtti hónap csapadékmennyiségének van szerepe. A nyári időszak alatt áprilistól a búza szempontjából még fontos júniusi időszak csapadékmennyiségét vettem figyelembe.

Gyuricza–Birkás (2000) paramétereit fogadtam el a száraz periódus meghatározásakor, miszerint ha az adott időszak alatt 10-20%-kal kevesebb csapadék hullik, mint a sokévi átlag, akkor száraz periódusról beszélünk.

A csapadék mennyiség adatait a Havas '92 Növénytermesztő Gazdaszövetkezet meteorológiai állomásáról kaptam meg, valamint rendelkezésemre bocsátották a 1980-2005-ös időszakra vonatkozó csapadék adatokat, havi bontásban. A vizsgált időszak évi átlagos csapadék mennyisége 489-866 mm között változott. A legszárazabb év 2007 volt, míg a legcsapadékosabb 2010 (3. ábra). Az őszi búza vízigénye 420-460 mm, amely valamennyi vizsgált évben rendelkezésre állt, igaz jelentős megoszlásbeli különbségek mellett.

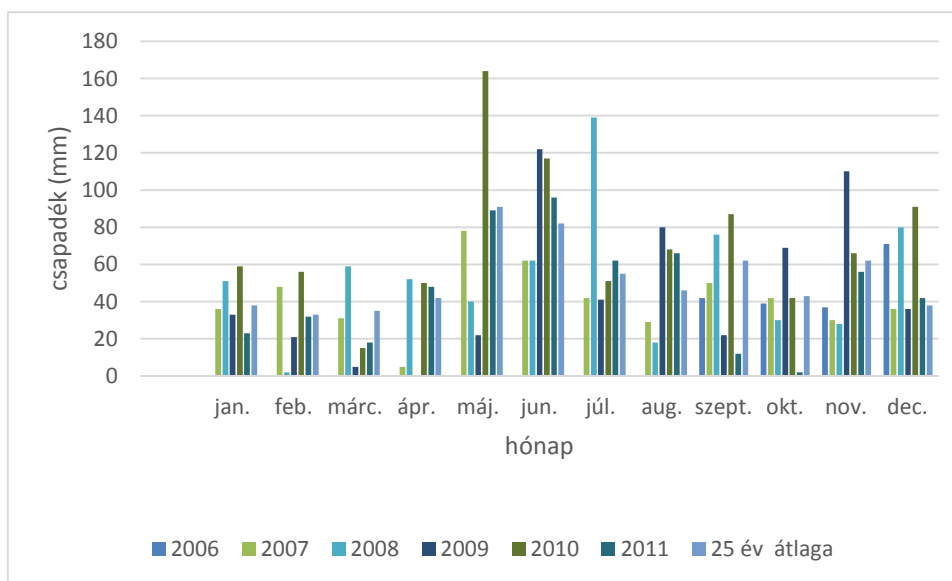
Az évjáratokat vizsgálva 2010 és 2011-ben - a 25 éves átlaghoz viszonyítva - átlagos mennyiségű csapadék hullott, 2008 aszályos év volt, míg 2007-ben az évi csapadék mennyiség (424 mm) megközelíti, az aszályos évjáratnak minősíthető 421 mm-t.

A nyári időszak alapján 2007-ben aszályos nyár volt jellemző, mivel az április – június között lehullott csapadék mennyisége csupán 145 mm volt. A 2008-ban (154 mm) 30%-kal kisebb volt a csapadék a 25 év átlagához képest, így ez is aszály közeli nyárnak tekinthető. A téli hónapokat vizsgálva 2009. október – 2010. március között 30%-nál nagyobb az eltérés a 25 éves átlagos csapadék mennyiségéhez képest (345 mm), így ez a tél csapadékosnak minősül. A többi év esetében átlagos téli csapadékmennyiség volt jellemző. (1. táblázat)

1. táblázat Évjáratok meghatározása

| év | évjárat | tél | nyár |
|------|------------------|------------|------------------|
| 2007 | aszályhoz közeli | átlagos | aszályos |
| 2008 | aszályos | átlagos | aszályhoz közeli |
| 2010 | átlagos | csapadékos | csapadékos |
| 2011 | átlagos | átlagos | átlagos |

A vizsgált időszakban a legaszályosabb hónap 2007-ben április volt, amelyben a 25 éves átlagos csapadékmennyiségnél 89%-kal kevesebb (5 mm) esett (3. ábra). A májusi csapadékatok közül a legmagasabb értéket 2010 májusában mértem. A lehullott 164 mm, 180%-kal több mint a 25 éves átlagos csapadék mennyisége ebben a hónapban. A májusi csapadék 2008-ban volt a legkevesebb: 40 mm. A 2009-es évben más kultúra volt a területen, így ennek az évnek májusi csapadék adata nem releváns.



3. ábra Gyöngyöspatai csapadék adatok

3.1.3. A kísérletbe vont gazdaság bemutatása

Az általam vizsgált Havas '92 Növénytermesztő Gazdaszövetkezet központja a Rákóczi-majorban található, 1 km-re Gyöngyöspatától, Gyöngyös és Gyöngyöspata között. A gazdálkodási terület Gyöngyöspata, Gyöngyöstarján, Szücsi és Nagyréde faluk között elterülő területeket öleli fel, mintegy 1470 ha-on. A megművelt területek a telephely közelében találhatóak. A táblaméretek a régi Tsz. gazdálkodási méreteit tükrözik, tehát üzemszervezési szempontból optimális, nagy táblaméretekkel rendelkezik a gazdaság. Nem ritkák az 50-100, esetleg 150 ha-os táblák sem, amelyeket megosztva művelnek, tehát több kultúra kerül egy táblára. A gazdaságban termelt növények köre a 2006-2011-es években őszi búza, napraforgó, őszi árpa, őszi káposztarepce.

A gazdálkodási terület - nagyságából adódóan - modern, megfelelő hatékonyságú és kapacitású gépállományt igényel. A precíziós gazdálkodás eszközrendszerét a 2000-es évek elejétől kezdték alkalmazni, bevezetése folyamatosan történt. A precíziós technológia eszközrendszerét a KITE Zrt-től vásárolták, az általuk használt precíziós gazdálkodási program a Green star. A hely-specifikus technológia alkalmazásához, alapfeltétel a megfelelő műszaki feltételrendszerrel rendelkező munkagép és eszközpark megléte. Nem minden típusú munkagép és eszköz alkalmas a precíziós technológia alkalmazásához. A Szövetkezetben rendelkezésre álló erőgépek közül a kombájnok és a John Deer traktorok felszereltek flottakövető rendszerrel, Trimble párhuzamos nyomkövetővel és automatikus kormányzással. A munkagépek közül kiemelném a Kuhn X36 precíziós műtrágyaszóró, amely felépítménye mérlegen nyugszik, így hely-specifikus tápanyag-kijuttatásra alkalmas. A kísérlet első évében (2007-ben) egy KITE Amazon műtrágya szóró demo gép juttatta ki a foszfor műtrágyát hely-specifikusan. A talajmintavétel és hozam adatok feldolgozása, a tápanyag-kijuttatási térkép elkészítése JD Office programmal történt.

Az eszközmegválasztás szempontjai közül kiemelném az ökonómiai és ökológiai szempontokat. A társaság célja, hogy az ökológia adottságoknak megfelelő, környezeti szempontból fenntartható, gazdaságilag jövedelmező termelést végezzenek. Dolgozatom témáját nem érinti, így bővebben nem foglalkozom a precíziós gazdálkodás üzemszervezésre gyakorolt pozitív hatásaival, de fontosnak tartom megemlíteni, mivel a jövedelmezőségre jelentős hatást gyakorol. A precíziós gazdálkodás elemei közül a precíziós tápanyag mintavételt, hozamtérképezést, párhuzamos nyomkövetést, automatikus kormányzást, flottakövetést, a permetezőknél automata

szakaszolást és kísérleti jelleggel precíziós tápanyag-visszapótlást alkalmaztak a vizsgált időszakban.

A párhuzamos nyomkövetés és automatikus kormányzás 2-2,5 cm visszatérő jelpontosságot igényel, amelyet a cég telephelyén lévő stabil jelkorrigáló állomás segített egészen 2014-ig. Napjainkban már a KITE Zrt. által üzemeltetett országos jelpontosító rendszert használják, ami a megművelt területeik esetében teljes lefedettséget biztosít, ezzel lehetővé téve az on-line helyspecifikus gazdálkodást.

A gazdaságban alkalmazott nagy jelpontosságot igénylő hely-specifikus munkaműveletek a vetés és növényvédelem, valamint a mechanikai gyomirtás soros kultúrákban. A helyspecifikus tápanyag-visszapótlás kísérleti jelleggel jelent meg a gazdaságban. A hozamok és a termés minőségi paraméterei is rendkívül változatosak táblán belül is, így a helyspecifikus technológia ezen eleme jelenthet megoldást a harmonikus tápanyag-visszapótlás kialakításán keresztül a növény tápanyag-igényének optimális szinten való kielégítésére.

3.2. A kísérlet bemutatása

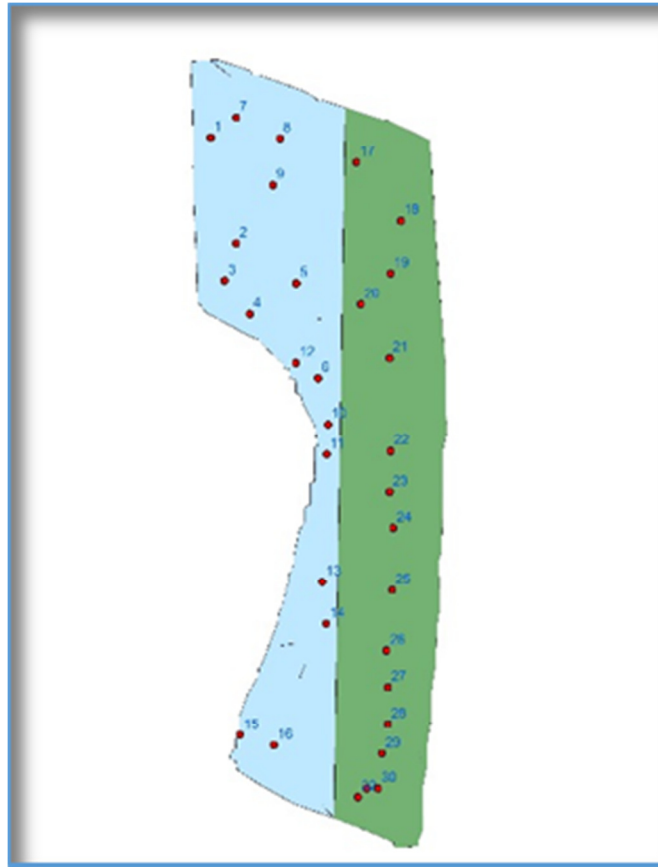
3.2.1. A kísérlet beállításának körülményei

A mintaterület Gyöngyöspatától külterületén található. 160,88 ha-os táblából került kijelölésre, majd a mintaterületet táblafelezéses módszerrel két részre bontottam. A kezelt terület 20,2 ha, a kezeletlen terület 21,6 ha nagyságú. A 4. ábrán feketével jelöltem a kezelt, fehérrel a kezeletlen parcellát. A mintaterületet É-i és K-i oldalán út és vízvezető árok D-i oldalon vízfolyás határolja, míg nyugati oldalán magasabban fekvő sík terület veszi körül, tehát a területen végbemenő folyamatokat (víz és tápanyagok mozgása, erózió), külső tényezők nem befolyásolják.



4. ábra A mintaterület felosztása

A mintaterületről az előre meghatározott GNSS pontoknál (5. ábra) kézi mintavétellel mintát vettem a termés minőségi paramétereinek meghatározásához, valamint aratás közben rögzítettem a kombájn adatai alapján a ponthoz tartozó termésátlagot. A mintavételi pontokhoz minden vizsgálati évben visszatértem, amely lehetővé tette az adott ponthoz kötött adatok folyamatos gyűjtését és elemzését.



5. ábra Termés mintavételi pontok elhelyezkedése

A precíziós tápanyag-visszapótlás módszertanának megfelelően a kezelt mintaterületre (5. ábrán kézzel jelölve) hely-specifikusan juttattunk ki monofoszfát formájában a P-műtrágyát, míg a kontroll részre (5. ábrán zölddel jelölve) a hagyományos gazdálkodás során alkalmazott tápanyag-visszapótlási rendszert használtuk. Céлом az volt, hogy a kezelt terület foszfor ellátottságát optimalizáljam, így biztosítva a termés mennyiségi és minőségi adatainak, szórásának csökkenését.

3.2.2 Vetésszerkezet megoszlása és az alkalmazott technológia

A vizsgált területen az őszi búza előveteményeként vagy önmaga, vagy az őszi káposztarepce szerepel, amely klasszikus vetésszerkezetnek számít (2. táblázat). Az őszi búza szempontjából a repce ideális elővetemény, hiszen időben lekerül, nem zsarolja ki a talajt, valamint nem hagy nagy mennyiségű szármaradványt, amely a búza számára kialakított vetőmagágyra negatív hatással lenne. További igen jó tulajdonsága, hogy gyökérzetének köszönhetően igen jó kultúrállapotban hagyja a talajt. Jelen kísérlet beállítása és sikere érdekében a búzát kétszer önmaga után is elvették, amit a gyakorlatban kerülni szoktak a vetésváltásban.

2. táblázat A vizsgált táblarész vetésszerkezete a 2006-2011-es évben

| | 2005/2006 | 2006/2007 | 2007/2008 | 2008/2009 | 2009/2010 | 2010/2011 |
|----------------------|--------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|
| Vetett növény | őszi káposztarepce | őszi búza | őszi búza | őszi káposztarepce | őszi búza | őszi búza |

A kísérletben alkalmazott fajta az MV Magdaléna. Választásom azért erre a fajtára esett, mert a termőkörzetben igen elterjedt, nagy sikértartalom mellett igen jó termésstabilitással bír. Megfelelő technológia mellett 7-7,5 t/ha-os termésszint is elérhető. Az aratási időben hulló csapadéokra nem reagál azonnal, jellemző a fajtára az esésszám-stabilitás. Sütőipari minősége megfelel a piaci igényeknek. Az évek óta termelt fajta általában eléri a javító minőséget.

A termesztéstechnológia a talaj termőképességére jelentős hatást gyakorol, hatással van a termés mennyiségére és minőségére. Az általános termesztéstechnológia (3. táblázat) vázolásánál a 2011-es év technológiáját mutatom be, az évek során csupán a munkaműveletek idejében van némi eltérés, de a technológia alapvetően változatlan volt. A gazdaságban a technológia esetében a mulch technológiát részesítik előnyben, ahol a forgatás nélküli alpművelést, valamint a rövid tárcsát használják. A mulch kultivátort az alaptalajművelésre; a tarlóhántásra és a tarlóápolásra a Väderstad Carrier 800 rövidtárcsát alkalmazzák. Valamennyi talajművelő eszköz felszerelt a talaj lezárásra alkalmas hengerrel, amelynek célja a talaj nedvességtartamának megőrzése. Ennek a technológiának köszönhetően a talaj mélyebb rétegeiben megakadályozzák a vízzáró rétegek létrejöttét, a felső 8-10 cm-en az elővetemény szalmájával javítják a talaj kultúrállapotát, valamint elősegítik a talajnedvesség megőrzését is.

3. táblázat A Havas '92 Növénytermesztő Gazdaszövetkezet által alkalmazott őszi búza termesztéstechnológia (2011)

| Ősz | Munkaművelet | Eszköz |
|----------------|-------------------------------|---|
| 07.22-09.06 | tarlóhántás | Vaderstad rövid tárcsa |
| 09.23-09.27 | műtrágyaszállítás és rakodás | John Deere 6110 traktor, Bobcat |
| 09.23-09.27 | műtrágyaszórás | Kunh műtrágya szóró |
| 07.26-09.17 | tarlóápolás | Mulch kultivátor |
| 09.14-10.03 | tarlóápolás | Väderstad Carrier 800 rövidtárcsa |
| 09.14-10.03 | tarlóápolás | Väderstad Carrier 800 rövidtárcsa |
| 09.21-10.06 | vetőágy készítés | kombinátor |
| 09.07-10.27 | vetés | Accord 6m sorba vetőgép |
| Tavaszi | | |
| 02.26-03.02 | fejtrágyázás | John Deere 6110 pótkocsival, Kunh műtrágyaszóró |
| 02.26-03.02 | műtrágyaszállítás és rakodás | John Deere 6110 traktor, Bobcat |
| 04.23-04.28 | gyomirtás | Hardi permetezőgép |
| 04.23-04.28 | rovarvédelem+lombvédelem | John Deere permetezőgép |
| 05.09-05.14 | fejtrágyázás | John Deere 6110 pótkocsival, Kunh műtrágyaszóró |
| 05.09-05.14 | műtrágya szállítás és rakodás | John Deere 6110 traktor, Bobcat |
| 05.19-05.24 | rovarvédelem+kalászs védelem | John Deere permetezőgép |
| 07.06-07.23 | aratás | John Deere kombajn |

A foszfor műtrágya monofoszfát formájában került kijuttatásra ősszel, az alapműtrágya kijuttatásakor. A nitrogén 27%-os mész-ammon-salétrom (MAS) műtrágyával 220 kg/ha-os dózisban, 59,5 kg/ha hatóanyag tartalommal került kijuttatásra. A területek káliummal jól ellátottak, így a Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet ajánlásának megfelelően kálium kiadása csupán a kapás kultúrák esetében történik.

A tavasszal a műtrágya kijuttatása osztottan, két alkalommal történik MAS 27%-os nitrogén műtrágya formájában, mindkét alkalommal egységesen 200 kg/ha-os mennyiségben, 54 kg/ha-os hatóanyag tartalommal.

A betakarítás időpontját számos tényező határozta meg, úgymint:

- a búzaszem optimális érettségi állapota (a búza minőségének szempontjából optimális időszak a teljes érés időpontja),
- a termény nedvességtartalma (13-14%-os),
- a várható időjárás (nagy mennyiségű csapadék kedvezőtlenül hat a sütőipari minőségre),
- a gazdaság területén található növények betakarítási sorrendjébe való beilleszthetőség.

A 2007-es évben július első dekádjában, 2008-ban július második dekádjában, 2010-ben és 2011-ben július harmadik dekádjában történt az aratás.

A betakarítási időpontokban elsőként a mintavételi pontokon történt mintavétel, majd a további területek aratása csak ez után kezdődött el. Ezzel biztosítottam, hogy a minták egy időpontban kerüljenek begyűjtésre és az esetleges kedvezőtlen időjárás (pl. többnapos eső) ne okozzon problémát, a minták eredményeinek egységes értékelése során.

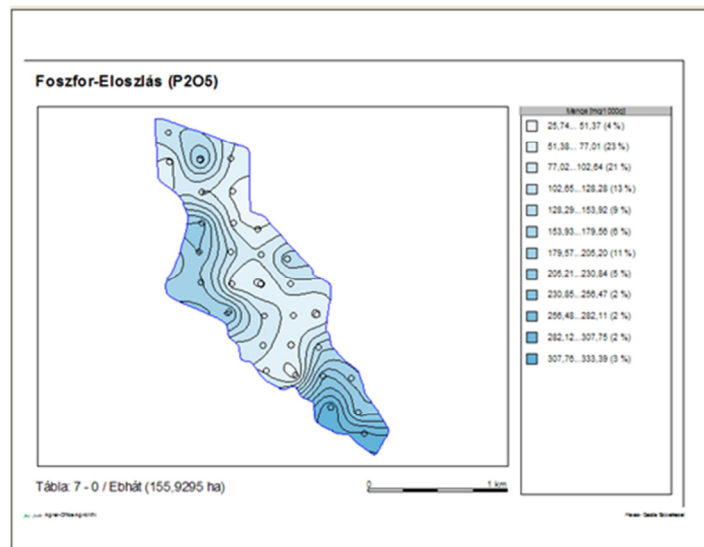
3.2.3. A kísérlet során elvégzett vizsgálatok

A kísérlet során elvégzett vizsgálatokat, valamint a közreműködőket a 4. táblázat szemlélteti.

4. táblázat A kísérlet során elvégzett feladatok (2011)

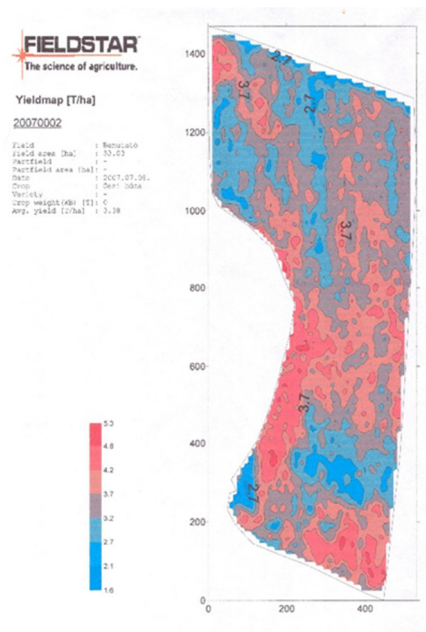
| Időpont | Vizsgálat | Vizsgálat célja | Vizsgálat eszköze/felhasznált programok | Vizsgálati módszer | Vizsgálatban közreműködtek |
|------------------------|---|--|---|--|---|
| 2006 | precíziós tápanyag mintavétel | alapadat gyűjtés tápanyagtérképhez | terepjáróra szerelt automata mintavevő | terv szerinti, GPS- szel támogatott, | Varga Kata és Ambrus Andrea |
| 2006 | tápanyagtartalom meghatározás | bővített talajvizsgálat elvégzése | WTW inolab pH/ION Level 3 digitális PH mérő, Thermo Jarrell Ash Polyscan 61E ICP készülék, LABOR MIM kalcimétera, VELP Scientifica keverőmotor, Spectronic Genesys5 Milton Roy spektrofotométer | É MSZ-080206 2:1978 | SGS akkreditált laboratórium |
| 2006 | precíziós tápanyag térkép elkészítése | | Green Star, JD Office | | Ambrus Andrea, Mészáros Gábor (KITE) |
| 2007, 2008, 2010, 2011 | termés mintavétel | adatgyűjtés | kézi mintavétel | | Ambrus Andrea |
| 2007, 2010, 2011 | hozamtérkép elkészítése | | Green Star, JD Office, Agrár-Office AgroWIN | | Ambrus Andrea, Mészáros Gábor (KITE) |
| 2007, 2008, 2010, 2011 | tápanyag kijuttatási terv elkészítése | | JD Office | | Ambrus Andrea, Mészáros Gábor (KITE) |
| 2011 | gyomfelvételezés | gyomborítottság meghatározása | kézi mintavétel | Balázs-Újváros gyomfelvételezési módszer | Ambrus Andrea, Zsák Viktor |
| 2010 | LiDAR felvételezés, 2010 május 24. | Digitális Domborzati Modellhez alapadat gyűjtése, előfeldolgozás | Leica ALS-70 HP LiDAR, ArcGIS 10.1 | pontfelhő osztályozás | Lénárt Csaba, Enyedi Péter Ambrus Andrea |
| 2011, 2014 | Digitális Domborzati Modell elkészítése és elemzése | Digitális Domborzati Modellhez elkészítése | ArcGIS 10.1 | | Bekő László, Ambrus Andrea, Jolánkai Márton |
| 2011 | Hiperspektrális felvételezés | | Aisa EAGLE II típusú hiperspektrális szenzor | hipersávok osztályozása | Burai Péter Ambrus Andrea |
| 2011 | Terepi mintavétel NDVI számításhoz | NDVI számításhoz terepi minta gyűjtése | kézi mintavétel | 1×1 m-es területről zöld biomasza tömeg meghatározás | Ambrus Andrea |
| 2014 | NDVI és hozam kapcsolatának elemzése | | IBM SPSS Statistics 18 | statisztikai elemzés | Ambrus Andrea |
| 2015 | termés mennyiségi és minőségi paramétereinek összefüggései elemzése | | IBM SPSS Statistics 18 | statisztikai elemzés | Ambrus Andrea |

A vizsgált területen 2006-ban történt talajmintavétel, amely alapján elkészült a terület tápanyag térképe a bővített talajvizsgálatban szereplő elemekre (6. ábra). A talajvizsgálati eredmények szerint a terület foszfor ellátottsága több helyen korlátozó tényezőként jelenhetett meg a termés mennyiségére és minőségére egyaránt (Ambrus et al., 2008).



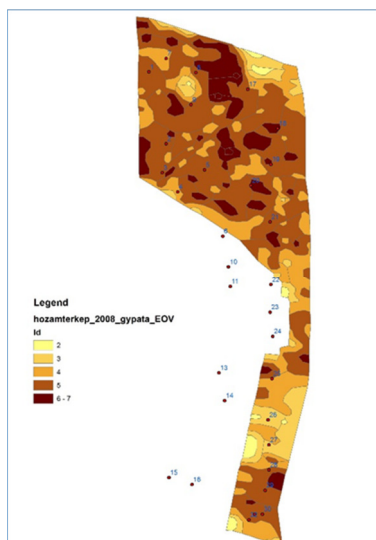
6. ábra A mintaterület foszfor tápanyag térképe

Az első hozamtérkép 2007-ben készült (7. ábra). A vizsgálati eredményekből megállapítottuk, (Ambrus et al., 2008) hogy területen az őszi búza termésátlaga és minősége igen heterogén.

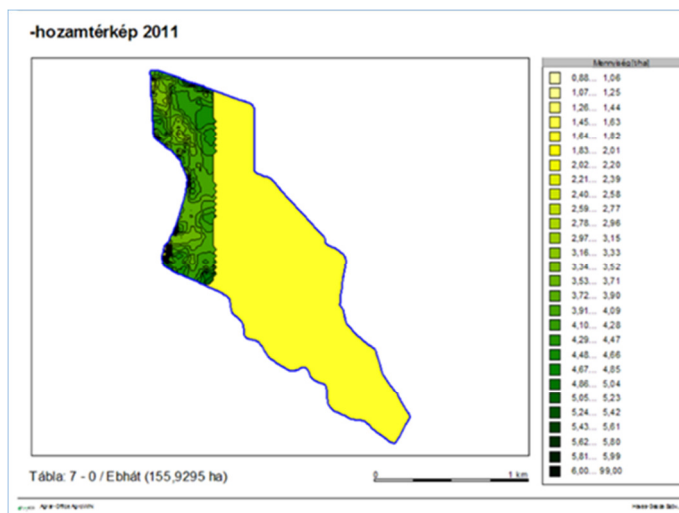


7. ábra Hozamtérkép a mintaterületről (2007)

Hozamtérkép készült (a KITE és az IKR precíziós rendszereivel) a 2008 (8. ábra), 2011-es évben (9. ábra). A 2008-as év hozamtérképe is technikai hiba miatt hiányos. A 2010-es évben a hozamtérkép technikai hiba miatt nem került rá az adatkártyára, így erről az évről hozamtérképpel nem rendelkezem. Aratás közben a kombájn adatai alapján jegyzőkönyvbe rögzítettem a mintavételi pontokhoz tartozó átlagtermést, így továbbiakban ezekkel az adatokkal számoltam azokban az években, amikor technikai problémák léptek fel.



8. ábra Hozamterkép a mintaterületről, adatfelvételezési hibával (2008)



9. ábra Hozamterkép a mintaterületről (2011)

A termésmintákat SGS akkreditált laboratórium vizsgálata meg, munkám során az általuk szolgáltatott adatokkal dolgoztam. A laboratóriumi vizsgálatok 2007-ben a termény nedvességére, sikértartalmára, fehérje %-ra és Zeleny-index megállapítására irányultak, 2008-tól ezen felül az ezermagtömeg és az esésszám meghatározásával bővítettem ki a vizsgált paraméterek körét. A minták vizsgálata és értékelése MSZ szabvány szerint történt (5. táblázat).

5. táblázat A termény minőségi vizsgálatainak módszerei

| Vizsgálat | Vizsgálat teljes (hivatalos) neve | Módszer (szabvány) neve |
|--------------|--|-------------------------------|
| Nedvesség | Nedvességtartalom | MSZ 6367-3:1983 5. fejezet |
| Ezermagtömeg | Ezermagtömeg, osztályozottság | MSZ 6367-4:1986 3. fejezet |
| Sikér | Nedvessikér tartalom | MSZ 6367-12:1987 3.1. szakasz |
| Fehérje | Nyersfehérje tartalom (Kjeldahl-módszer) | MSZ 6367-11:1984 |
| Zeleny-index | Szedimentációs index (Zeleny-teszt) | MSZ ISO 5529:1993 |
| Esésszám | Esésszám | MSZ ISO 3093:2007 |

Forrás: SGS Hungária Kft.

A hozamot erősen befolyásolhatja a tábla gyomosodásának mértéke, ezért ennek felmérésére 2011 áprilisában – közvetlenül a gyomirtás előtt – Balázs – Újváros (1973) módszerrel gyomfelvételezést végeztem (10 ábra). Megállapítottam, hogy a gyomfertőzöttség igen alacsony szintű, így a kísérlet szempontjából nem releváns.



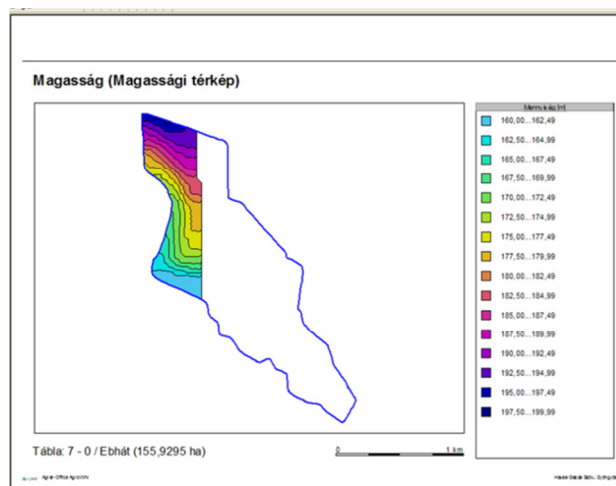
10. ábra Gyomfelvételezés Balázs-Újváros módszerrel (2011)

A dolgozatban a termésminták eredményeinek statisztikai elemzéséhez IBM SPSS Statistics 18 programot használtam. A termés mennyisége és minősége és az évjáráthatás elemzéséhez varianciaanalízist alkalmaztam. A 2007-es évben alapadatfelvételt végeztem, kezelés nem történt, de az évjáráthatás elemzése szempontjából ezt az évet különítettem el.

A termés minőségi és mennyiségi paramétereinek értékeléséhez a leíró statisztika mellett, Levene-tesztet, variancia homogenitás vizsgálatot és varianciaanalízist végeztem. A varianciaelemzés elvégzése előtt ellenőriztem a variancia homogenitást, vagyis azt vizsgáltam, hogy a csoportokon belüli varianciák megegyeznek-e. A varianciaanalízis előtesztjeként végzett Levene-teszt alapján, a variancia analízis elvégezhető volt minden esetben. Az azonos évjáratok meghatározásához Tukey-b próbát alkalmaztam. A Tukey-b próba a legszélesebb körben használt és a legkevésbé ellentmondásos teszt, amely használatának korlátozó tényezője, hogy legalább 3 kategóriának megléte, de a vizsgálatok során ez mindig teljesült. A minták eloszlásának ismertetéséhez BoxPlot diagrammot használtam.

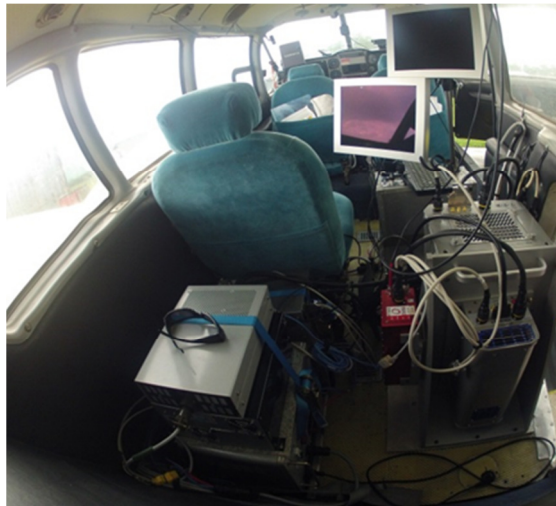
3.2.4 Távérzékelési alkalmazások a vizsgálatokban

Agrár-Office AgroWIN program segítségével 2010-ben magasság térkép készült a területről (11. ábra), a gazdaság eszközparkjában lévő erőgép magassági adatai alapján. A magassági adatok lépésköze 1,5 m volt.



11. ábra Munkagép által készített magassági térkép

A légi távérzékelési rendszerek közül a hiperspektrális technológiára a Piper Aztec típusú repülőgépre szerelt, push-broom típusú AISA Eagle II szenzor került alkalmazásra (12. ábra), míg a felszín geometriai viszonyainak vizsgálatára nagy teljesítményű Leica ALS-70 HP lézerszkennert használtunk.



12. ábra Aisa EAGLE II típusú hiperspektrális szenzor

Az AISA Eagle II hiperspektrális kamerával készült felvételezés a látható és a közeli infravörös tartományban (VNIR) készült. A felvételezés a teljes sávszélességben (400-1000 nm) 4,5 nm-es mintavétellel történt, így minden egyes képpont 128 spektrális csatornát tartalmaz. A navigációs adatok rögzítését egy OxTS RT 3003 típusú, nagy pontosságú GNSS/INS rendszer végezte. A felvételek 2012. augusztus 20-án készültek, az alábbi repülési paraméterekkel:

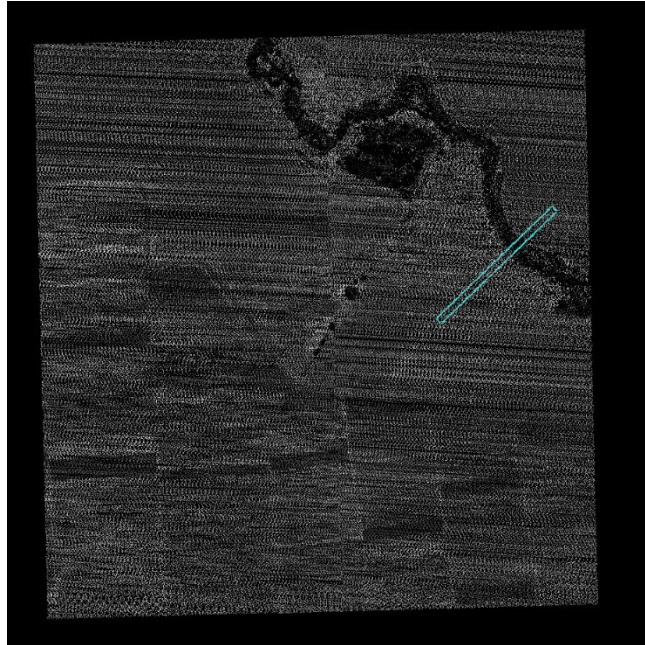
- repülési magasság (AGL): 1500 m
- repülési sebesség: 55 m/s
- sávszélesség: 400-1000 nm
- sávok átfedése: 30%
- terepi felbontás: 1,5 m.

A repüléssel egy időben terepi spektrum mérés is zajlott ASD FieldSpec3 típusú terepi spektrofotométerrel, különböző homogén felszíneken, illetve ismert reflektanciájú referencia ponyván. Ezek a későbbiekben atmoszférikus korrekcióhoz kerültek felhasználásra. A hiperspektrális adatok előfeldolgozását a Specim cég által fejlesztett CaliGeoPro program segítségével történt (radiometriai és geometriai korrekció).

A légi lézerszkennelés Leica ALS-70 HP szenzorral történt. A LiDAR rendszerek másodpercenként több mint 100 ezer impulzust képesek kibocsátani, amely a transzmitter által kibocsátott impulzus kibocsátási idejének és a visszavert impulzus beérkezési idejének nagy pontosságú meghatározásán alapszik. A légi LiDAR előnye, hogy gyorsan, nagy pontosságú adatgyűjtésre alkalmas a föld felszínéről, nagy területről, és képes olyan területeken is mérni ahol a földi geodéziai méréseket csak nagy erőforrással lehetne megvalósítani.

A LiDAR felvételezésből előállított Digitális Domborzati Modell (DDM) vízszintes értelemben 20 cm, magassági értelemben ~5-10 cm-es pontossággal készült. Az alkalmazott LiDAR technológia teljes jelalakos (full waveform) LiDAR rögzítő és feldolgozó rendszer. Hasznos repülési magasság: 200 – 3500 méter (AGL), effektív impulzus sűrűség: 500 KHz. Az eszköz alkalmas minimum 4 db visszaverődés detektálására és digitális rögzítésére minden kiküldött jelből és minimum 3 db visszaverődés intenzitásának digitális rögzítésére. A légi lézerszkennelt felvételek 2014. tavaszán készültek a bemutatott szenzorrendszerrel. Az felvételezés során előállított pontfelhő átlagos pontsűrűsége 10 pont/m² volt, 20%-os sávok közötti átfedés, 800 méter terep feletti repülési magasság és 50° látószög (FOV) beállítási paraméterek mellett.

A LiDAR pontfelhőből (13. ábra) készített Digitális Domborzat Modell (DDM) lehetővé tette a terület lejtési viszonyainak és a felszín érdességi viszonyainak pontos megismerését. A DDM előállítását osztályozó algoritmusok segítségével történt, amelyek elemzik a LiDAR adathalmaz pontjainak elhelyezkedését, magassági jellemzőjét és ez alapján különböző osztályokba sorolják azokat (pl. talajfelszín pontjai, cserje szint, fás szárú vegetáció, épületek, stb.). Munkánk során az UTM 34N és az Egységes Országos Vetületi Rendszert (EOV) használtuk.



13. ábra LAS pontfelhő

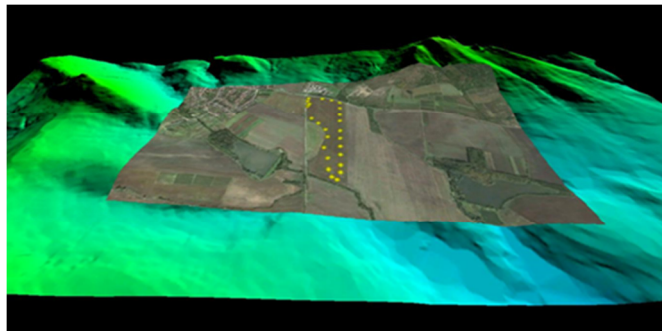
A hiperspektrális felvételek feldolgozása ENVI/IDL 5.0 szoftverkörnyezetben történt. A vegetációs indexek további értékelését ArcGIS 10.1 programmal végeztük el. A LiDAR adatokból készített DDM, valamint a hozamtérkép további feldolgozása az ArcGIS 10.1-es programmal történt. A statisztikai elemzésekhez IBM SPSS Statistics 18 programot használtuk.

A LiDAR rendszerek másodpercenként több mint 100 ezer impulzust képesek kibocsátani, amely a transzmitter által kibocsátott impulzus kibocsátási idejének és a visszavert impulzus beérkezési idejének nagy pontosságú meghatározásán alapszik. A légi lézerszkennelés előnye, hogy gyorsan, nagy pontosságú adatgyűjtésre alkalmas a föld felszínéről, nagy területről, és képes olyan területeken is mérni ahol a földi geodéziai méréseket csak nagy erőforrásigénnyel lehetne megvalósítani. A LiDAR pontfelhőből készített Digitális Domborzat Modell (DDM) lehetővé tette a terület lejtési viszonyainak pontos megismerését. A DDM előállítását osztályozó algoritmusok segítségével történt, amelyek elemzik a LiDAR adathalmaz pontjainak elhelyezkedését, magassági jellemzőjét és ez alapján különböző osztályokba sorolják azokat (pl. talajfelszín pontjai, cserje szint, fás szárú vegetáció, épületek, stb.). A munka során az EOV-t (Egységes Országos Vetületi Rendszer) használtuk.

A nedves biomassza tömeg meghatározásához terepi mintavétel történt a hiperspektrális légi távérzékeléssel egy időben. A mintavételi pontokat RTK segítségével rögzítettem (14. ábra), majd megmértem az egy négyzetméterre jutó nedves biomassza tömegét. Az így kapott adatok a hiperspektrális felvétel eredményeinek osztályozásához járultak hozzá.



14. ábra Terepi mintavételezés a nedves biomassza tömeg megállapításához



15. ábra Nedves biomassza tömeg meghatározásához kijelölt terepi mintavételi pontok

A terepi mintavételi pontokat megjelenítettem a területről készült Digitális Domborzati Modellen (15. ábra). NDVI meghatározáskor a NIR és a vörös sávok kombinációját alkalmaztam (Ambrus et al. 2015). Az NDVI és a területen vett minták közötti kapcsolat kimutatására IBM SPSS Statistics 18 program segítségével regressziós vizsgálatot végeztünk.

3.2.5 Kutatási célok, hipotézisek

A 6. táblázat összefoglalja, kutatási céljaim, hipotéziseim és a hipotézisek megválaszolásához alkalmazott vizsgálati módszereim.

6. táblázat Kutatási célok, hipotézisek és a vizsgálatok során alkalmazott módszerek

| Kutatási célok | Kutatási hipotézisek | A vizsgálatok során alkalmazott módszerek |
|---|---|--|
| Hely-specifikus tápanyagtérkép elkészítése, | H1: Heterogén talajtulajdonságokkal rendelkező terület esetében, a hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatással a búza termésátlaga növelhető, valamint a kezelés hatására a parcellán belüli szórás csökken. | kézi és gépi mintavétel, Green Star, JD Office, Agrár-Office AgroWIN, FieldStar programok alkalmazása, talajminta MSZ-080206 2:1978 szabvány szerinti talajminta elemzés, SPSS statisztikai elemzés, |
| Hely-specifikus hozamtérkép elkészítése, | | |
| Kijelölt mintavételi pontokról termés minőségi paraméterek megismerése | | |
| Gyomborítottság vizsgálata | | |
| Hely-specifikus tápanyagtérkép elkészítése, | H2: Heterogén talajtulajdonságokkal rendelkező terület esetében, a hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatással a búza beltartalmi paramétereinek értéke növelhetőek, valamint a kezelés hatására a parcellán belüli szórásuk csökken. | kézi és gépi mintavétel, Green Star, JD Office, Agrár-Office AgroWIN, FieldStar programok elemzése, talajminta MSZ-080206 2:1978 szabvány szerinti talajminta elemzés, SPSS statisztikai elemzés, |
| Hely-specifikus hozamtérkép elkészítése, | | |
| Kijelölt mintavételi pontokról termés minőségi paraméterek megismerése | | |
| Gyomborítottság vizsgálata | | |
| Csapadék mennyiségi adatok elemzése, | H3: Az időjárás elemeinek hatása mérhető a hely-specifikus tápanyag-kijuttatással. | kézi és gépi mintavétel, Green Star, JD Office, Agrár-Office AgroWIN, FieldStar programok alkalmazása, ENVI program hiperspektrális sávok elemzése, talajminta MSZ-080206 2:1978 szabvány szerinti talajminta elemzés, hiperspektrális és légi távérzékeléssel történő alapadatgyűjtés, SPSS statisztikai elemzés, |
| Hely-specifikus tápanyagtérkép alapján a térbeli változatosság feltérképezése | | |
| Hely-specifikus hozamtérkép alapján a térbeli változatosság feltérképezése | | |
| Kijelölt mintavételi pontokról termés minőségi paraméterek megismerése, | | |
| Akkumulációs zónák meghatározása, | H4: A távérzékelési eljárásokkal feltárható és ábrázolható a területen belüli térbeli változatosság, amelyek hozzájárul a hozam és termőhely közötti kapcsolat feltárásához. | hiperspektrális és LIDAR távérzékelési technológia alkalmazása, adatfeldolgozás ENVI és ArcGIS és SPSS programok alkalmazásával |
| Hozam és a lejtés kapcsolatának meghatározása | | |
| Biomassza mennyiség meghatározása | H5: A hozamtérkép és a növényi vegetációs index alapján készült térkép kapcsolatban áll egymással, így a növényi vegetációs index térkép alkalmas a hozam becslésre. | hiperspektrális távérzékelési technológia alkalmazása, adatfeldolgozás ENVI és SPSS programok alkalmazásával |

4. EREDMÉNYEK

4.1 Évjáráthatás vizsgálata

Az évjárat - az ökológia adottságok és az alkalmazott technológia mellett - befolyásolja a fajta potenciális termőképességének megjelenését (Pepó 1997, Láng – Csete 1992, Ragasits 1997, Sípos – Győri 2004). A kísérleti eredményekre az adott évjárat jelentős hatást gyakorol. Csapadékeloszlás alapján a vizsgált négy év közül, a 2010 és a 2011-es évet átlagos, a 2007-es évet aszályhoz közeli, a 2008-as évet aszályos évjáratnak tekinthetjük, a 25 éves átlagos csapadék mennyiséghez viszonyítva.

A 2007-es év **termésátlaga** 3,64 t/ha volt, amely a vizsgált évek közül a legalacsonyabb. A minimum és maximum értékek 3,26-4,02 t/ha között mozogtak, a szórás 1,05 t/ha volt (8. táblázat). Az időszak aszályhoz közelinek tekinthető, ezáltal a termésátlag alacsonyabb lett, mint az átlagos években, de a termés minősége kiemelkedő volt a többi évhez viszonyítva.

A legmagasabb termésátlagot a 2008-as évben mértük 4,48 t/ha-os értékkel. Ebben az évben 95%-os konfidencia szint mellett 4,09 t/ha volt a minimum, 4,86 t/ha volt a maximum érték. 2008 aszályos évjáratnak számít, a vizsgált időszakban ekkor hullott a legkevesebb csapadék. Ennek ellenére a legmagasabb termésátlagot sikerült elérni ebben az évben. A 7. táblázat adataiból látható, hogy a 2008 márciusában és áprilisában összesen 111 mm csapadék hullott. Az átlagos évjáratok ugyanezen időszakában lehullott csapadék mennyisége egyik évben sem érte el a 2008 ugyanezen időszakában mért adatokat, sőt ez az érték a 25 évi átlagos csapadékmennyiségnél is 44%-kal volt magasabb. A 2008 évi magas hozamot – annak ellenére, hogy száraz évjáratnak tekinthető – véleményem szerint a március-április hónapok csapadékmennyisége határozhatta meg. Ezt támasztja alá Szabó et al. (1996) munkája, miszerint a csapadékoptimum 40%-át a növény márciustól igényli, a legnagyobb vízfelhasználás április 10. és május 10. közé esik.

7. táblázat Havi csapadékeloszlás

| év | hónapok | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------|------|-------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|
| | jan. | feb. | márc. | ápr. | máj. | jun. | júl. | aug. | szept. | okt. | nov. | dec. |
| 2006 | | | | | | | | | 42 | 39 | 37 | 71 |
| 2007 | 36 | 48 | 31 | 5 | 78 | 62 | 42 | 29 | 50 | 42 | 30 | 36 |
| 2008 | 51 | 2 | 59 | 52 | 40 | 62 | 139 | 18 | 76 | 30 | 28 | 80 |
| 2009 | 33 | 21 | 5 | 0 | 22 | 122 | 41 | 80 | 22 | 69 | 110 | 36 |
| 2010 | 59 | 56 | 15 | 50 | 164 | 117 | 51 | 68 | 87 | 42 | 66 | 91 |
| 2011 | 23 | 32 | 18 | 48 | 89 | 96 | 62 | 66 | 12 | 2 | 56 | 42 |
| 25 év átlaga | 38 | 33 | 35 | 42 | 91 | 82 | 55 | 46 | 62 | 43 | 62 | 38 |

A 2010 és a 2011-es év átlagos évjáratnak tekinthető. Ezekben az években termésátlagok tekintetében jelentős eltérés nincs, hiszen 2010-ben 4,03 t/ha-os, 2011-ben 4,00 t/ha-os termésátlagot mértem hasonló szórás értékek mellett. A termésátlag legnagyobb standard szórása a 2007-es (1,0490) és a 2008-as (1,0719) évben volt kimutatható, tehát az aszályos és az aszályhoz közeli évek esetében a hozam szórása nagyobb, mint átlagos évjáratok esetében. Mindkét év aszályhoz közeli (2007), vagy aszályos volt (2008), a száraz periódusok egyaránt jellemzőek voltak a nyári hónapokra. A csapadék hiánya stressz okozhat a növény számára, amely heterogén talajok esetében – a változatos talajtulajdonságok miatt – jobban érvényre juthat a talaj vízraktározási és vízszolgáltató képességein keresztül, ezért a csapadék szempontjából

szélsőséges évjárat esetében a talaj vízraktározó képessége a hozamon keresztül érzékelhetővé válik.

Az **ezermagtömeg** értékében és szórásában sem tapasztaltunk jelentős különbséget a mért három év adatai között, értéke 40,30 g – 41,72 g között mozgott 1,80 – 1,44 szórás értékek mellett.

A **nedvesség** esetében a 2007-es és a 2008-as évben volt a legalacsonyabb érték betakarításkor (2007-ben 13,53%, 2008-ban 11,98%) az átlagos évjáratú évek esetében ez az érték magasabb volt (2010-ben 14%, 2011-ben 13,83%).

Az évjáratok közül kiugró a 2007-es év, amikor a sütőipari minőséget meghatározó minőségi paraméterek a többi évhez képest is kiemelkedő értékeket produkáltak.

A 2007-es évben a **Zeleny-index** átlaga 69,49, 3,44 standard szórás mellett. A kiemelkedő Zeleny-index érték a száraz évjáratnak köszönhető, amely a termésátlagra negatív hatással volt. Az alacsonyabb termésátlaghoz kiemelkedő minőség párosult. A Zeleny-index mellett a siker % és a fehérje % is ebben az évben volt a legmagasabb.

A **siker** átlagosan 33,83 % volt (szórása: 3,69; minimum értéke: 32,50, maximum értéke: 35,16).

A **fehérje** esetében is a legmagasabb értékeket 2007-ben mértük: 17,17 % (szórás: 1,21).

Valamennyi minőségi paramétert tekintve a 2007-es év után az aszályos 2008-as évben mértük a legmagasabb értékeket. A csapadék hiánya a minőségre pozitív hatást gyakorolt. Bár a 2007-es és a 2008-as év is aszályhoz közeli illetve aszályos volt, a 2007-es év minőségét véleményem szerint az határozta meg alapvetően, hogy bár hasonló az évjárat a 2008 évhez képest, de a csapadék eloszlásában különbség tapasztalható. A 2008 évi március-május hónapokban lehullott 141 mm csapadék a termésmennyiségre pozitív hatást gyakorolt. A 2007 évben ugyanezen időszakban száraz időszak volt jellemző, aminek következtében a termésátlag a vizsgált időszak legalacsonyabb értékét mutatta (3,63 t/ha). Az alacsonyabb hozam tette lehetővé a műtrágya jobb hasznosulását és a tápanyagok jobb beépülését a szembe.

8. táblázat Évjáráthatás vizsgálat a 2007, 2008, 2010, 2011-es évben. (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.)

| Megnevezés | | Átlag | Std. szórás | Std. hiba | 95% Konfidencia intervallum melletti értékek | | Minimum | Maximum |
|-------------------------------|-------|--------|-------------|-----------|--|---------|---------|---------|
| | | | | | Minimum | Maximum | | |
| Termésátlag (t/h) ** | 2007 | 3,64 | 1,05 | 0,19 | 3,26 | 4,02 | 2,10 | 5,50 |
| | 2008 | 4,48 | 1,07 | 0,19 | 4,09 | 4,86 | 3,00 | 6,80 |
| | 2010 | 4,03 | 0,55 | 0,10 | 3,83 | 4,23 | 2,20 | 4,90 |
| | 2011 | 4,00 | 0,58 | 0,10 | 3,79 | 4,21 | 1,90 | 4,70 |
| | Össz. | 4,04 | 0,89 | 0,08 | 3,88 | 4,19 | 1,90 | 6,80 |
| Ezermagtömeg (g) ** | 2007 | | | | | | | |
| | 2008 | 40,30 | 1,80 | 0,32 | 39,65 | 40,95 | 37,10 | 43,90 |
| | 2010 | 41,72 | 1,44 | 0,25 | 41,20 | 42,24 | 39,00 | 45,00 |
| | 2011 | 41,06 | 1,41 | 0,25 | 40,55 | 41,57 | 38,00 | 44,00 |
| | Össz. | 41,03 | 1,65 | 0,17 | 40,69 | 41,36 | 37,10 | 45,00 |
| Nedvesség-tartalom (%) *** | 2007 | 13,53 | 0,39 | 0,07 | 13,39 | 13,67 | 12,90 | 14,30 |
| | 2008 | 11,98 | 0,18 | 0,03 | 11,92 | 12,05 | 11,70 | 12,30 |
| | 2010 | 14,00 | 0,28 | 0,05 | 13,90 | 14,11 | 13,50 | 14,60 |
| | 2011 | 13,83 | 0,29 | 0,05 | 13,73 | 13,94 | 13,40 | 14,30 |
| | Össz. | 13,34 | 0,86 | 0,08 | 13,19 | 13,49 | 11,70 | 14,60 |
| Fehérje (%) *** | 2007 | 17,17 | 1,21 | 0,21 | 16,74 | 17,61 | 14,30 | 18,70 |
| | 2008 | 13,75 | 0,58 | 0,10 | 13,54 | 13,96 | 12,60 | 15,20 |
| | 2010 | 12,05 | 0,90 | 0,16 | 11,73 | 12,38 | 10,20 | 14,20 |
| | 2011 | 13,14 | 1,08 | 0,19 | 12,75 | 13,53 | 11,80 | 15,40 |
| | Össz. | 14,03 | 2,15 | 0,19 | 13,65 | 14,40 | 10,20 | 18,70 |
| Sikér (%) *** | 2007 | 33,83 | 3,69 | 0,65 | 32,50 | 35,16 | 27,80 | 39,52 |
| | 2008 | 29,85 | 1,48 | 0,26 | 29,32 | 30,38 | 27,32 | 32,80 |
| | 2010 | 27,23 | 1,67 | 0,30 | 26,63 | 27,83 | 23,50 | 30,75 |
| | 2011 | 28,86 | 1,32 | 0,23 | 28,38 | 29,33 | 26,55 | 32,45 |
| | Össz. | 29,94 | 3,30 | 0,29 | 29,36 | 30,52 | 23,50 | 39,52 |
| Zeleny-index *** | 2007 | 69,49 | 3,44 | 0,61 | 68,25 | 70,73 | 56,90 | 72,40 |
| | 2008 | 50,78 | 4,45 | 0,79 | 49,18 | 52,38 | 43,60 | 60,30 |
| | 2010 | 43,39 | 3,05 | 0,54 | 42,29 | 44,49 | 38,30 | 50,20 |
| | 2011 | 44,65 | 2,63 | 0,46 | 43,71 | 45,60 | 41,00 | 51,40 |
| | Össz. | 52,08 | 11,02 | 0,97 | 50,15 | 54,01 | 38,30 | 72,40 |
| Esésszám ** | 2007 | | | | | | | |
| | 2008 | 285,84 | 18,47 | 3,26 | 279,19 | 292,50 | 237,00 | 311,00 |
| | 2010 | 269,97 | 16,32 | 2,88 | 264,09 | 275,85 | 234,00 | 295,00 |
| | 2011 | 266,25 | 31,14 | 5,51 | 255,02 | 277,48 | 165,00 | 305,00 |
| | Össz. | 274,02 | 24,24 | 2,47 | 269,11 | 278,93 | 165,00 | 311,00 |

A 9. táblázatban szemléltetett varianciaanalízis alapján megállapítható, hogy valamennyi év adatai (kontroll és kezelt parcella eredményei együtt vizsgálva) szignifikánsan eltérnek egymástól. A nedvesség tartalom, fehérje %, sikér %, Zeleny-index esetében a szignifikáns eltérés értéke $\leq 0,001$; míg termésátlag, ezermagtömeg és esésszám esetében a szignifikáns különbség értéke $\leq 0,01$.

9. táblázat Varianciaanalízis eredményei (ANOVA) 2007, 2008, 2010, 2011-es évben

| Megnevezés | | Eltérés négyzetös szege | df | Eltérés négyzet | F | Sig. |
|----------------------------|----------------------|-------------------------------|-----|--------------------|---------|-------|
| Termésátlag (t/ha) | Csoportok közötti | 11,298 | 3 | 3,766 | 5,218 | 0,002 |
| | Csoporton belüli | 89,489 | 124 | 0,722 | | |
| | Össz. | 100,787 | 127 | | | |
| Ezermagtömeg (g) | Csoportok közötti | 32,368 | 2 | 16,184 | 6,646 | 0,002 |
| | Csoporton belüli | 226,479 | 93 | 2,435 | | |
| | Össz. | 258,847 | 95 | | | |
| Nedvesség- tartalom (%) | Csoportok közötti | 82,102 | 3 | 27,367 | 315,524 | 0 |
| | Csoporton belüli | 10,755 | 124 | 0,087 | | |
| | Össz. | 92,857 | 127 | | | |
| Fehérje (%) | Csoportok közötti | 468,818 | 3 | 156,273 | 165,14 | 0 |
| | Csoporton belüli | 117,341 | 124 | 0,946 | | |
| | Össz. | 586,159 | 127 | | | |
| Sikér (%) | Csoportok közötti | 756,793 | 3 | 252,264 | 49,671 | 0 |
| | Csoporton belüli | 629,754 | 124 | 5,079 | | |
| | Össz. | 1386,546 | 127 | | | |
| Zeleny-index | Csoportok közötti | 13931,888 | 3 | 4643,963 | 388,818 | 0 |
| | Csoporton belüli | 1481,031 | 124 | 11,944 | | |
| | Össz. | 15412,919 | 127 | | | |
| Esésszám | Csoportok közötti | 6930,771 | 2 | 3465,385 | 6,593 | 0,002 |
| | Csoporton belüli | 48885,188 | 93 | 525,647 | | |
| | Össz. | 55815,958 | 95 | | | |

A **termésátlagra** lefuttatott Tukey-b próba (10. ábra) eredményei szerint a 2007 és a 2008-as év szignifikánsan eltér egymástól. A 2011 és a 2010-es év köztes értékeket mutat és egymástól nem térnek el szignifikánsan, azaz hasonló évjárat a hozam szempontjából.

10. táblázat Tukey-b próba eredményei a 2007, 2008, 2010, 2011 évi búza termésátlagra vonatkozóan
(a termésátlag értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2007 | a | |
| | 2011 | a | b |
| | 2010 | a | b |
| | 2008 | | b |

A Tukey-b próba **nedvesség tartalom** esetében minden évben szignifikáns különbséget mutatott (11. táblázat). A termény nedvessége igen változatos lehet, függ az adott évjárat csapadék mennyiségétől, annak eloszlásától, különös tekintettel az aratás előtti csapadéokra. Az aszályos vagy aszályhoz közeli évjárat (2008, 2007) esetében volt a legalacsonyabb nedvességtartalma a búzának, amely az aratás előtti száraz periódusnak köszönhető.

11. táblázat Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011 évi búza nedvesség (%) tartalmára
(a nedvesség % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | | |
|---------|------|-----------------------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tukey-b | 2010 | a | | | |
| | 2011 | | b | | |
| | 2008 | | | c | |
| | 2007 | | | | d |

A **fehérje %** esetében valamennyi év szignifikánsan különbözött egymástól (12. táblázat).

12. táblázat Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011 évi búza fehérje (%) tartalmára
(a fehérje % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | | |
|---------|------|-----------------------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tukey-b | 2010 | a | | | |
| | 2011 | | b | | |
| | 2008 | | | c | |
| | 2007 | | | | d |

Sikér % vizsgálata alapján a 2007-es és a 2010-es év szignifikánsan eltér egymástól, 2008 és 2011 közbülső értéket mutat (13. táblázat). A legalacsonyabb 2010-ben, a legmagasabb 2007-ben volt.

13. táblázat Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011évi búza siker (%) tartalmára
(a siker % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2010 | a | | |
| | 2011 | | b | |
| | 2008 | | b | |
| | 2007 | | | c |

A **Zeleny-index** esetében látható a legmarkánsabb hatása az évjáratnak (14. táblázat). A 2007-es aszályos év kiemelkedő értéket produkált és szignifikánsan eltér valamennyi évtől. A 2010 és a 2011-es átlagos évjárat hasonlóknak mondható a Zeleny-index tekintetében. A 2008-as csapadékos évjáratú év szignifikánsan eltér a 2010-2011 és a 2007-es évtől.

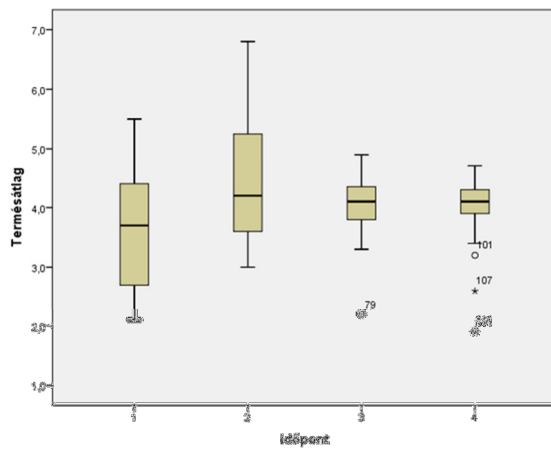
14. táblázat Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011évi Zeleny-index értékeire
(a Zeleny-index értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2010 | a | | |
| | 2011 | a | | |
| | 2008 | | b | |
| | 2007 | | | c |

A 16. ábrán látható, hogy a szélsőséges évjáratok esetében a **termésátlag szórása** jelentősen nagyobb volt, amely igaz a minták alsó és felső kvartilisére és a minták 50%-ára egyaránt, tehát szórásuk szimmetrikus. Az adatok alapján arra lehet következtetni, hogy a talaj tulajdonságainak (vízraktározó képességének, fizikai összetételének, mikrodomborzati adottságainak) a szélsőséges évjáratú években nagyobb hatása van a termésátlagra, mint egy átlagos évjárat esetében. A vizsgált időszakban a legalacsonyabb termésátlagot a 2007-es évben mértem. Az átlagos termésmennyiség 3,64 t/ha volt, 2,1 t/ha minimum és 5,5 t/ha maximum értékek között, tehát igen széles skálán mozogtak az értékek. Mivel az aszályhoz közeli évjáratról van szó, a talaj vízszolgáltató képességének és vele szoros kapcsolatban álló aszály érzékenységének kiemelt jelentősége van. A 2007-es évben nem volt kiugróan magas csapadékmennyiség egyetlen hónapban sem, a talaj nem tudott feltöltődni nedvességgel, amelyre a búza hozamcsökkenéssel reagált. Ezzel szemben a 2008-as évben a már említett tavaszi 141 mm-es csapadékmennyiség lehetővé tette a termésátlag növekedését 4,48 t/ha-os szintre, amely a vizsgált négy év legmagasabb terméseredményét jelenti.

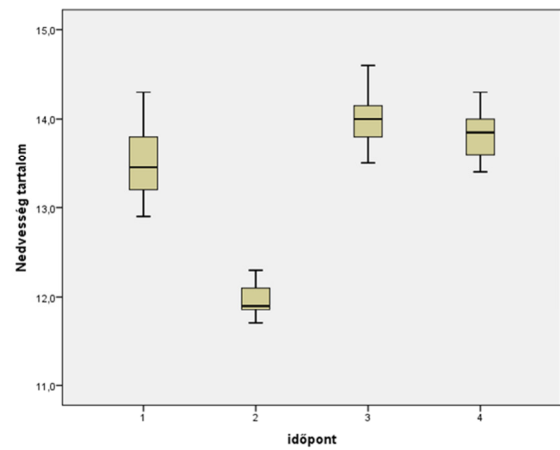
Az átlagos évjáratú években (2010, 2011) a minták szórása alacsonyabb, a minták eloszlása szimmetrikus. Egy kiugró értéket mértem a 2010-es évben, egy kiugró és két extrém kiugró értéket a 2011-es évben.

A **nedvességtartalom szórása** (17. ábra) 2008-ban volt a legkisebb (0,28). Az adatok értéke igen keskeny sávban mozgott (11,7%-12,3%), amely az aszályos évjáratnak köszönhető. Valamennyi évben nedvesség tekintetében a minták eloszlása homogén.



(1 – 2007, 2 – 2008, 3 – 2010, 4 – 2011)

16. ábra Termésátlag szórása (2007-2011)

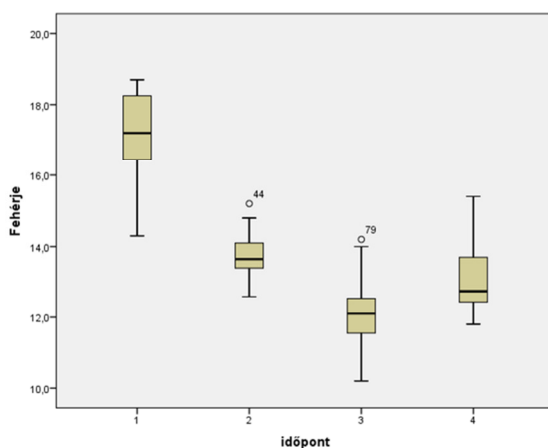


(1 – 2007, 2 – 2008, 3 – 2010, 4 – 2011)

17. ábra Nedvességtartalom (%) szórása (2007-2011)

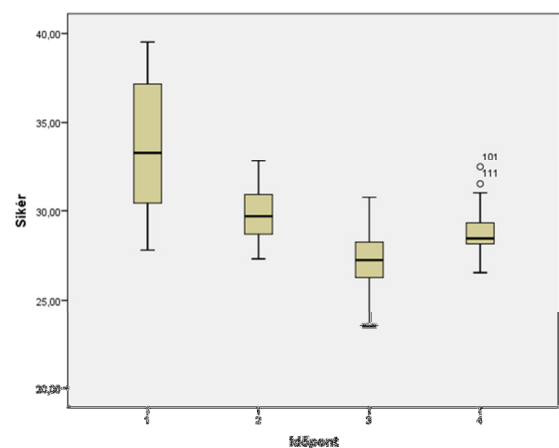
A **fehérjetartalom** esetében (18. ábra) a 2007-es évben mértem a legmagasabb értékeket (14,3%-18,7%). A minták elhelyezkedése alapján megállapítható, hogy az alsó kvartilis nagyobb. A minták fele a felső kvartilishez és a maximum értékhez közelebb helyezkedik el, ez azt jelenti, hogy a minták kétharmada a felső maximum értékhez közelít. Az aszályos évben (2008) az adatok szórása alacsonyabb, 12,6%-15,2% közötti értékek között mozgott, és a minták fele is szűk sávban található meg. Az átlagos évjáratok esetében a fehérje mennyisége kisebb volt a termésben, 2010-ben 10,2%-14,2%, 2011-ben 11,8%-15,4% között. A 2010 évi minták szórása alapján megállapítható, hogy a felső és alsó kvartilis viszonylag tág határok között mozog, ellentétben a minták felével, amely egy szűk sávban található meg. A 2011 évi adatok alapján megállapítható, hogy a minták felső kvartilise szélesebb sávban mozog, mint az alsó kvartilis, tehát a maximum értékhez közel lévő minták egygyegyedének nagyobb a szórása.

A **sikér %** esetében (19. ábra) a legmagasabb értéket a 2007-es évben mértem, ahol 27,80%-39,52%-os intervallumban helyezkedtek el a minták, az száraz évjárat hatása tehát érzékelhető az eredményeken. A többi évvel összehasonlítva a sikér % szórása kisebb értékek között mozgott. A 2008-as aszályos év eredményei és az adatok megoszlása hasonlít a 2010 évi eredményekhez. Mindkét évben az adatok eloszlása hasonló. A 2011-es évben a minták eloszlásánál ki kell emelni, hogy két kiugró értéket is mértem a minták között.



(1 – 2007, 2 – 2008, 3 – 2010, 4 – 2011)

18. ábra Fehérje % szórása (2007- 2011)

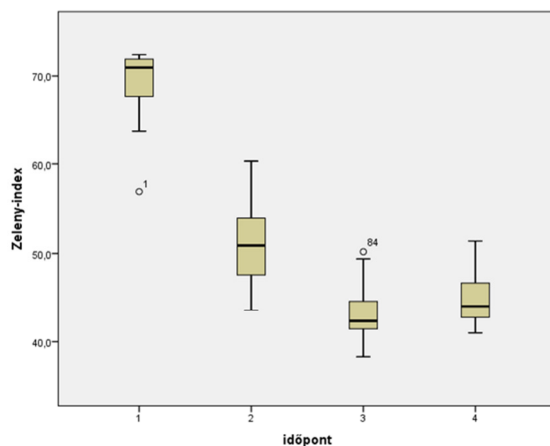


(1 – 2007, 2 – 2008, 3 – 2010, 4 – 2011)

19. ábra Sikér % szórása (2007- 2011)

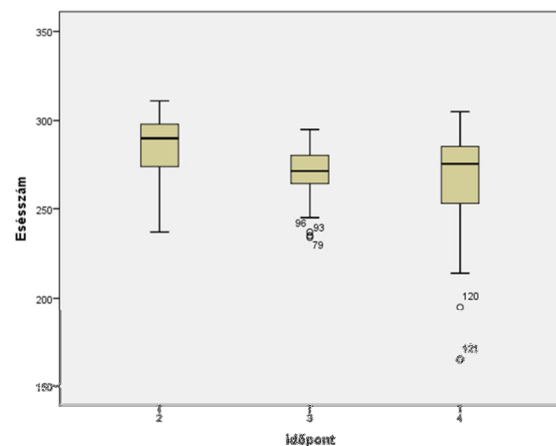
A **Zeleny-index** eredményei alapján látható (20. ábra), hogy a 2007-es évjárat kiemelkedik a vizsgált évek közül, hiszen az adatok 56,9-72,4-es igen szűk skálán oszlanak el. A felső kvartilis igen szűk érték körül mozog, a medián megközelíti a 72,4-es maximum értéket. A 2008-as év, annak ellenére, hogy az aszály kedvez a minőségnek, alacsonyabb értékű eredményt hozott, a minimum és maximum értékek 43,6-60,3 és az értékek **szórása** is nagyobb a 2007 évhez képest. A 2008 évi minőség valószínűleg azért jelentősen alacsonyabb Zeleny-index tekintetében, mert a hozam és sütőipari minőség között fordított arányosság áll fenn. Az átlagos évjáratú 2010 és 2011-es év a Zeleny-index tekintetében is hasonlóságot mutat, mint a szórásban, mint a minták minimum és maximum értékei közötti eloszlásban. A Zeleny-index esetében a 2007 és a 2008 évi minták eloszlásbeli különbsége jól látható a 20. ábrán, amely arra enged következtetni, hogy a vegetációs időben lehullott csapadék mennyisége mellett, annak egyenletes eloszlása is hatással van Zeleny-index értékeire, valamint az értékek eloszlására. A Zeleny-index szempontjából az egyenletes eloszlású, nem nagy mennyiségű csapadék az optimális.

Az **esésszám** esetében (21. ábra) csak a 2008, 2010 és a 2011-es évre rendelkezem adatokkal. A **szórást** vizsgálva megállapítható, hogy valamennyi év felső értékei közel vannak egymáshoz, 311-295 intervallumban mozognak. A 2008-as évben a felső kvartilis szűkebb, és a minták fele a maximum értékhez közelebb helyezkedik el. A 2010 és a 2011-es évben is találtam kiugró értékeket. A 2010-es évben volt a minták felének a legkisebb szóródása, valamint az alsó és felső kvartilis is szimmetrikus. Ez azt jelenti, hogy esésszám esetében – a kiugró értékeket nem vizsgálva – a minták eloszlása arányos. A 2011-es év esetében volt a minták szóródása legnagyobb, de itt is, csakúgy mint az összes vizsgált évben a minták fele a maximum értékhez volt közelebb.



(1 – 2007, 2 – 2008, 3 – 2010, 4 – 2011)

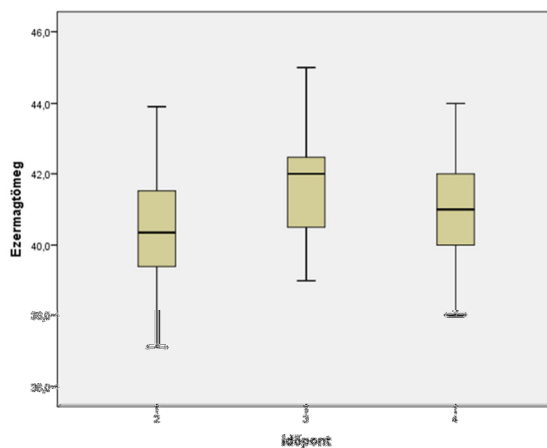
20. ábra Zeleny-index szórása (2007- 2011)



(2 – 2008, 3 – 2010., 4 – 2011)

21. ábra Esésszám szórása (2007- 2011)

Az **ezermagtömeg** esetében mindhárom évből származó adatok szimmetrikusan oszlanak el a minimum és maximum értékek között és a három év adatai alapján jelentős eltérés a minimum és maximum értékek között, valamint szórásban nem tapasztalható (22. ábra).



(2 – 2008, 3 – 2010, 4 – 2011)

22. ábra Ezermagtömeg (g) szórása (2007-2011)

4.2. A 2007-es kísérleti év elemzése

A 2007-es évben a kezelt és kezeletlen parcella kijelölése megtörtént, de kezelés ebben az évben még nem volt, így az ez évi adatok a terület kiinduló állapotáról adnak tájékoztatást. A minták minőségi és mennyiségi változását – mivel a technológia és az évjáráthatás konstans paraméterként értelmezhető – alapvetően a talajtani adottságok (tápanyag-szolgáltató képesség, fizikai tulajdonságok, vízháztartási jellemzői) befolyásolják. Az alapmintavétellel célunk az volt, hogy a kezelés előtt képet kapjunk a termésen keresztül a talaj-növény kapcsolatrendszeréről.

A kezelésre kijelölt és a kontroll területeken a 16-16 mintavételi pont eredményeit a 15. táblázat szemlélteti, amelynek alapján megállapítható, hogy a **termésátlag** tekintetében a kontroll parcella (4,00 t/ha) 12%-kal magasabb termésátlagot produkált, mint a kezelésre kijelölt parcella (3,27 t/ha). A szórás tekintetében a kontroll parcella 1,10 standard szórást, míg a kezelésre kijelölt parcella 0,89 standard szórást mutatott. Megállapítható, hogy a két terület - bár egyazon táblán került kijelölésre – azonos technológia mellett is különbséget mutat a hozameredmények alapján.

Nedvességtartalom tekintetében nem találtam jelentős különbséget a két parcella adatai alapján. A kezelésre kijelölt parcella 12,9% -14,3% között -, míg a kezelésre kijelölt parcella 12,9%-14,1% között mozogott. Ennek oka az lehet, hogy a termés nedvességére alapvetően az lehullott csapadék mennyisége és időbelisége van hatással.

A **fehérje** esetében a kezelésre kijelölt parcella átlagosan 17,44 % volt jellemző (1,09 szórás mellett), míg a kontroll parcella 16,9 %-os átlagos értéket mutatott (1,30 szórás mellett).

A minőségi jellemzők tekintetében, valamennyi minőségi paraméter (fehérje %, Zeleny-index, sikértartalom) az alacsonyabb termésátlagú kezelésre kijelölt parcella esetében volt magasabb, de nagyobb szórás mellett. A 2007-es év nyara aszályosnak tekinthető, hiszen a 25 éve átlag csapadék mennyiséghez viszonyítva a csapadék csupán 67%-a esett az április-június időszakban, amely a termés mennyiségre negatív hatást gyakorolt. Az aszályos nyárnak és az alacsony hozam együttes hatásának köszönhető a termés kimagasló minősége a vizsgált évekhez képest.

15. táblázat Leíró statisztikai elemzés, 2007 (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.)

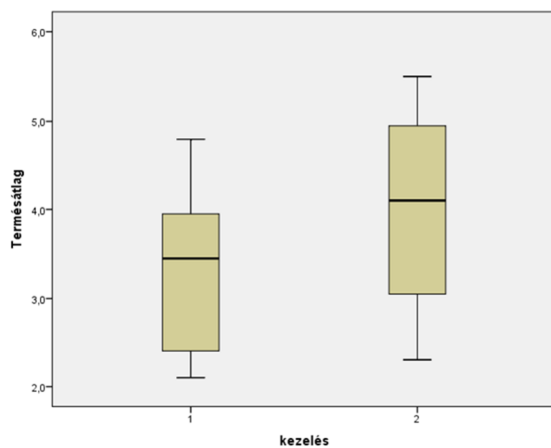
| Megnevezés | | Átlag | Std. szórás | Std. hiba | 95% Konfidencia intervallum melletti értékek | | Minimum | Maximum |
|-------------------------------|--------------------|-------|-------------|-----------|--|---------|---------|---------|
| | | | | | Minimum | Maximum | | |
| Termésátlag (t/ha) * | kezelésre kijelölt | 3,28 | 0,89 | 0,22 | 2,80 | 3,75 | 2,10 | 4,80 |
| | kontroll | 4,00 | 1,10 | 0,27 | 3,42 | 4,59 | 2,30 | 5,50 |
| | Összesen | 3,64 | 1,05 | 0,19 | 3,26 | 4,02 | 2,10 | 5,50 |
| Nedvesség-tartalom (%) ns. | kezelésre kijelölt | 13,51 | 0,44 | 0,11 | 13,27 | 13,74 | 12,90 | 14,30 |
| | kontroll | 13,55 | 0,35 | 0,09 | 13,36 | 13,74 | 12,90 | 14,10 |
| | Összesen | 13,53 | 0,39 | 0,07 | 13,39 | 13,67 | 12,90 | 14,30 |
| Fehérje (%) ns. | kezelésre kijelölt | 17,44 | 1,09 | 0,27 | 16,86 | 18,02 | 14,50 | 18,70 |
| | kontroll | 16,91 | 1,30 | 0,33 | 16,21 | 17,60 | 14,30 | 18,60 |
| | Összesen | 17,17 | 1,21 | 0,21 | 16,74 | 17,61 | 14,30 | 18,70 |
| Zeleny-index ns. | kezelésre kijelölt | 70,30 | 3,91 | 0,98 | 68,22 | 72,38 | 56,90 | 72,40 |
| | kontroll | 68,68 | 2,77 | 0,69 | 67,20 | 70,15 | 63,80 | 72,10 |
| | Összesen | 69,49 | 3,44 | 0,61 | 68,25 | 70,73 | 56,90 | 72,40 |
| Sikér (%) *** | kezelésre kijelölt | 36,77 | 2,66 | 0,66 | 35,36 | 38,19 | 29,53 | 39,52 |
| | kontroll | 30,89 | 1,61 | 0,40 | 30,03 | 31,74 | 27,80 | 33,40 |
| | Összesen | 33,83 | 3,69 | 0,65 | 32,50 | 35,16 | 27,80 | 39,52 |

A varianciaanalízis (16. táblázat) eredményei szerint szignifikáns különbség csak a termésátlag és a sikér % esetében tapasztalható. Nedvességtartalom, fehérje %, Zeleny-index esetében a kezelésre kijelölt és a kontroll parcella eredményei homogének.

16. táblázat Varianciaanalízis (ANOVA) 2007-es évben.

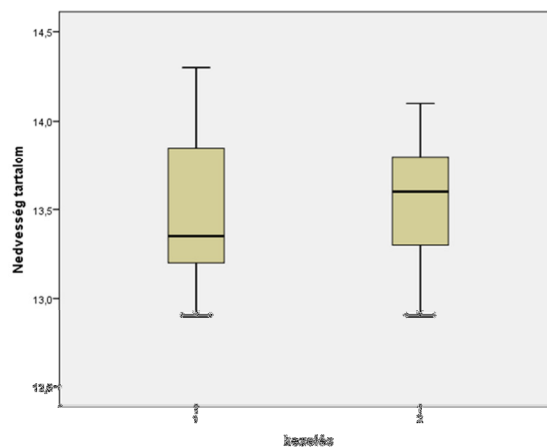
| Megnevezés | | Eltérés négyzetösszege | df | Eltérés négyzet | F | Sig. |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|-------|--------------------|-------|-------|
| Termésátlag (t/ha) | Csoportok közötti | 4,21 | 1,00 | 4,21 | 4,22 | 0,049 |
| | Csoporton belüli | 29,91 | 30,00 | 1,00 | | |
| | Össz. | 34,12 | 31,00 | | | |
| Nedvesség tartalom (%) | Csoportok közötti | 0,02 | 1,00 | 0,02 | 0,10 | 0,758 |
| | Csoporton belüli | 4,75 | 30,00 | 0,16 | | |
| | Össz. | 4,77 | 31,00 | | | |
| Fehérje (%) | Csoportok közötti | 2,26 | 1,00 | 2,26 | 1,56 | 0,221 |
| | Csoporton belüli | 43,35 | 30,00 | 1,45 | | |
| | Össz. | 45,61 | 31,00 | | | |
| Zeleny-index | Csoportok közötti | 21,13 | 1,00 | 21,13 | 1,84 | 0,185 |
| | Csoporton belüli | 344,71 | 30,00 | 11,49 | | |
| | Össz. | 365,84 | 31,00 | | | |
| Sikér(%) | Csoportok közötti | 277,24 | 1,00 | 277,24 | 57,46 | 0 |
| | Csoporton belüli | 144,76 | 30,00 | 4,83 | | |
| | Össz. | 422,00 | 31,00 | | | |

A kezelésre kijelölt parcella **termésátlaga** 2,1-4,8 t/ha-os, míg a kontroll parcella 2,3-5,5 t/ha-os értékek között mozgott. A 23. ábra alapján megállapítható, hogy a kezelésre kijelölt parcellán begyűjtött minták fele az alsó kvartilishoz közelebb van, amely az átlaghozamot negatív irányba befolyásolja. A kontroll parcella hozamadatai alapján látható, hogy kiegyensúlyozottabb eloszlású, az alsó és felső kvartilis, valamint a minták fele szimmetrikus eloszlású. Kiugró, vagy extrém értékek nincsenek. A 24. ábrán szemléltetett nedvességtartalom esetében a kezelésre kijelölt és a kontroll parcella adatai alapján jelentős különbség nem tapasztalható. A nedvességtartalom értékeinek eloszlására a domborzati adottságok hatással lehetnek, de mint már korábban is említettem, alapvetően az adott évben lehulló csapadék mennyisége és időbeli eloszlása játszik szerepet, ezen paraméter értékeinek alakulásában.



(1 – kezelésre kijelölt, 2 – kontroll)

23. ábra Termésátlag szórása (2007)

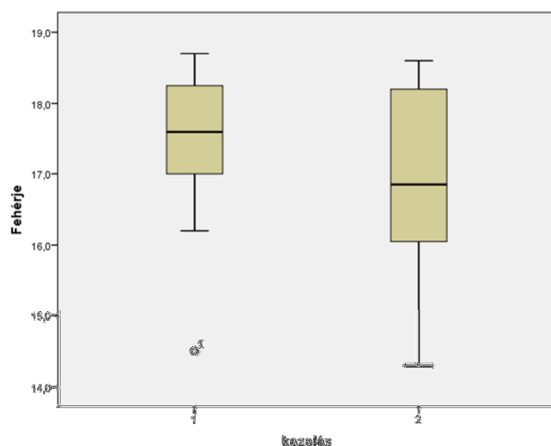


(1 – kezelésre kijelölt, 2 – kontroll)

24. ábra Nedvességtartalom (%) szórása (2007)

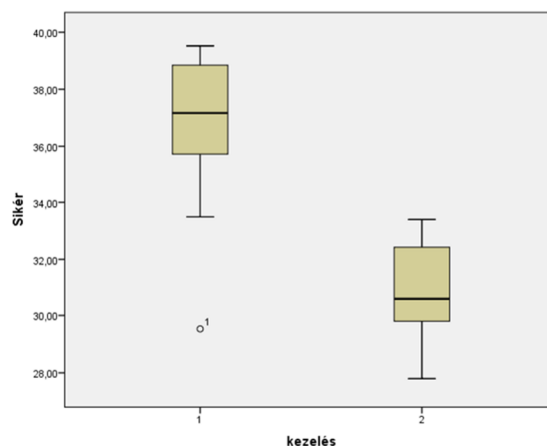
A **fehérje %** esetében (25. ábra) megállapítható, hogy a kezelésre kijelölt és a kontroll parcella adatainak maximuma között jelentős eltérés nem tapasztalható. Kezelésre kijelölt parcellán 18,7% kontroll parcellán 18,6%. A kezelésre kijelölt parcella esetében egy kiugró értéket találtam 14,5%-os értékkel. A kezelésre kijelölt parcella adatainak szórása szimmetrikus, amiből az következtetés vonható le, hogy az adatok eloszlása egyenletesebb. A kontroll parcella esetében az adatok szélesebb skálán szóródnak. Az alsó kvartilis szélesebb sávban mozog, mint a felső kvartilis. A minták felének szórása is nagyobb a kezelésre kijelölt parcellában, mint a kontroll parcella esetében.

A **sikér %** eloszlását a 26. ábra szemlélteti, látható, hogy a két parcella között jelentős eltérés tapasztalható. A kezelésre kijelölt parcella maximum értéke 39,5%, míg a kontroll parcella esetében ez az érték 33,4%. A kezelésre kijelölt parcella esetében a kiugró értéket ugyanazon a ponton mértem, ahol a fehérje % kiugró értékét. A kezelésre kijelölt parcella felső kvartiliséhez közelebb helyezkedik el a minták fele. A kontroll parcella esetében a minták eloszlása szimmetrikus képet mutat, tehát a területen begyűjtött minták homogénnek mondhatók.



(1 – kezelésre kijelölt, 2 – kontroll)

25. ábra Fehérje % szórása (2007)

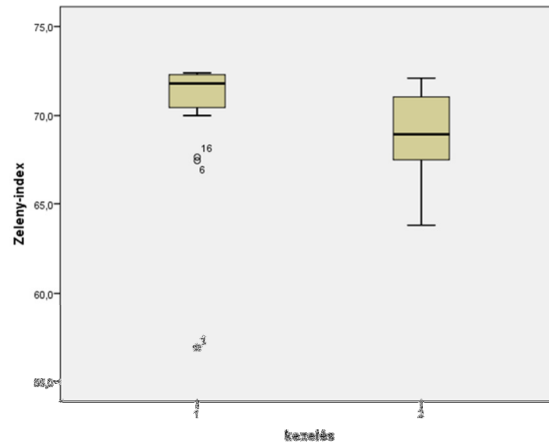


(1 – kezelésre kijelölt, 2 – kontroll)

26. ábra Sikér % szórása (2007)

A 27. ábrán a **Zeleny-index** szórását ábrázoltam, ahol megállapítható, hogy az évjáráthatás egyértelműen megjelenik a magas értékekben. A kezelésre kijelölt parcella esetében a Zeleny-index értéke 72,4, míg a kontroll parcella esetében 72,1 volt. A kezelésre kijelölt parcellán két kiugró értéket és egy extrém kiugró értéket mértem. Az extrém kiugró értéket (56,9) adó

mintavételi pont megegyezik a fehérje % és sikér % esetében is rendhagyó értéket képviselő ponttal. A minták eloszlását vizsgálva jól látható, hogy a kezelésre kijelölt parcella igen szórása igen szűk intervallumban mozgott, a kiugró értékeket figyelmen kívül hagyva. A kontroll parcella szórása nagyobb értékek között változott. A minták fele a felső kvartilishez áll közelebb. Az évjáráthatás és az alacsony termésátlag együttesen járulhatott hozzá a Zeleny-index alakulásához.



(1 – kezelésre kijelölt, 2 – kontroll)

27. ábra Zeleny-index szórása (2007)

4.3. A 2008-as kísérleti év elemzése

A kezelés első éve aszályos évjáratnak minősíthető, hiszen az átlagos csapadék mennyiség 30%-kal kevesebb volt, mint a 25 éves átlag. A csapadékmennyiség eloszlására jellemző, hogy a 2008 március-április hónapokban lehullott csapadék mennyisége - az aszályos évjáratához képest némi ellentmondásban - a 25 éves átlagos mennyiség 144%-a volt, amely csapadék pozitív hatást gyakorolt a termés mennyiségére.

A 17. táblázat adatai közül a **termésátlagot** vizsgálva elmondható, hogy a kezelt parcella termésátlaga 4,55 t/ha volt (3-6,8 t/ha minimum és maximum értékek mellett). A kontroll parcella termésátlaga alacsonyabb, 4,40 t/ha volt (95% konfidencia intervallum mellett 3,94 t/ha és 4,86 t/ha-os értékek között mozogtak a minimum és maximum értékek).

Az **ezermagtömeg** esetében a kezelt és kezeletlen parcella között nem találtam jelentős eltérést. A **nedvességtartalom** a kontroll parcella esetében 12,06 %, a kezelt parcella esetében 11,91 %- volt.

A **fehérjetartalom** értékei között érdemi különbség nem tapasztalható a kezelt és a kontroll parcella között.

A sütőipari minőségek már változatosabb képet mutattak. Valamennyi minőségi paraméternél a kezelt parcella értékei magasabbak.

A **sikér** 30,24 % a kezelt parcellánál és 29,46 %-a kontroll esetében. A minimum és maximum értékek 95%-os konfidencia intervallum mellett a kezelt parcellán 29,52 %-30,96 % között, míg a kontroll parcellán 28,65 %-30,28 % között változtak.

A **Zeleny-index** érzékenyebben reagált a kezelésre, ezt mutatja, hogy a kezelt parcella 52,13 értéke 5,40 szórás mellett alakult ki. A 95 %-os konfidencia intervallumnál 49,20-55,01-os értékek között mozogtak a minták eredményei. A kontroll parcella esetében a 95 %-os konfidencia intervallumnál 47,95-50,92-os értéket vettek fel a terméyminták minimum és maximum értéke a Zeleny-indexre. A kontroll parcella átlaga 49,49, amely 5%-kal alacsonyabb, mint a kezelt terület átlagos Zeleny-indexe. A kontroll parcella standard szórása 2,79. Bár szignifikáns különbség nem mutatható ki a kezelt és a kontroll parcella között, de a szórások alapján látható, hogy itt is a magasabb átlagos értéket elért kezelt parcella esetében nagyobb a szórás a kontroll parcellához viszonyítva, tehát a szórás a kezelés hatására növekedett.

Az **esésszám** tekintetében is a 292,19-es magasabb értéket a kezelt parcella tudta elérni, 10,83 standard szórás mellett. A kontroll parcella 279,50 átlagos esésszámot mutatott 22,39 standard szórás mellett. Ebben az esetben a kezelt terület a magasabb átlagos esésszám értéket alacsonyabb szórás érték mellett tudta elérni. A kezelt parcella 95 %-os konfidencia intervallum mellett 286,41-297,96 érték között mozgott a minimum és maximum érték, míg a kontroll esetében 267,57 -291,43 között mozgott a minimum és maximum érték.

17. táblázat Leíró statisztikai elemzés, 2008 (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.)

| Megnevezés | | Átlag | Std. szórás | Std. hiba | 95% Konfidencia intervallum melletti | | Minimum | Maximum |
|---------------------------------|----------|--------|-------------|-----------|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | | | Minimum | Maximum | | |
| Termésátlag (t/ha) ns. | kezelt | 4,55 | 1,27 | 0,32 | 3,87 | 5,23 | 3,00 | 6,80 |
| | kontroll | 4,40 | 0,87 | 0,22 | 3,94 | 4,86 | 3,40 | 6,30 |
| | Összesen | 4,48 | 1,07 | 0,19 | 4,09 | 4,86 | 3,00 | 6,80 |
| Ezermagtömeg (g) ns. | kezelt | 40,60 | 1,91 | 0,48 | 39,58 | 41,61 | 37,40 | 43,90 |
| | kontroll | 40,00 | 1,69 | 0,42 | 39,10 | 40,90 | 37,10 | 42,30 |
| | Összesen | 40,30 | 1,80 | 0,32 | 39,65 | 40,95 | 37,10 | 43,90 |
| Nedvesség- tartalom (%) * | kezelt | 11,91 | 0,09 | 0,02 | 11,86 | 11,95 | 11,80 | 12,10 |
| | kontroll | 12,06 | 0,22 | 0,05 | 11,94 | 12,17 | 11,70 | 12,30 |
| | Összesen | 11,98 | 0,18 | 0,03 | 11,92 | 12,05 | 11,70 | 12,30 |
| Fehérje (%) ** | kezelt | 14,01 | 0,58 | 0,14 | 13,70 | 14,31 | 13,20 | 15,20 |
| | kontroll | 13,49 | 0,48 | 0,12 | 13,23 | 13,74 | 12,60 | 14,50 |
| | Összesen | 13,75 | 0,58 | 0,10 | 13,54 | 13,96 | 12,60 | 15,20 |
| Sikér (%) ns. | kezelt | 30,24 | 1,35 | 0,34 | 29,52 | 30,96 | 28,10 | 32,70 |
| | kontroll | 29,46 | 1,53 | 0,38 | 28,65 | 30,28 | 27,30 | 32,80 |
| | Összesen | 29,85 | 1,48 | 0,26 | 29,32 | 30,38 | 27,30 | 32,80 |
| Zeleny-index ns. | kezelt | 52,13 | 5,40 | 1,35 | 49,25 | 55,01 | 44,10 | 60,30 |
| | kontroll | 49,43 | 2,79 | 0,70 | 47,95 | 50,92 | 43,60 | 54,70 |
| | Összesen | 50,78 | 4,45 | 0,79 | 49,18 | 52,38 | 43,60 | 60,30 |
| Esésszám * | kezelt | 292,19 | 10,83 | 2,71 | 286,41 | 297,96 | 270,00 | 308,00 |
| | kontroll | 279,50 | 22,39 | 5,60 | 267,57 | 291,43 | 237,00 | 311,00 |
| | Összesen | 285,84 | 18,47 | 3,26 | 279,19 | 292,50 | 237,00 | 311,00 |

A varianciaanalízis (18. táblázat) alapján megállapítható, hogy a kezelt és a kontroll parcella között az első évi hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatás után szignifikáns különbség mutatható (0,05 %-os szignifikancia szint mellett) nedvesség %, a fehérje % és esésszám esetében.

A kezelt és kontroll területen begyűjtött minták termésátlag, ezermagtömeg, sikér % és Zeleny-index tekintetében szignifikánsan nem különböznek.

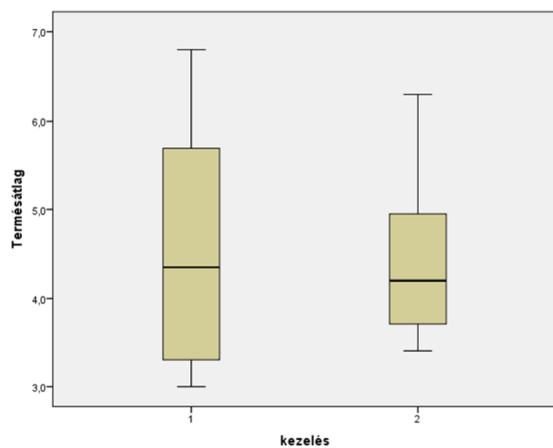
A vizsgálati év eredményei szerint, az aszályos évjárat esetében a termés minőségi paraméterei viszonylag egységesek, a kezelt és a kontroll parcellán egyaránt, ezt alátámasztja az alacsony F érték is.

18. táblázat Varianciaanalízis (ANOVA) 2008-as évben.

| Megnevezés | | Eltérés négyzetösszege | df | Eltérés négyzet | F | Sig. |
|----------------------------|----------------------|---------------------------|----|--------------------|-------|-------|
| Termésátlag (t/ha) | Csoportok közötti | 0,18 | 1 | 0,18 | 0,152 | 0,699 |
| | Csoporton belüli | 35,44 | 30 | 1,181 | | |
| | Össz. | 35,62 | 31 | | | |
| Ezermagtömeg (g) | Csoportok közötti | 2,862 | 1 | 2,862 | 0,883 | 0,355 |
| | Csoporton belüli | 97,273 | 30 | 3,242 | | |
| | Össz. | 100,135 | 31 | | | |
| Nedvesség- tartalom (%) | Csoportok közötti | 0,18 | 1 | 0,18 | 6,677 | 0,015 |
| | Csoporton belüli | 0,809 | 30 | 0,027 | | |
| | Össz. | 0,989 | 31 | | | |
| Fehérje (%) | Csoportok közötti | 2,153 | 1 | 2,153 | 7,646 | 0,01 |
| | Csoporton belüli | 8,447 | 30 | 0,282 | | |
| | Össz. | 10,6 | 31 | | | |
| Sikér (%) | Csoportok közötti | 4,828 | 1 | 4,828 | 2,313 | 0,139 |
| | Csoporton belüli | 62,633 | 30 | 2,088 | | |
| | Össz. | 67,461 | 31 | | | |
| Zeleny-index | Csoportok közötti | 58,32 | 1 | 58,32 | 3,157 | 0,086 |
| | Csoporton belüli | 554,249 | 30 | 18,475 | | |
| | Össz. | 612,569 | 31 | | | |
| Esésszám | Csoportok közötti | 1287,781 | 1 | 1287,781 | 4,162 | 0,05 |
| | Csoporton belüli | 9282,438 | 30 | 309,415 | | |
| | Össz. | 10570,219 | 31 | | | |

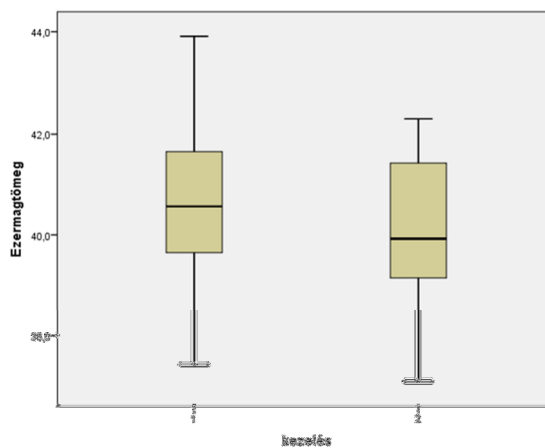
A **termésátlag** alakulását a kezelés első évében a 28. ábra mutatja, mely szerint a kezelt parcella termésátlaga nagyobb (4,55 t/ha), de a magasabb termésátlag a minták nagyobb **szórása** mellett alakult ki. A kezelt parcellán a magasabb termésátlaghoz magasabb standard szórás párosult (1,27), míg a kontroll parcella egyöntetűbb (0,87) szórás tekintetében. A minták fele esetében is igaz, hogy nagyobb intervallumon belül mozogtak, amely a kontroll parcella esetében szűkebb. Mindkét parcella esetében elmondható, hogy az alsó kvartilis szűkebb, és a minták fel inkább az minimum értékhez közelebb helyezkedett el. A termésátlagot vizsgálva megállapítható, hogy a hely-specifikus foszfor trágya visszapótlása a termésátlagot emelte a kontroll parcellához képest, de a szórás növekedett. A termésátlag szórás alakulása a talajfoltok tulajdonságainak (fizikai és kémia tulajdonságok, mikrodomborzat) a térbeli változatosságára enged következtetni.

Az **ezermagtömeg** esetében a minták standard **szórása** a kezelt parcella esetében 1,9, a kontroll parcella 1,7 standard szórás értéket mutatott, amely alapján megállapítható, hogy a két parcella között nincs jelentős eltérés ezermagtömeg standard szórás esetében (29. ábra).



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

28. ábra Termésátlag szórása (2008)

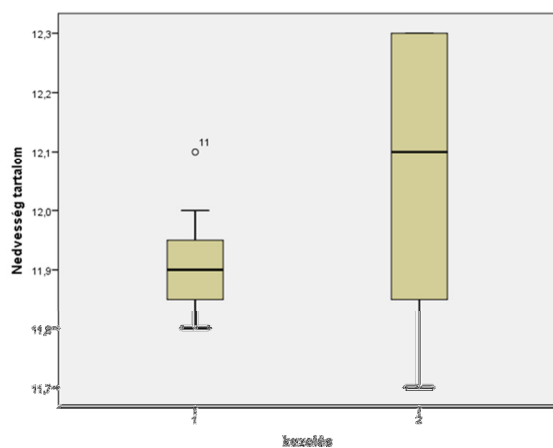


(1 – kezelt, 2 – kontroll)

29. ábra Ezermagtömeg szórása (2008)

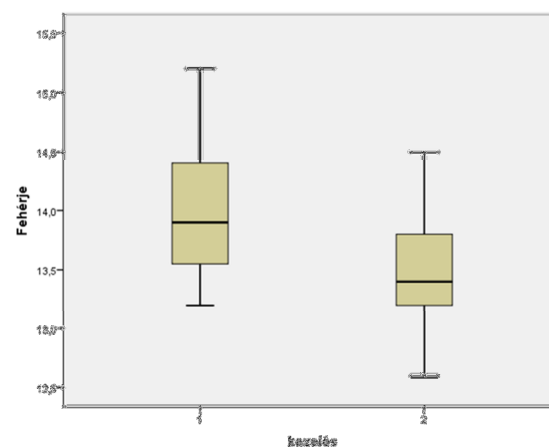
A **nedvességtartalom** mért értékeinél a kezelt és a kontroll esetében nem jelentős az eltérés az átlagok között (kezelt parcella 11,91 % kontroll parcella 12,06%). A nedvesség esetében egy kiugró értéket mértem, a minták többi részének szórása keskeny sávban történt, ellentétben a kontroll parcellán mért nedvesség eredményeknél (30. ábra).

A **fehérje %** eredményei: kezelt parcella 14,01 %, a kontroll 13,49 %, közel azonos standard szórás mellett (kezelt parcella 0,58, kontroll parcella 0,48). A fehérje % megoszlása a kezelt és kontroll parcella esetében is hasonló volt, mindkét esetben a minták fele az alsó minimum értékhez volt közelebb. A kezelt parcella esetében a maximum és minimum érték 13,2%-15,2%, míg a kontroll esetében 12,6%-14,5% között változott, tehát a két parcella között fehérje tartalom esetében eltérést tapasztaltam az átlagok tekintetében, de a minták szórása parcellán belül hasonlóságot mutat (31. ábra).



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

30. ábra Nedvességtartalom szórása (2008)

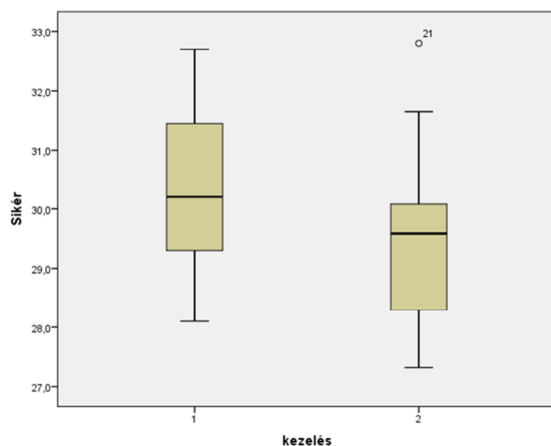


(1 – kezelt, 2 – kontroll)

31. ábra Fehérje % szórása (2008)

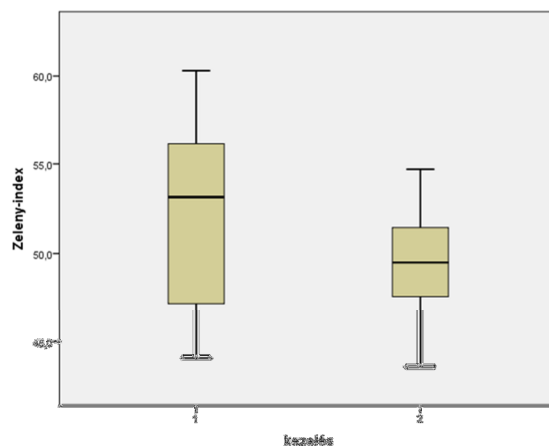
A **sikér %** eredményei (32. ábra) azt mutatják, hogy a kezelt és kontroll parcella hasonlóan teljesített, érdemi különbség nem látható. A minimum és maximum értékek ugyan a kezelt parcella (28,1% – 32,7%) esetében kedvezőbb képet mutatna, de a különbség nem számottevő a kontroll parcellához képest (27,3%-32,8%). Sikért tekintetében a kísérleti terület a kezelt és kontroll területe egyaránt homogénnek tekinthető.

A **Zeleny-index** alakulását a 33. ábra mutatja, ahol látható, hogy a kezelt területről származó minták **szórása** szélesebb sávban történik, de értékei magasabbak. Ennek ellenére szignifikáns különbség nem mutatható ki a kezelés hatására. A maximum érték 44,1 volt, a minimum 60,3. A kontroll parcella esetében a 43,6-54,7 között mozogtak az eredmények. A Zeleny-index esetében mindkét parcella adatai szimmetrikus eloszlásúak.



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

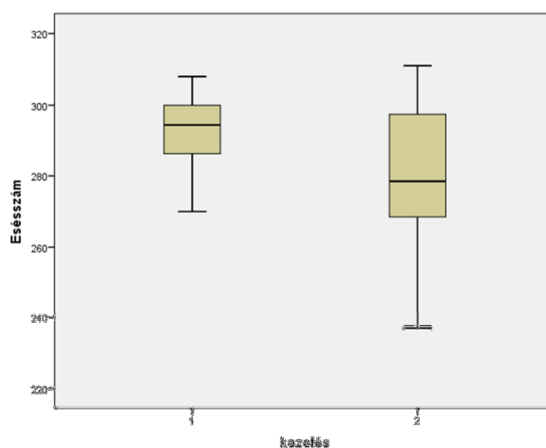
32. ábra Sikér % szórása (2008)



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

33. ábra Zeleny-index szórása (2008)

Az **esésszám szórás**t vizsgálva a 34. ábrán jól látható, hogy bár a maximum értékek igen közel vannak egymáshoz, hiszen a kezelt parcella esetében 308, még a kontroll parcella 311, de a kezelt parcella minimum értéke (270) nagyobb, mint a kontroll parcelláé (237), ebből adódóan az esésszám átlaga a kezelt parcella esetében magasabb 292,2. A minták szórása között is látható a különbség, a kezelt parcella egységesebb (standard szórása 10,84), míg a kontroll parcella mintái nagyobb sávban mozognak (standard szórás 22,393).



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

34. ábra Esésszám szórása (2008)

4.4. A 2010-es kísérleti év elemzése

A 2010-es év a kezelés második éve volt, a csapadék mennyisége alapján átlagos évjáratnak tekinthető. A **terméshozam** a 2007-es és 2008-as évekhez képest magasabb volt, a kezelt területen átlagosan 3,98 t/ha volt 0,71 standard szórás mellett, míg a kontroll terület magasabb terméseredményt mutatott 0,34 standard szórással (19. táblázat).

Az **ezermagtömeg** értékei között jelentős eltérés nem tapasztalható. Kezelt területen 41,81, míg a kontroll területen 41,63 volt. A nedvességtartalom a kezelt területen nem mutatott jelentős változatosságot. A kezelt területről learatott gabona átlagos nedvesség tartalma 13,85% volt, 0,24 standard szórás mellett, míg a kontroll esetében a nedvesség 14,16% volt, 0,23 standard szórás mellett.

A **fehérje %** adatait vizsgálva a kezelt parcella mintái magasabb átlagos fehérje mennyiséget mutattak (12,38%), mint a kontroll parcelláról származó minták. A kezelt terület mintáinak a fehérje %-a 95%-os konfidencia intervallum melletti 11,95% – 12,80% minimum és maximum értékek között mozgott. A kontroll parcella esetében ezek az értékek 11,25% - 12,25% között mozogtak.

A **sikér %** átlagos értékei, a fehérje %-hoz hasonlóan – a kezelt parcella termésének volt magasabb 27,76%. A kontroll parcellán termelt búzának 26,70 % volt az átlagos sikértartalma. Az kezelt és a kontroll terület sikér %-a közötti eltérés nem jelentős.

A **Zeleny-index** esetében a két parcella hasonlóan teljesített. A kezelt parcella mintáinak eredménye 95%-os konfidencia intervallum mellett 42,665 minimum és 45,673 maximum érték között, míg a kontroll parcellán 40,93 – 44,30 értékek között mozogtak. Átlagos csapadék mennyiségű évjárat esetén a kezelés hatására a Zeleny-index esetén nem tapasztaltam a kezelt és a kontroll terület között jelentős eltérést.

Az esésszám esetében is a többi minőségi paraméterhez hasonlóan a kezelt parcellán termelt búza értékei voltak magasabbak, itt az átlagos esésszám 271,81 volt, míg a kontroll parcella esetében ez az érték 268,13.

A 2010-es évről megállapítható, hogy a nedvesség % és egyes minőségi paraméterek tekintetében volt eltérés a kezelt és a kontroll terület között. Az átlagos évjárat a termés minőségi paramétereinek egy részét kiegyenlítetté tette, az alacsonyabb termésátlagot mutató kezelt parcella esetében a fehérje %, sikér %, Zeleny-index, az esésszám egyaránt magasabb volt.

19. táblázat Leíró statisztikai elemzés, 2010 (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.)

| Megnevezés | | Átlag | Std. szórás | Std. hiba | 95% Konfidencia intervallum mellett | | Minimum | Maximum |
|------------------------------|----------|--------|-------------|-----------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | | | Minimum | Maximum | | |
| Termésátlag (t/ha) ns. | kezelt | 3,98 | 0,71 | 0,18 | 3,60 | 4,36 | 2,20 | 4,90 |
| | kontroll | 4,09 | 0,34 | 0,09 | 3,91 | 4,27 | 3,40 | 4,80 |
| | Összesen | 4,03 | 0,55 | 0,10 | 3,83 | 4,23 | 2,20 | 4,90 |
| Ezermagtömeg (g) ns. | kezelt | 41,81 | 1,17 | 0,29 | 41,19 | 42,43 | 40,00 | 44,00 |
| | kontroll | 41,63 | 1,71 | 0,43 | 40,71 | 42,54 | 39,00 | 45,00 |
| | Összesen | 41,72 | 1,44 | 0,26 | 41,20 | 42,24 | 39,00 | 45,00 |
| Nedvesség-tartalom (%) ** | kezelt | 13,85 | 0,24 | 0,06 | 13,72 | 13,98 | 13,50 | 14,30 |
| | kontroll | 14,16 | 0,23 | 0,06 | 14,03 | 14,28 | 13,80 | 14,60 |
| | Összesen | 14,00 | 0,28 | 0,05 | 13,90 | 14,11 | 13,50 | 14,60 |
| Fehérje(%) * | kezelt | 12,38 | 0,79 | 0,20 | 11,95 | 12,80 | 11,50 | 14,20 |
| | kontroll | 11,73 | 0,91 | 0,23 | 11,25 | 12,22 | 10,20 | 13,50 |
| | Összesen | 12,05 | 0,90 | 0,16 | 11,73 | 12,38 | 10,20 | 14,20 |
| Sikér (%) ns. | kezelt | 27,76 | 1,50 | 0,38 | 26,96 | 28,56 | 25,10 | 30,75 |
| | kontroll | 26,70 | 1,71 | 0,43 | 25,79 | 27,61 | 23,50 | 29,35 |
| | Összesen | 27,23 | 1,67 | 0,30 | 26,63 | 27,83 | 23,50 | 30,75 |
| Zeleny-index ns. | kezelt | 44,17 | 2,82 | 0,71 | 42,67 | 45,67 | 39,50 | 49,30 |
| | kontroll | 42,61 | 3,16 | 0,79 | 40,93 | 44,30 | 38,30 | 50,20 |
| | Összesen | 43,39 | 3,05 | 0,54 | 42,29 | 44,49 | 38,30 | 50,20 |
| Esésszám ns. | kezelt | 271,81 | 15,67 | 3,92 | 263,46 | 280,16 | 235,00 | 293,00 |
| | kontroll | 268,13 | 17,25 | 4,31 | 258,93 | 277,32 | 234,00 | 295,00 |
| | Összesen | 269,97 | 16,32 | 2,88 | 264,09 | 275,85 | 234,00 | 295,00 |

A varianciaanalízis (20. táblázat) adataiból megállapítható, hogy kezelés hatására szignifikáns különbség (0,05 %-os szignifikancia szint mellett) a nedvesség % és a fehérje % között volt kimutatható.

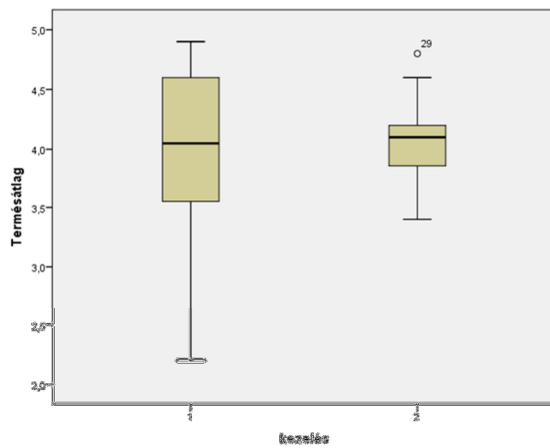
A termésátlag, ezermagtömeg, sikér %, Zeleny-index és az esésszám tekintetében a kezelés hatására szignifikáns eltérés nem volt kimutatható.

20. táblázat Varianciaanalízis (2010)

| Megnevezés | | Eltérés négyzetösszege | df | Eltérés négyzet | F | Sig. |
|----------------------------|----------------------|---------------------------|----|--------------------|--------|-------|
| Termésátlag (t/ha) | Csoportok közötti | 0,095 | 1 | 0,095 | 0,304 | 0,585 |
| | Csoporton belüli | 9,33 | 30 | 0,311 | | |
| | Össz. | 9,424 | 31 | | | |
| Ezermagtömeg (g) | Csoportok közötti | 0,281 | 1 | 0,281 | 0,131 | 0,719 |
| | Csoporton belüli | 64,188 | 30 | 2,14 | | |
| | Össz. | 64,469 | 31 | | | |
| Nedvesség- tartalom (%) | Csoportok közötti | 0,75 | 1 | 0,75 | 13,092 | 0,001 |
| | Csoporton belüli | 1,719 | 30 | 0,057 | | |
| | Össz. | 2,47 | 31 | | | |
| Fehérje (%) | Csoportok közötti | 3,315 | 1 | 3,315 | 4,541 | 0,041 |
| | Csoporton belüli | 21,904 | 30 | 0,73 | | |
| | Össz. | 25,22 | 31 | | | |
| Sikér (%) | Csoportok közötti | 8,925 | 1 | 8,925 | 3,448 | 0,073 |
| | Csoporton belüli | 77,663 | 30 | 2,589 | | |
| | Össz. | 86,589 | 31 | | | |
| Zeleny-index | Csoportok közötti | 19,375 | 1 | 19,375 | 2,158 | 0,152 |
| | Csoporton belüli | 269,372 | 30 | 8,979 | | |
| | Össz. | 288,747 | 31 | | | |
| Esésszám | Csoportok közötti | 108,781 | 1 | 108,781 | 0,401 | 0,532 |
| | Csoporton belüli | 8144,188 | 30 | 271,473 | | |
| | Össz. | 8252,969 | 31 | | | |

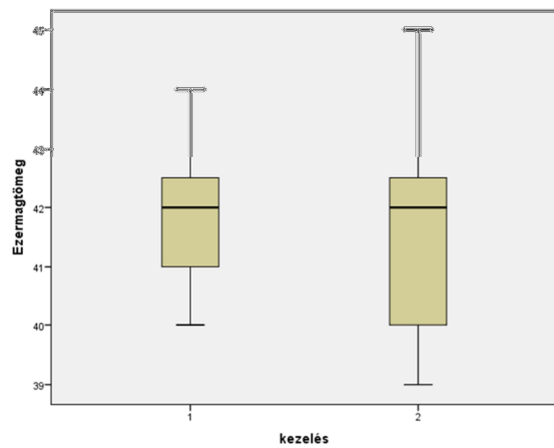
A 2010-es év **termésátlagainak** az eloszlását a 35. ábra szemlélteti, amelyből látható, hogy a kezelés hatására a terméseredmények szórása nagyobb a kontroll parcellához képest. A kezelt terület mintának fele is tágabb értékek között helyezkedik el, de a maximum értékhez közel. A kontroll parcella terméseredményei kiegyensúlyozottabbak, elhelyezkedésük szimmetrikus.

Az **ezeragtömeg** esetében a kontroll parcella szórása tágabb értékek között mozgott (36. ábra). Minimum érték 39, maximum érték 45. A kezelés hatására a szórás csökkent, de a maximum (44) érték elmaradt a kontroll parcellán mért értékektől.



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

35. ábra Termésátlag szórása (2010)

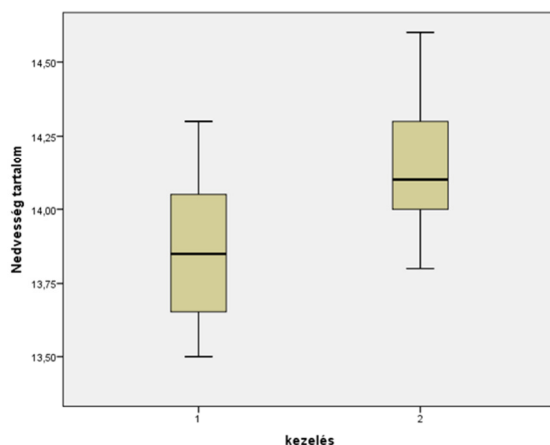


(1 – kezelt, 2 – kontroll)

36. ábra Ezermagtömeg (g) szórása (2010)

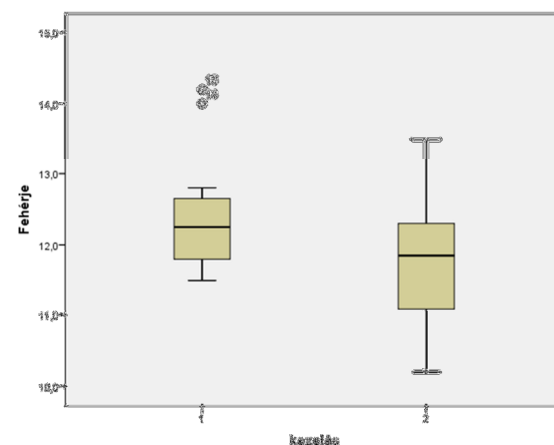
A **nedvességtartalom** esetében a kezelt terület nedvesség %-a alacsonyabb értékek között mozgott (14,30% - 13,50%), mint a kontroll parcella (14,29% – 13,80%) területén mért értékek. A szórásokat vizsgálva megállapítható, hogy a kezelt és a kezeletlen terület esetében is a minták standard szórása megegyezik, tehát a nedvességtartalom tekintetében a tábla ebben az évben viszonylag homogén volt az eloszlás tekintetében is (37. ábra).

A **fehérje %** szórása (38. ábra) a kezelt parcella esetében szűkebb sávon belül mozgott, 95%-os konfidencia szint mellett 12,80% – 11,95% között. Két kiugró értéket mértem, amely közül a legnagyobb 14,20%. Jól látható, hogy a minták alsó és felső kvartilise igen szűk, ellentétben a kontroll parcellán mért eredményekhez képest. A kontroll parcella esetében a mért értékek 12,2%-10,2% között mozgottak. A minták eloszlását vizsgálva megállapítható, hogy a két kvartilis és a minták fele arányos egymáshoz képest.



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

37. ábra Nedvességtartalom szórása (2010)



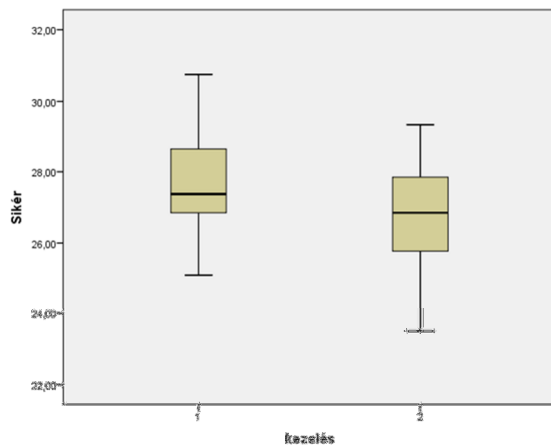
(1 – kezelt, 2 – kontroll)

38. ábra Fehérje % szórása (2010)

A **sikér %** egyértelműen a kezelt parcellán mutatott jobb eredményeket. A minták eloszlása a 30,75% - 28,56% között található. A minták elhelyezkedése mind a kezelt, mind a kontroll esetében szimmetrikus (39. ábra). A minták fele a felső és alsó kvartilis szélső értékeitől egyenlő távolságban található. A kontroll parcella szórás tekintetében nem mutat jelentős különbséget.

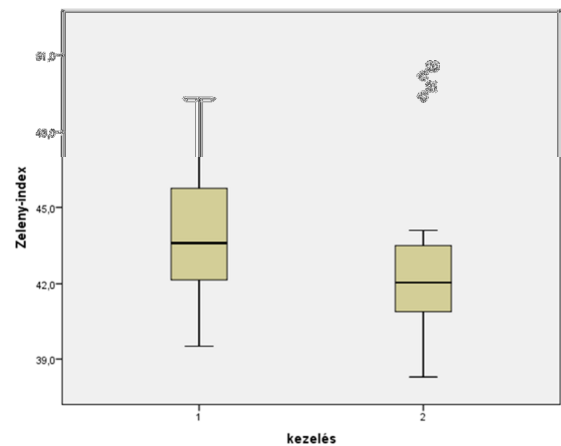
A **Zeleny-index** esetében megállapítható, hogy a kezelt területen a kontrollhoz képest magasabb maximum érték mellett (49,30) nagyobb (2,82) standard szórást mutatott. Ez azt jelenti, hogy bár a Zeleny-index értéke magasabb átlagos értéket ért el (44,17), de a minták szórása szélesebb sávot ölelt fel, tehát a Zeleny-index eloszlása alapján a kezelt terület heterogén (40. ábra). A

kontroll terület standard szórása (3,16), amely azzal magyarázható, hogy a szórás számítása estében az ábrán látható két kiugró érték is részt vesz a szórás kialakításában. Ezért tartom fontosnak, hogy a statisztikai elemzések során az átlagos érték mellett a kiugró és az extrém kiugró értékeket is megfelelően kezeljük, tisztában legyünk ezen értékek átlagmódosító hatásával.



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

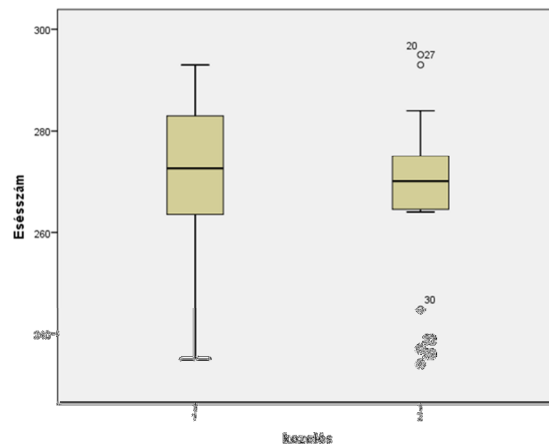
39. ábra Sikér % szórása (2010)



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

40. ábra Zeleny-index szórása (2010)

Az **esésszám** reagált legérzékenyebben a kezelés hatására. A kezelt és a kontroll parcella között, eltérés tapasztalható mind a minták szórása, mind elhelyezkedésük tekintetében (41. ábra). A kezelt parcella mintái 235-293 értékek között helyezkedtek el, 15,67 standard szórás mellett. A kontroll parcella esetében magasabb a szórás (17,25). Az átlagos értéket a számos kiugró érték torzítja. A kiugró értékek (234-295) nélkül az esésszám szórása jelentősen kisebb.



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

41. ábra Esésszám szórása (2010)

4.5. A 2011-es kísérleti év elemzése

A vizsgált időszak utolsó éve (2011) évjárat szempontjából – csakúgy, mint a 2010-es év – átlagos volt. A hozamok esetében a kezelt parcella termésátlaga alacsonyabb volt, mint a kontroll parcelláé. A 2011-es évben az átlagtermése 3,78 t/ha volt a kezelt parcellának, a kontroll parcellának 4,22 t/ha (21. táblázat). A kezelt parcella 95%-os konfidencia intervallum mellett 3,39 t/ha minimum és 4,16 t/ha maximum értékek között mozgott, a kontroll parcella esetében 4,08 t/ha minimum és 4,36 t/ha maximum értékek között mozogtak a minták. Az ezermagtömeg esetében jelentős különbséget nem tapasztaltam a kezelt és a kontroll parcella között. A nedvességtartalom esetében is elmondható ez, ahol a kezelt parcella 13,74, a kontroll parcella 13,93 átlagos értéket mutatott, hasonló standard szórás mellett.

A fehérje % értéke a kezelt területen volt magasabb, 13,71% 1,23 standard szórás mellett. A minták 95%-os konfidencia intervallum mellett 13,57% - 13,91% között oszlottak meg. A kontroll parcella átlagos fehérje %-a 12,58% volt, 0,44 standard szórás mellett. A minimum értéke 95%-os konfidencia intervallum mellett a fehérje %-nak 12,34%, míg a maximum 12,81% volt.

A sikér % esetében is a két parcella hasonló értékeket ért el. A kezelt parcella átlagos sikértartalma 29,48%, míg a kontroll parcella 28,23%. A kezelt parcella esetében ismét nagyobb a szórás értéke (1,47). Amennyiben megvizsgáljuk a minták minimum és maximum értékét 95%-os konfidencia intervallum mellett, akkor látható, hogy a kezelt parcella 28,70%-30,27% között mozgott, addig a kontroll parcella 27,83%-28,63%-os minimum és maximum értékek között változott.

A Zeleny-index tekintetében a kezelt parcella 2,22 standard szórás mellett 45,76 átlagos teljesítményt mutatott, a kontroll parcella 43,54 értékével szemben. A kontroll parcella szórása 2,58 volt, így a szórás között jelentős eltérés nem tapasztalható.

A legérzékenyebben, csakúgy, mint az előző években az esésszám reagál a kezelésre. A kezelt parcella átlagos esésszáma 258 volt, míg a kontroll parcella 247,50-es értéket ért el. A standard szórások között jelentős eltérést tapasztaltam. A kezelt parcella standard szórása 9,30 a kontroll parcella ugyanezen paramétere 34,17, amely azt jelenti, hogy a kontroll parcella esésszám tekintetében igen heterogén. Ezt támasztja alá a 95%-os konfidencia intervallumban 229,29 minimum és 265,71 maximum érték.

21. táblázat Leíró statisztikai elemzés, 2011 (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.)

| Megnevezés | | Átlag | Std. szórás | Std. hiba | 95% Konfidencia intervallum mellett | | Minimum | Maximum |
|-------------------------------|----------|--------|-------------|-----------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | | | Minimum | Maximum | | |
| Termésátlag (t/ha) * | kezelt | 3,78 | 0,72 | 0,18 | 3,39 | 4,16 | 1,90 | 4,70 |
| | kontroll | 4,22 | 0,26 | 0,07 | 4,08 | 4,36 | 3,80 | 4,70 |
| | Összesen | 4,00 | 0,58 | 0,10 | 3,79 | 4,21 | 1,90 | 4,70 |
| Ezermagtömeg (g) ns. | kezelt | 41,25 | 1,57 | 0,39 | 40,41 | 42,09 | 38,00 | 44,00 |
| | kontroll | 40,88 | 1,26 | 0,32 | 40,20 | 41,55 | 38,00 | 43,00 |
| | Összesen | 41,06 | 1,41 | 0,25 | 40,55 | 41,57 | 38,00 | 44,00 |
| Nedvesség-tartalom (%) ns. | kezelt | 13,74 | 0,32 | 0,08 | 13,57 | 13,91 | 13,40 | 14,30 |
| | kontroll | 13,93 | 0,21 | 0,05 | 13,82 | 14,04 | 13,60 | 14,30 |
| | Összesen | 13,83 | 0,29 | 0,05 | 13,73 | 13,94 | 13,40 | 14,30 |
| Fehérje (%) ** | kezelt | 13,71 | 1,23 | 0,31 | 13,05 | 14,36 | 11,90 | 15,40 |
| | kontroll | 12,58 | 0,44 | 0,11 | 12,34 | 12,81 | 11,80 | 13,50 |
| | Összesen | 13,14 | 1,08 | 0,19 | 12,75 | 13,53 | 11,80 | 15,40 |
| Sikér (%) ** | kezelt | 29,48 | 1,47 | 0,37 | 28,70 | 30,27 | 27,15 | 32,45 |
| | kontroll | 28,23 | 0,75 | 0,19 | 27,83 | 28,63 | 26,55 | 29,35 |
| | Összesen | 28,86 | 1,32 | 0,23 | 28,38 | 29,33 | 26,55 | 32,45 |
| Zeleny-index * | kezelt | 45,76 | 2,22 | 0,56 | 44,58 | 46,95 | 42,60 | 51,40 |
| | kontroll | 43,54 | 2,59 | 0,65 | 42,17 | 44,92 | 41,00 | 50,00 |
| | Összesen | 44,65 | 2,63 | 0,46 | 43,71 | 45,60 | 41,00 | 51,40 |
| Esésszám *** | kezelt | 285,00 | 9,31 | 2,33 | 280,04 | 289,96 | 275,00 | 305,00 |
| | kontroll | 247,50 | 34,17 | 8,54 | 229,29 | 265,71 | 165,00 | 298,00 |
| | Összesen | 266,25 | 31,14 | 5,51 | 255,02 | 277,48 | 165,00 | 305,00 |

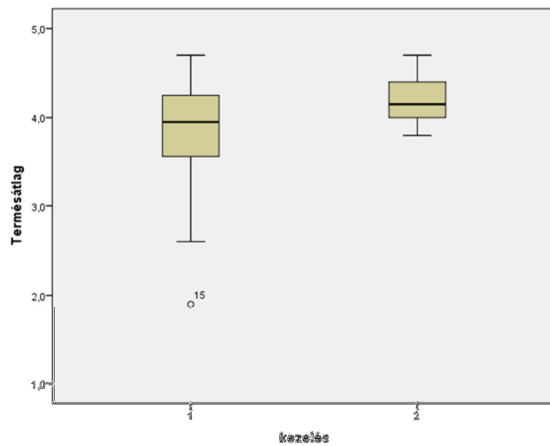
A varianciaanalízis (22. táblázat) alapján megállapítható, hogy a 2011-es évben (0,05 %-os szignifikancia szint mellett) szignifikánsan eltért a kezelt és a kontroll parcella termésátlag, nedvességtartalom, fehérje %, sikér %, Zeleny-index és esésszám esetében, míg az ezermagtömeg nem mutatott szignifikáns eltérést.

22. táblázat Varianciaanalízis (2011)

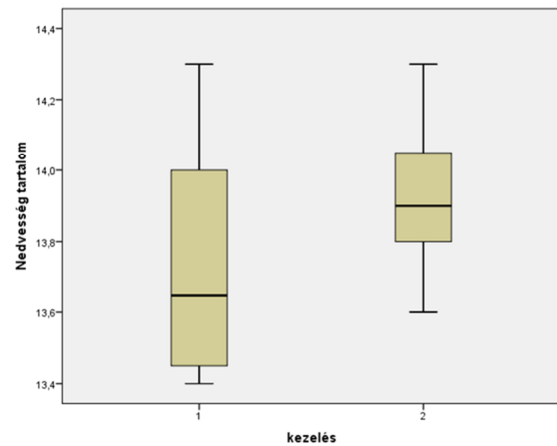
| Megnevezés | | Eltérés négyzetösszege | df | Eltérés négyzet | F | Sig. |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|----|--------------------|--------|-------|
| Termésátlag (t/ha) | Csoportok közötti | 1,575 | 1 | 1,575 | 5,398 | 0,027 |
| | Csoporton belüli | 8,754 | 30 | 0,292 | | |
| | Össz. | 10,33 | 31 | | | |
| Ezermagtömeg (g) | Csoportok közötti | 1,125 | 1 | 1,125 | 0,556 | 0,462 |
| | Csoporton belüli | 60,75 | 30 | 2,025 | | |
| | Össz. | 61,875 | 31 | | | |
| Nedvesség tartalom (%) | Csoportok közötti | 0,3 | 1 | 0,3 | 4,037 | 0,054 |
| | Csoporton belüli | 2,232 | 30 | 0,074 | | |
| | Össz. | 2,532 | 31 | | | |
| Fehérje (%) | Csoportok közötti | 10,238 | 1 | 10,238 | 11,96 | 0,002 |
| | Csoporton belüli | 25,679 | 30 | 0,856 | | |
| | Össz. | 35,917 | 31 | | | |
| Sikér (%) | Csoportok közötti | 12,625 | 1 | 12,625 | 9,22 | 0,005 |
| | Csoporton belüli | 41,078 | 30 | 1,369 | | |
| | Össz. | 53,704 | 31 | | | |
| Zeleny-index | Csoportok közötti | 39,383 | 1 | 39,383 | 6,771 | 0,014 |
| | Csoporton belüli | 174,497 | 30 | 5,817 | | |
| | Össz. | 213,88 | 31 | | | |
| Esésszám | Csoportok közötti | 11250 | 1 | 11250 | 17,941 | 0 |
| | Csoporton belüli | 18812 | 30 | 627,067 | | |
| | Össz. | 30062 | 31 | | | |

A **termésátlag** szórását a 42. ábra szemlélteti, amelyből jól látszik, hogy a kezelt parcella szórása nagyobb (0,72), amely és egy kiugró értéket mutató minta 1,9 t/ha-os hozamot teljesített. A szórásokat vizsgálva a kezelt parcella esetében, a kontroll parcella 0,26 volt. A minták szórásáról megállapítható, hogy az alsó kvartilis nagyobb, mint a felső kvartilis, tehát a minimum értékhez közeli minták negyede nagyobb szórásban oszlik meg, mint a minták másik negyede, amely a maximum értékhez közeli. A kontroll parcella szórása szűkebb sávban mozog mind a két kvartilis, mind a minták felét illetően.

A **nedvességtartalom** maximum értékei megegyeznek a kezelt és a kontroll parcella esetében egyaránt 14,3%, de a két szórás között eltérés tapasztalható.(43. ábra) A minták alsó negyede szűk értéktartományban mozog a kezelt parcella esetében, míg a minták felének és a felső kvartilisen elhelyezkedő értékeknek a szórása nagy. A kontroll parcella szórását tekintve egyenletes eloszlású.



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

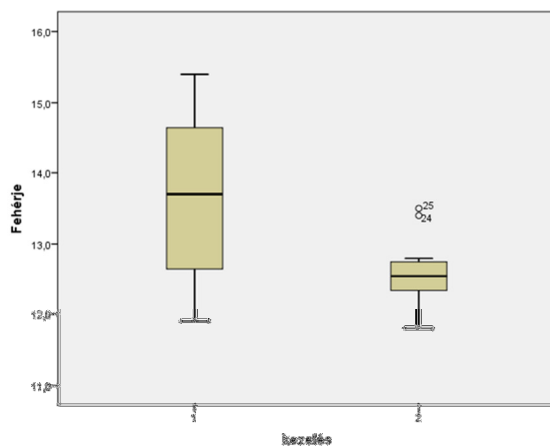
42. ábra Termésátlag szórása
(2007, 2008, 2010, 2011)

(1 – kezelt, 2 – kontroll)

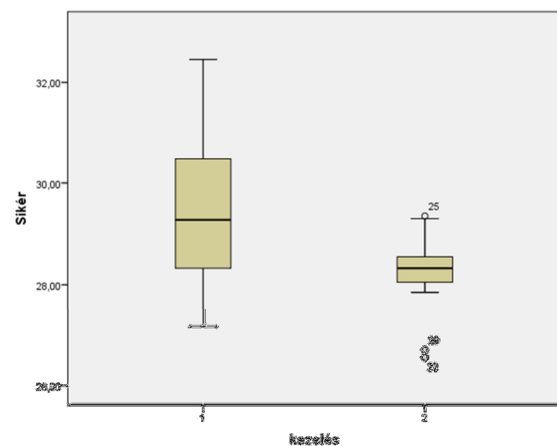
43. ábra Termésátlag szórása
(2007, 2008, 2010, 2011)

A **fehérje %** szórásának eredményei között jelentős különbséget tapasztaltam a kezelt és a kontroll parcella között (44. ábra). A kezelt parcella szórása nagyobb, a szórás kúpéról megállapítható, hogy szimmetrikus. A kontroll parcella szórás kifejezetten szűk intervallumban történt, a felső kvartilisra ez még inkább jellemző, két kiugró maximum értéket is mértem, melyek közül a legmagasabb 13,5%.

A fehérje % szórásához hasonló képet kaptam a **siker %** esetében is, ahol a kezelt parcella adatai nagyobb szórással rendelkeztek, a szórás eloszlás szimmetrikus (45. ábra). A kontroll parcella esetében három kiugró adat befolyásolta az átlagos siker %-ot, negatív irányba. A minták fele itt is szűk értékek között szóródott.



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

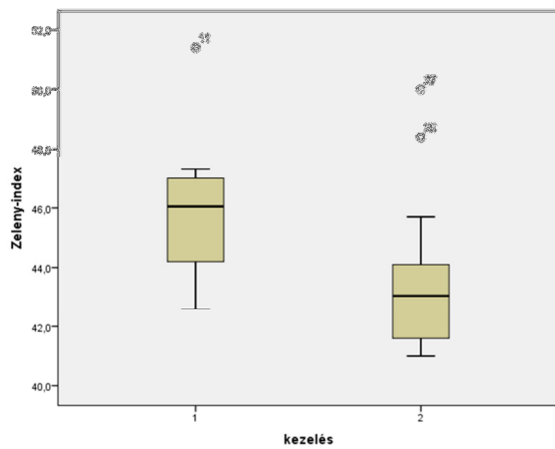
44. ábra Termésátlag szórása
(2007, 2008, 2010, 2011)

(1 – kezelt, 2 – kontroll)

45. ábra Termésátlag szórása
(2007, 2008, 2010, 2011)

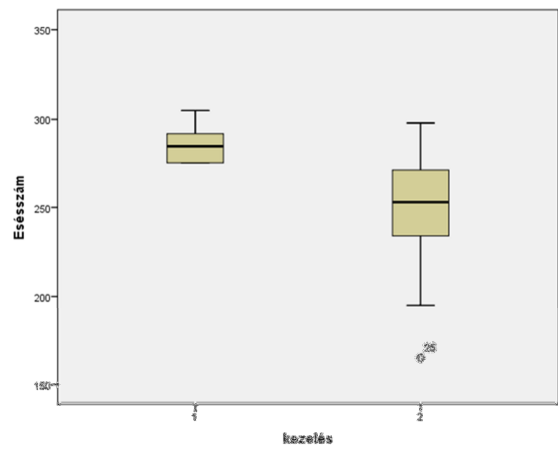
A **Zeleny-index** szórását a 46. ábra szemlélteti, amely alapján elmondható, hogy a kezelt parcella jobban teljesített, mint a kontroll. A szórás eloszlása a minták kétharmadának a maximum értékhez közelít. Egy kiugró értéket mértem, ahol 51,4 volt a Zeleny-index. A kontroll parcella esetében a szórás értékét tekintve hasonló volt, mint a kezelt parcellánál, de minimum és maximum értékei is alacsonyabbak, mint a kezelt terület esetében. A kontroll parcella területén is volt két kiugró minta, így a maximális érték ezen a területen 50,0 volt.

A sütőipari minőségi paraméterek közül az **esésszám** reagált a legérzékenyebben a kezelésre. Ahogy a 47. ábrán látható, a kezelt terület szórása jóval alacsonyabb (9,3), mint a kontroll területé (34,17). A kontroll terület értékeinek szóródása szimmetrikus, egy kiugró minimum értéket mértem (165).



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

46. ábra Termésátlag szórása
(2007, 2008, 2010, 2011)



(1 – kezelt, 2 – kontroll)

47. ábra Termésátlag szórása
(2007, 2008, 2010, 2011)

4.6. Kezelések hatása

A hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatása a termésátlagra gyakorolt hatása nem egyértelmű. Aszályos 2008-as évben a kezelt terület termésátlaga 4,55 t/ha volt 1,27 standard szórás mellett, míg a kontroll parcellán 4,40 t/ha-os átlagot értünk el, amelynek standard szórása 0,87 volt (23. táblázat). A két terület közötti átlagos termésátlag eltérés csupán 2% volt. A szórást vizsgálva megállapítható, hogy foszfor műtrágya helyspecifikus kijuttatásával aszályos évben a termésátlag szórása nem csökkent. A termésátlag térbeli változatosságának okát a talajtani adottságok határozhatják meg, amelyek közül is a talaj vízháztartási jellemzői lehetnek a legnagyobb hatással a termés mennyiségére. Ezt támasztja alá, hogy a termésátlagokat tekintve a kezelt parcellán alacsonyabb lett a termésátlag átlagos évjáratokban. A 2010-es évben a kezelt területen 3,98 t/ha, a 2011-es évben 3,78 t/ha –os volt a termésátlag, míg a kontroll parcellán 2010-ben 4,09 t/ha, 4,22 t/ha 2011-ben. A különbségeket vizsgálva jól látható, hogy azok a vizsgált átlagos évjáratokban sem jelentősek a termésátlagok vonatkozásában. A három év átlagát tekintve a termésátlag kezelt területen 4,10 t/ha 0,97 standard szórás mellett, míg a kontroll parcella esetében 4,24 t/ha, amely érték standard szórása 0,56. Amennyiben a 2007-es alapmintavétel évét megvizsgáljuk, azt tapasztaljuk, hogy a két parcella közötti termésátlagban 31%-kal a kontroll parcella átlaga volt magasabb, a kezelésre kijelölt terület standard szórása 0,89, míg a kontroll terület 1,10 standard szórással rendelkezett. A 2007-es év átlagterméséhez viszonyítva tehát a hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatása után, a kezelt és a kontroll parcella közötti termésátlag különbség csökkent. Mindezek mellett megállapítható, hogy a kezelés hatására a szórás nem csökkent a termés mennyiség tekintetében, hanem a kontroll parcellához képest is növekedett. Ez azt jelentheti, hogy a területen vannak olyan talajfoltok, ahol a talajtani, mikrodomborzati adottságok lehetővé teszik a hozam növelését, de bizonyos részek esetében a hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatása nem indokolt, mivel a hozamon keresztül a többlet ráfordítás nem térül meg. Az okok feltárására további vizsgálatok indokoltak.

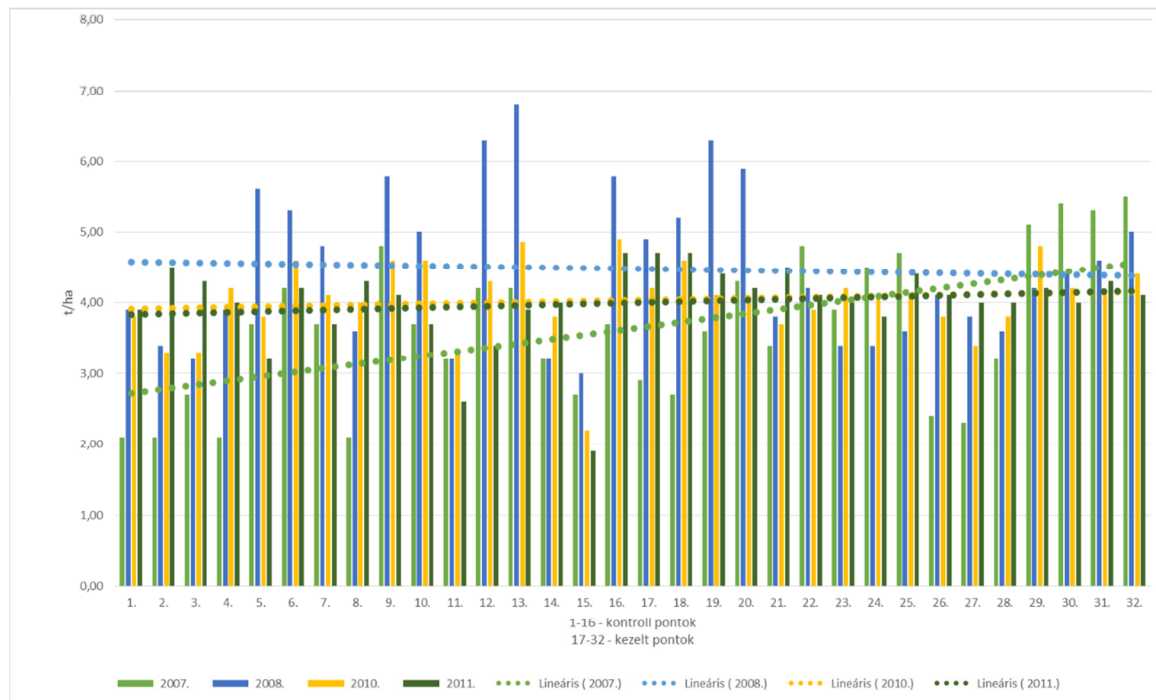
Az ezermagtömeg értékei alapján megállapítható, hogy a kezelt és kontroll terület ezermagtömege 1%-os különbséget sem éri el a kezelés három éve átlagában. A termés nedvességtartalma esetében is a két terület közötti különbség 2,5 % alatt marad. A termés nedvességtartalma közötti különbséget a lehulló csapadék kivül véleményem szerint a mikrodomborzati adottságok határozhatják meg.

Mint azt már korábban megállapítottam jelentős termésátlag különbség nem volt tapasztalható a kezelés hatására, de a minőségi paraméterek tekintetében valamennyi évben a kezelt terület teljesített jobban. A kezelés három évének átlagában fehérje 6%-kal, sikkér 3,5%-kal, Zeleny-index 4,7%-kal, valamint az esésszám 6,7%-kal volt magasabb a kezelt parcellán, mint a kontroll esetében. A standard szórás fehérje, sikkér, Zeleny-index esetében a 2008-2011 között a kezelt parcella esetében volt magasabb, egyedül az esésszám esetében volt a kontroll parcella standard szórása 28,40, míg a kezelt területen csupán 14,70.

23. táblázat Leíró statisztikai elemzés – kontroll és kezelt parcellák (2008-2011) (N=32)

| | | Átlag | | Std. Szórás | | Minimum | | Maximum | |
|----------------------------|-------|----------|--------|-------------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | | kontroll | kezelt | kontroll | kezelt | kontroll | kezelt | kontroll | kezelt |
| Termésátlag | 2008 | 4,40 | 4,55 | 0,87 | 1,27 | 3,40 | 3,00 | 6,30 | 6,80 |
| | 2010 | 4,09 | 3,98 | 0,34 | 0,71 | 3,40 | 2,20 | 4,80 | 4,90 |
| | 2011 | 4,22 | 3,78 | 0,26 | 0,72 | 3,80 | 1,90 | 4,70 | 4,70 |
| | Össz. | 4,24 | 4,10 | 0,56 | 0,97 | 3,40 | 1,90 | 6,30 | 6,80 |
| Ezermagtömeg (g) | 2008 | 40,00 | 40,60 | 1,69 | 1,91 | 37,10 | 37,40 | 42,30 | 43,90 |
| | 2010 | 41,63 | 41,81 | 1,71 | 1,17 | 39,00 | 40,00 | 45,00 | 44,00 |
| | 2011 | 40,88 | 41,25 | 1,26 | 1,57 | 38,00 | 38,00 | 43,00 | 44,00 |
| | Össz. | 40,83 | 41,22 | 1,67 | 1,62 | 37,10 | 37,40 | 45,00 | 44,00 |
| Nedvesség- tartalom (%) | 2008 | 12,06 | 11,91 | 0,22 | 0,09 | 11,70 | 11,80 | 12,30 | 12,10 |
| | 2010 | 14,16 | 13,85 | 0,23 | 0,24 | 13,80 | 13,50 | 14,60 | 14,30 |
| | 2011 | 13,93 | 13,74 | 0,21 | 0,32 | 13,60 | 13,40 | 14,30 | 14,30 |
| | Össz. | 13,38 | 13,17 | 0,98 | 0,93 | 11,70 | 11,80 | 14,60 | 14,30 |
| Fehérje (%) | 2008 | 13,49 | 14,01 | 0,48 | 0,58 | 12,60 | 13,20 | 14,50 | 15,20 |
| | 2010 | 11,73 | 12,38 | 0,91 | 0,79 | 10,20 | 11,50 | 13,50 | 14,20 |
| | 2011 | 12,58 | 13,71 | 0,44 | 1,23 | 11,80 | 11,90 | 13,50 | 15,40 |
| | Össz. | 12,60 | 13,36 | 0,96 | 1,14 | 10,20 | 11,50 | 14,50 | 15,40 |
| Sikér (%) | 2008 | 29,46 | 30,24 | 1,53 | 1,35 | 27,30 | 28,10 | 32,80 | 32,70 |
| | 2010 | 26,70 | 27,76 | 1,71 | 1,50 | 23,50 | 25,10 | 29,40 | 30,80 |
| | 2011 | 28,23 | 29,48 | 0,75 | 1,47 | 26,60 | 27,20 | 29,40 | 32,50 |
| | Össz. | 28,13 | 29,16 | 1,78 | 1,76 | 23,50 | 25,10 | 32,80 | 32,70 |
| Zeleny-index | 2008 | 49,43 | 52,13 | 2,79 | 5,40 | 43,60 | 44,10 | 54,70 | 60,30 |
| | 2010 | 42,61 | 44,17 | 3,16 | 2,82 | 38,30 | 39,50 | 50,20 | 49,30 |
| | 2011 | 43,54 | 45,76 | 2,59 | 2,22 | 41,00 | 42,60 | 50,00 | 51,40 |
| | Össz. | 45,20 | 47,35 | 4,14 | 5,05 | 38,30 | 39,50 | 54,70 | 60,30 |
| Esésszám | 2008 | 279,50 | 292,19 | 22,39 | 10,83 | 237,00 | 270,00 | 311,00 | 308,00 |
| | 2010 | 268,13 | 271,81 | 17,25 | 15,67 | 234,00 | 235,00 | 295,00 | 293,00 |
| | 2011 | 247,50 | 285,00 | 34,17 | 9,31 | 165,00 | 275,00 | 298,00 | 305,00 |
| | Össz. | 265,04 | 283,00 | 28,40 | 14,70 | 165,00 | 235,00 | 311,00 | 308,00 |

A mintavételi pontok vizsgálati eredményei azt mutatták, hogy a kontroll terület 17, 18, 19, 20-as pontjai termésátlag tekintetében jóval kiegyenlítettebb eredményt mutatottak, mint a parcella többi pontja. Ez a megállapítás különösen igaz a 2008-as aszályos évre (48. ábra). Mivel az évjárat, a technológia és a fajta is konstansnak tekinthető adott évben, valószínűleg a talaj valamely tulajdonsága (mikrodomborzat, fizikai tulajdonsága) befolyásolja a hozamot.



48. ábra A kezelt és kontroll pontok termésátlagai 2008, 2010, 2011 években

A variancia analízis eredménye szerint (24. táblázat) a kezelt parcellák esetében a 2008-2011-es évben a termésátlag és ezermagtömeg tekintetében szignifikáns különbség nem volt kimutatható a kontroll és a kezelt parcella esetében sem. A F értékeke alapján látszik, hogy a kontroll parcella termésátlag tekintetében homogénebb volt, míg a kezelt terület termésátlagai tágabb hozamszintek között mozogtak.

Szignifikáns különbség mutatható ki (0,05 %-os szignifikancia szint mellett) a nedvességtartalom, fehérje %, sikér %, Zeleny-index és az esésszám esetében a kontroll és a kezelt területen egyaránt. A szignifikáns eltérések és azok foka, azt jelzi, hogy a kezelés három év évjárathatása a búza minőségi paramétereire jelentős hatást gyakorolt. A minőségi értékek vizsgálatakor a szignifikáns különbségek nem ennyire robusztusak azonos évjárat vizsgálatakor.

24. táblázat Varianciaanalízis – kontroll és kezelt parcellák (2008-2011)

| Megnevezés | | | Eltérés négyzetös szege | df | Eltérés négyzet | F | Sig. |
|--------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|----|--------------------|---------|-------|
| Termésátlag (t/ha) | kontroll ns. | Csoportok közötti | 0,788 | 2 | 0,394 | 1,259 | 0,294 |
| | | Csoporton belüli | 14,082 | 45 | 0,313 | | |
| | | Össz. | 14,87 | 47 | | | |
| | kezelt ns. | Csoportok közötti | 5,165 | 2 | 2,583 | 2,946 | 0,063 |
| | | Csoporton belüli | 39,442 | 45 | 0,876 | | |
| | | Össz. | 44,608 | 47 | | | |
| Ezermagtömeg | kontroll * | Csoportok közötti | 21,2 | 2 | 10,6 | 4,323 | 0,019 |
| | | Csoporton belüli | 110,336 | 45 | 2,452 | | |
| | | Össz. | 131,536 | 47 | | | |
| | kezelt ns. | Csoportok közötti | 11,844 | 2 | 5,922 | 2,382 | 0,104 |
| | | Csoporton belüli | 111,874 | 45 | 2,486 | | |
| | | Össz. | 123,718 | 47 | | | |
| Nedvesség tartalom(%) | kontroll *** | Csoportok közötti | 42,54 | 2 | 21,27 | 440,449 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 2,173 | 45 | 0,048 | | |
| | | Össz. | 44,713 | 47 | | | |
| | kezelt *** | Csoportok közötti | 38,103 | 2 | 19,051 | 331,41 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 2,587 | 45 | 0,057 | | |
| | | Össz. | 40,69 | 47 | | | |
| Fehérje (%) | kontroll *** | Csoportok közötti | 24,688 | 2 | 12,344 | 29,67 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 18,722 | 45 | 0,416 | | |
| | | Össz. | 43,41 | 47 | | | |
| | kezelt *** | Csoportok közötti | 24,124 | 2 | 12,062 | 14,548 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 37,309 | 45 | 0,829 | | |
| | | Össz. | 61,433 | 47 | | | |
| Sikér (%) | kontroll *** | Csoportok közötti | 61,059 | 2 | 30,529 | 15,698 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 87,513 | 45 | 1,945 | | |
| | | Össz. | 148,571 | 47 | | | |
| | kezelt *** | Csoportok közötti | 51,648 | 2 | 25,824 | 12,381 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 93,862 | 45 | 2,086 | | |
| | | Össz. | 145,51 | 47 | | | |
| Zeleny-index | kontroll *** | Csoportok közötti | 437,468 | 2 | 218,734 | 26,828 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 366,891 | 45 | 8,153 | | |
| | | Össz. | 804,359 | 47 | | | |
| | kezelt *** | Csoportok közötti | 568,013 | 2 | 284,006 | 20,247 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 631,226 | 45 | 14,027 | | |
| | | Össz. | 1199,239 | 47 | | | |
| Esésszám | kontroll ** | Csoportok közötti | 8420,167 | 2 | 4210,083 | 6,423 | 0,004 |
| | | Csoporton belüli | 29495,75 | 45 | 655,461 | | |
| | | Össz. | 37915,917 | 47 | | | |
| | kezelt *** | Csoportok közötti | 3417,125 | 2 | 1708,563 | 11,402 | 0 |
| | | Csoporton belüli | 6742,875 | 45 | 149,842 | | |
| | | Össz. | 10160 | 47 | | | |

A **termésátlagot** tekintve a vizsgált három évben a kezelt (26. táblázat) és kontroll parcella (25. táblázat) esetében sem volt szignifikáns különbség az évek között. A 2008-as év, bár aszályos volt a hozam szempontjából kritikus időszakban nagy mennyiségű csapadék hullott, így az átlagos évjáratokhoz hasonló hozamot produkált a búza.

25. táblázat Tukey-b próba (termésátlag) - kezelt parcellák (2008-2011) (a termésátlag értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--|
| | | 1 | |
| Tukey-b | 2011 | a | |
| | 2010 | a | |
| | 2008 | a | |

26. táblázat Tukey-b próba (termésátlag) - kontroll parcellák (2008-2011) (a termésátlag értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--|
| | | 1 | |
| Tukey-b | 2010 | a | |
| | 2011 | a | |
| | 2008 | a | |

Ezermagtömeg esetében a kontroll parcellán a 2008 és a 2010-es év szignifikánsan különbözött, míg a 2011-es év közbülső értékeket produkált (27. táblázat). A kezelt parcella mindhárom éve (2008, 2010, 2011) homogén volt ezermagtömeg szempontjából (28. táblázat).

27. táblázat Tukey-b próba (ezermagtömeg (g)) - kontroll parcellák (2008-2011) (az ezermagtömeg értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2008 | a | |
| | 2011 | a | b |
| | 2010 | | b |

28. táblázat Tukey-b próba (ezermagtömeg (g)) - kezelt parcellák (2008-2011) (az ezermagtömeg értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--|
| | | 1 | |
| Tukey-b | 2008 | a | |
| | 2011 | a | |
| | 2010 | a | |

A **nedvesség %** adatait vizsgálva a kontroll parcella esetében megállapítható, hogy mindhárom év szignifikáns különbséget mutat (29. táblázat). A kezelt parcella (30. táblázat) esetében a 2010 és 2011-es év hasonló volt egymáshoz, de mindkét év szignifikánsan különbözött a 2008-as évtől. A nedvesség esetében a statisztikai adatok értékeléséhez szükségesnek tartom a terület mikrodomborzatának ismeretét is, amely hatással van a termés nedvességtartalmára.

29. táblázat Tukey-b próba (nedvesség %)- kontroll parcellák (2008-2011) (a nedvesség % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2008 | a | | |
| | 2011 | | b | |
| | 2010 | | | c |

30. táblázat Tukey-b próba (nedvesség %)- kezelt parcellák (2008-2011) (a nedvesség % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2008 | a | |
| | 2011 | | b |
| | 2010 | | b |

A **fehérje %** eredményeit tekintve megállapítható, hogy a kontroll parcella mindhárom éve szignifikánsan különbözött egymástól (31. táblázat), míg magasabb értékekkel a kezelt terület

esetében a 2011 és a 2008-as év szignifikánsan nem különbözött egymástól, míg mindkét év szignifikáns különbséget mutatott a 2008-as év eredményeitől (32. táblázat).

31. táblázat Tukey-b próba (fehérje %) - kontroll parcellák (2008-2011) (a fehérje % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2008 | a | | |
| | 2011 | | b | |
| | 2010 | | | c |

32. táblázat Tukey-b próba (fehérje %) - kezelt parcellák (2008-2011) (a fehérje % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | a | |
| | 2011 | | b |
| | 2008 | | b |

A fehérje %-hoz hasonló eredményt kaptam a **sikér %** értékeire is. A kontroll terület mindhárom vizsgált évben (2008, 2010, 2011) szignifikáns eltérést mutatott (33. táblázat), míg a kezelt terület esetében a 2011 és a 2008-as év nem különbözött szignifikánsan egymástól, de szignifikáns eltérést mutattak a 2010-es év adataihoz képest (34. táblázat).

33. táblázat Tukey-b próba (sikér %) - kontroll parcellák (2008-2011) (a sikér % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2010 | a | | |
| | 2011 | | b | |
| | 2008 | | | c |

34. táblázat Tukey-b próba (sikér %) - kezelt parcellák (2008-2011) (a sikér % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | a | |
| | 2011 | | b |
| | 2008 | | b |

Zeleny-index értékei szemlélteti a kontroll parcella (35. táblázat.) és a kezelt parcella (36. táblázat.) is megegyezik, hiszen a 2010 és a 2011-es év hasonló volt (szignifikánsan nem tértek el egymástól) Zeleny-index tekintetében, még a 2008-as év szignifikáns eltérést mutatott a 2010 és a 2011-es évtől egyaránt. A 2010 és a 2011-es év évjárat szempontjából átlagos volt, míg a 2008-as év aszályos évjáratnak tekinthető. A Zeleny-index esetében a kezelt és a kontroll parcella eredményei arra engednek következtetni, hogy bár a kezelés emelte a minőséget, de az évjárat hatás erőteljes befolyásoló tényező a Zeleny-index értékének kialakulásánál.

35. táblázat Tukey-b próba (Zeleny-index) - kontroll parcellák (2008-2011) (a Zeleny-index értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | a | |
| | 2011 | a | |
| | 2008 | | b |

36. táblázat Tukey-b próba (Zeleny-index) - kezelt parcellák (2008-2011) (a Zeleny-index értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | a | |
| | 2011 | a | |
| | 2008 | | b |

Az **esésszámra** elvégzett Tukey-b próba szerint a kezelt terület eredményei (38. táblázat) magasabbak valamennyi évben a kontroll terület mintáinál mért értékeknél. A kontroll terület (37. táblázat) esetében a 2010 és a 2008-as év között szignifikáns eltérés nem mutatható ki, de a 2008-as és 2010-es évtől szignifikánsan eltér a 2011-es év. A kezelt parcellák esetében a 2011-es

és a 2008-as év között nem mutatható ki szignifikáns eltérés esésszám tekintetében, míg ezektől az évektől a 2010-es év szignifikánsan eltér. A kontroll és a kezelt parcella esetében száraz évjárat hozta a legjobb esésszám eredményt, az átlagos évjáratok esetén különbség mutatkozott a kezelt és a kontroll parcella között.

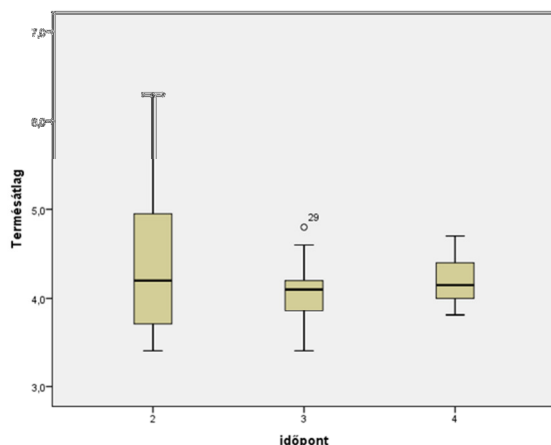
37. táblázat Tukey-b próba (esésszám) - kontroll parcellák (2008-2011) (az esésszám értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2011 | a | |
| | 2010 | | b |
| | 2008 | | b |

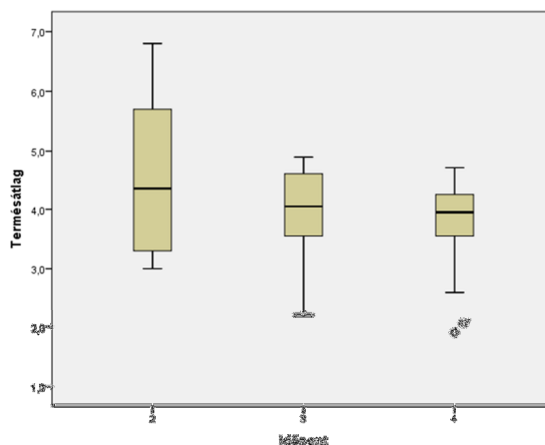
38. táblázat Tukey-b próba (esésszám) - kezelt parcellák (2008-2011) (az esésszám értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|---|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | a | |
| | 2011 | | b |
| | 2008 | | b |

A kezelt (50. ábra) és a kontroll parcella (49. ábra) termésátlagainak szórását vizsgálva megállapítható, hogy a hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatása után a hozam a kezelt parcellán csak a 2008-as évben volt magasabb, a 2010 és a 2011-es évben alacsonyabb, mint a kontroll parcellán. A kezelés tehát a **hozamra** nem gyakorolt egyértelmű pozitív hatást, átlagos évjárat esetében alacsonyabb termésátlagot mértem. A szórást vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a kezelés hatására nem csökkent a hozam szórása, hanem a kontroll parcellához képest is emelkedett. A kontroll és a kezelt parcella termésátlaga közötti különbségek mérséklődtek.

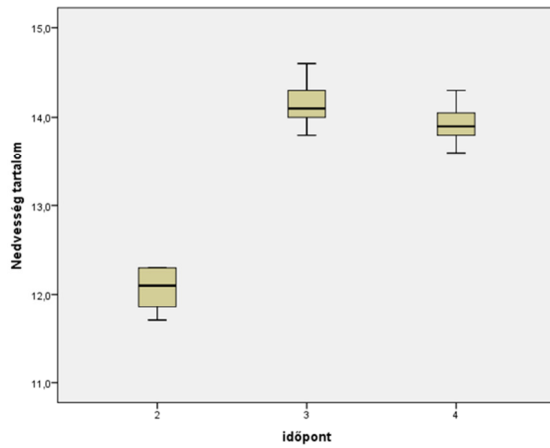


49. ábra Termésátlag szórása- kontroll (2008-2011)

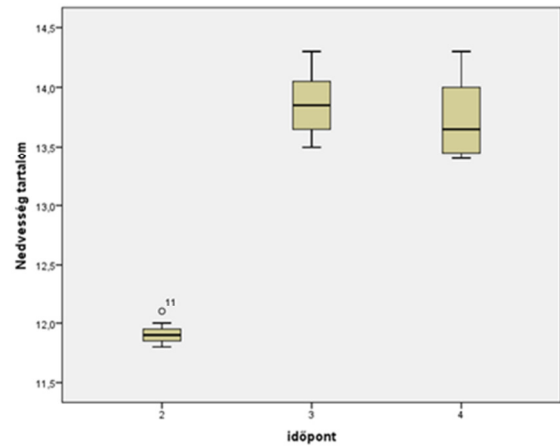


50. ábra Termésátlag szórása- kezelt (2008-2011)

A kontroll parcella (51. ábra.) és a kezelt parcella (52. ábra.) termését vizsgálva megállapítható, hogy a **nedvességtartalom** tekintetében a 2008-as év egyformán alacsony értéket produkált. A kontroll parcella 12,06 %-ot és a kezelt parcella 11,91 %-ot, amely értékek az aratás előtt száraz periódusnak köszönhetőek. Az átlagos évjáratú évek esetében magasabb nedvesség tartalom mellett került betakarításra a termés, de a kezelt parcellán magasabb szórással. A nedvesség tartalom szórását valószínűleg az okozta, hogy nem aszályos évjárat esetén a terület mikrodomborzati adottságai jobban hatással vannak a búza betakarításkori nedvességtartamára.

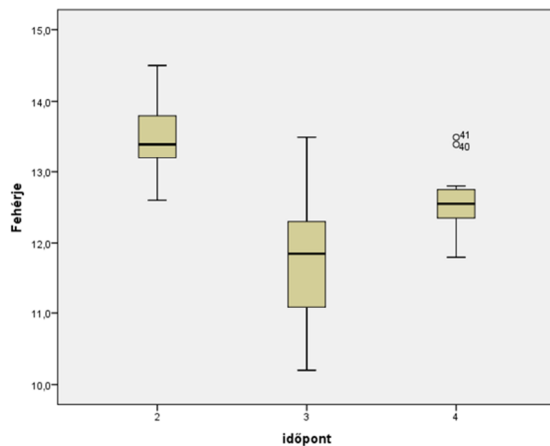


51. ábra Nedvességtartalom % szórása kontroll parcella (2008- 2011)

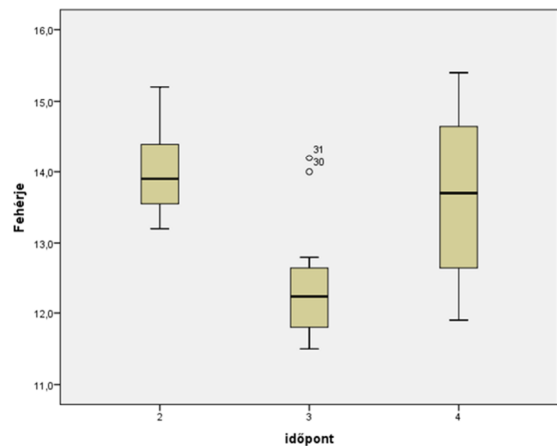


52. ábra Nedvességtartalom % szórása kezelt parcella (2008- 2011)

A **fehérje** tartalom változása esetén a helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatása után a kezelt terület (54. ábra.) minden vizsgált évben magasabb eredményeket ért el, mint a kontroll területen (53. ábra.) learatott búza. Száraz évjárat esetén (2008) a minták szórásának értéke csaknem megegyezik. (kontroll parcella standard szórása: 0,48, kezelt parcella standard szórása: 0,58). Átlagos évjárat esetében nem vonható egyértelmű következtetés a minták standard szórása és az évjárathatás összefüggése között.

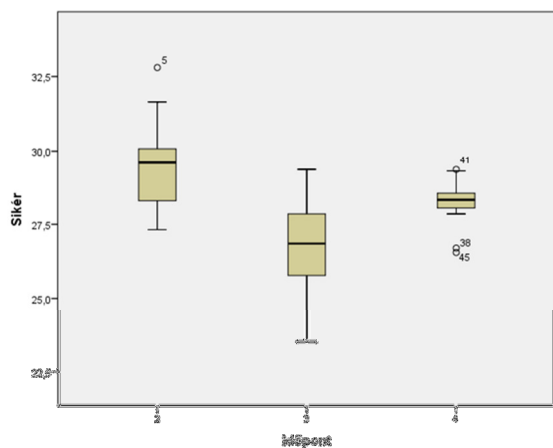


53. ábra Fehérje % szórása kontroll (2008- 2011)

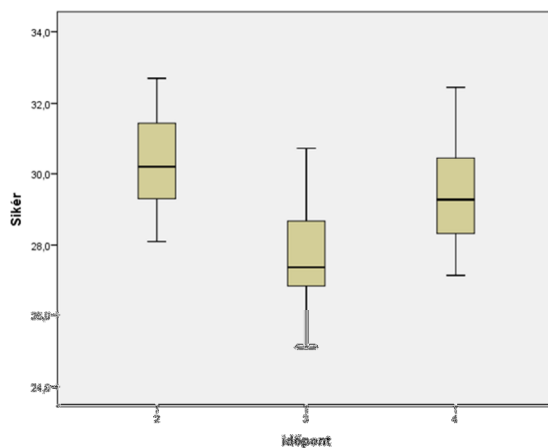


54. ábra Fehérje % szórása kezelt (2008- 2011)

A legnagyobb értéket a **sikér %** a 2008-as aszályos évben ért el, kontroll (29,46%) és a kezelt parcella (30,24%) esetében egyaránt. A hely-specifikus foszfor kijuttatása utána kezelt parcella (56. ábra.) minden évben magasabb sikér %-ot ért el, mint a kontroll parcella (55. ábra), de jóval nagyobb szórás mellett. A szórás növekedése indikálja a talajtani változatosságokat, tehát vannak olyan helyek, ahol a kijutatott foszfor jól tud hasznosulni és így emelkednek a minőségi paraméterek.

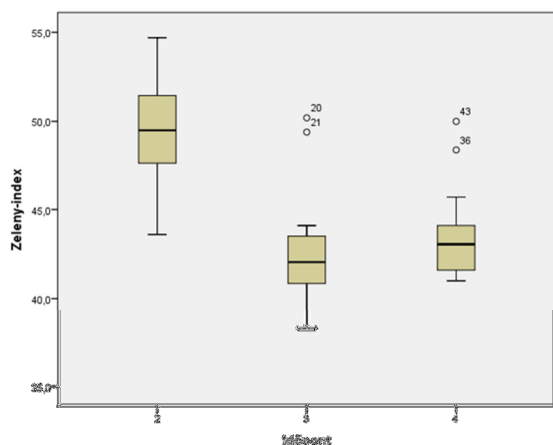


55. ábra Sikér % szórása kontroll (2008- 2011)

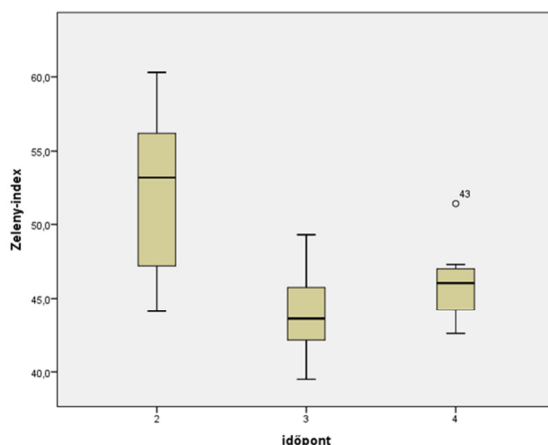


56. ábra Sikér % szórása kezelt(2008- 2011)

A **Zeleny-index** értékeinek vizsgálata során a kontroll parcella (57. ábra) és a kezelt parcella (58. ábra) eredményei alapján megállapítható, hogy minden évben a kezelt parcella Zeleny-index értékei voltak magasabbak. A Zeleny-index esetében is elmondható, hogy mint minden sütőipari minőségi paraméter a csapadék mennyiségére és annak eloszlására érzékenyen reagál. A standard szórásokat vizsgálva jól látszik, hogy a 2008-as évben mértem egyedül magasabb értéket a vizsgált évek közül. Ennél a minőségi paraméternél sikerült csökkenteni a standard szórást a kontroll parcellához képest, miközben az Zeleny-index átlagos értéke emelkedett.

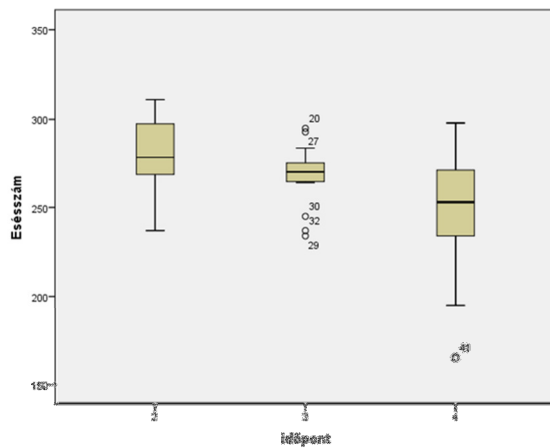


57. ábra Zeleny-index szórása kontroll (2008- 2011)

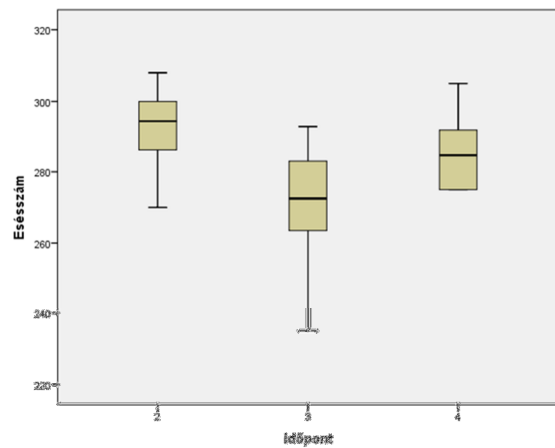


58. ábra Zeleny-index szórása kezelt (2008- 2011)

A sütőipari minőségi paraméterek közül a legintenzívebben az **esésszám** reagált a kezelésre. Mindhárom vizsgálati évben (2008, 2010, 2011) a kezelt parcella (60. ábra) magasabb értékeket produkált, mint a kontroll (59. ábra.). A szórás eloszlások esetében az 59. ábrán látható, hogy a 2010-es évben a kontroll parcella több pontján kiugró eredményt mértem, amely a talaj vízháztartási jellemzőire utalhat, amely az esésszáma jelentős hatást gyakorol.



59. ábra Esésszám szórása kontroll (2008- 2011)



60. ábra Esésszám szórása kezelt (2008- 2011)

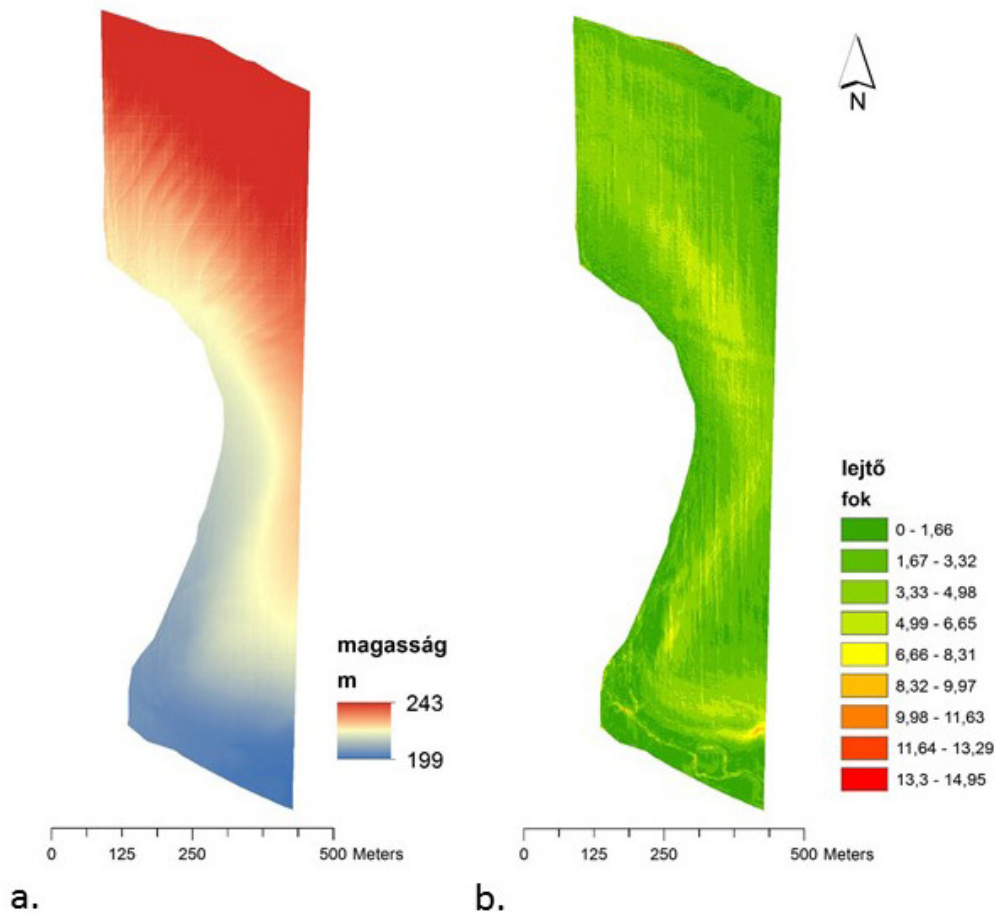
A minőségi paraméterek közül, a fehérje %, sikér %, standard szórása a kezelés hatására a vizsgált években magasabb volt, mint a kontroll parcellán mért szórás, csakúgy, mint a minőségi paraméterek értékeinek átlaga. A minőségi paraméterek értékei a helyspecifikus kezelés hatására nem mutattak egyértelmű standard szórás csökkenést, de a minőségi értékek átlaga minden évben magasabb volt, mint a kontroll parcellán. Ez azt jelenti, hogy a területre hely-specifikusan kijuttatott foszfor műtrágya bizonyos helyeken pozitív hatást gyakorolt a minőségi értékekre, de voltak olyan foltok, ahol valószínűleg talajtani tulajdonság (vízháztartási jellemzők, tömörödöttség, mikrodomborzat) akadályozta a termésbe való beépülését. Heterogén talajadottságú területen tehát, a hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatása nem csökkenti, hanem növeli a búza fehérje %, sikér %, átlagos értékét és azok standard szórását a kontroll parcellához képest, ahol hagyományos tápanyag-kijuttatási technológiát alkalmaztam. Megállapítható, hogy a műtrágya hasznosulását egyéb talajtani tényezők is befolyásolhatják, amelyek feltárására további vizsgálatok szükségesek. A vizsgálati eredmények tükrében lehetőség nyílik tovább finomítani a hely-specifikus tápanyag-kijuttatási térképeket. Véleményem szerint a további döntés előtt szükséges megvizsgálni a költséghatékonysági tényezőket, amely segítségével a ráfordítás hatékonyságot tudjuk optimalizálni. Munkám során azonban a gazdasági elemzésekre nem tértem ki.

4.7. Nagy felbontású légi távérzékelte adatok alkalmazhatóságának vizsgálata

A korábbi vizsgálatok alapján búza mennyiségi és minőségi értékeit vizsgálva megállapítható, hogy nem növelte a termés homogenitását foszfor műtrágya kijuttatása. A 2011-ben légi távérzékeléssel nyert nagy pontosságú LiDAR adat a hozamtérképpel való összehasonlítás érdekében a 2011-es évben készült hozamtérképet azonos formátumúvá transzformáltuk (61. ábra). Az összehasonlítás szempontjából az raszterek mérete 10×10 m. A raszter nagyságát a hozammérővel felszerelt kombájn mintavételi területe alapján került meghatározásra. Minden raszter egy átlagminta értékét tartalmazza. A 10 m-es felbontásra számított termésátlagok 1,1-6,3 t/ha értékek között változtak. Az erőgép GNSS rendszere által készített domborzati térkép 1,5 m-es lépésközű, amely ugyan megmutatja a terület lejtőviszonyait, azonban ezekkel az eszközökkel nem készíthető pontos Digitális Domborzati Modell, ezért ezeket az adatokat a további vizsgálatokból kizárásra kerültek.

Az osztályozott lézerszkennelt pontfelhőből digitális terepmodellt állítottunk elő (61. ábra) amelyen jól vizsgálhatóak a terület lejtőviszonyai. A későbbiekben az eredetileg UTM34N koordináta rendszerben és ellipszoid feletti magassági adatokat Balti feletti magassági értékké

számítottuk át. A vizsgált területen a DTM alapján számított magassági értékek 155,82 -190,44 m-re között változtak.



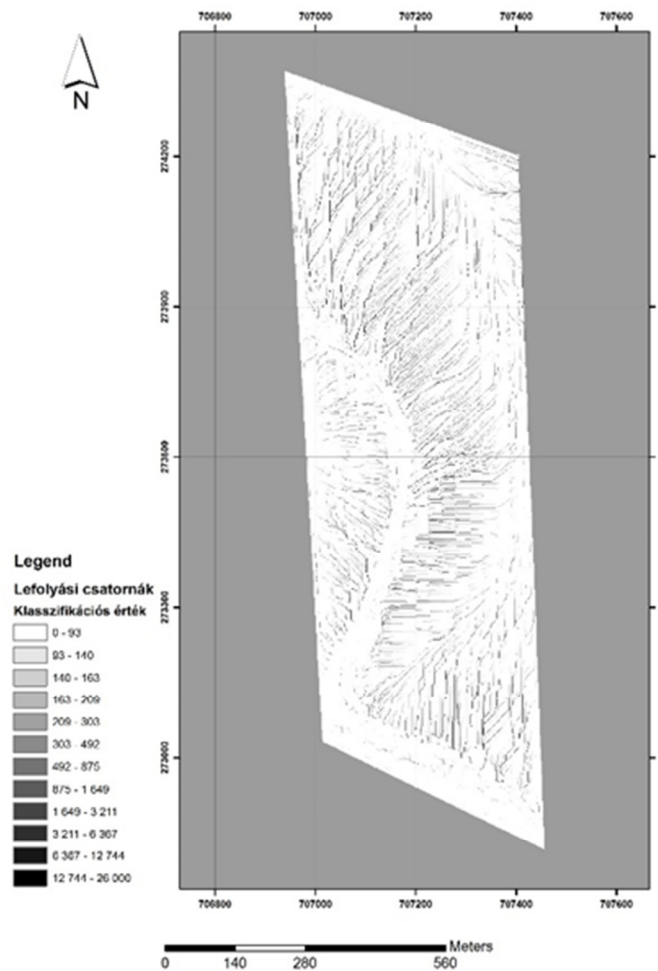
61. ábra A mintaterületről készített DDM (a) és a lejtő raszteres térképe (b).

A 61. ábrán látható a DDM-ből számított lejtőviszonyok, ahol világos sávban markáns vonalként jelennek meg a nagyobb lejtéssel rendelkező részek. A lejtő szög képpontjainak számításakor bilineáris interpolációt alkalmaztunk. Egy-egy raszter értékét a raszteren belüli pontok magasságának súlyozott számtani közepe adja. Így minden raszter egy interpoláló felület, azaz egy vízszintes helyzetű kiegyenlítő sík. A felbontás kiválasztásánál különböző beállításokat teszteltünk 0,2-től 5 m-ig. A további feldolgozásra az 1 m-es felbontást választottuk, mert az ennél részletesebb adat esetében, a felszíni érdességi viszonyok és a pontfelhő szórása (átlagosan 2-6 cm) miatt, túl „zajos” volt az interpolált terepmodell. Az 1 m-nél nagyobb cellaméretek esetében eltűntek a felszíni lefolyás szempontjából fontos felszíni formák.

A kutatás következő fázisában a lefolyási zónákat, és azok hosszát határoztuk meg a vizsgálati területen. A lejtési viszonyok ismerete nem elégséges információ a területen végbemenő folyamatok megismeréséhez. A területre érkező víz mozgásának megismerése - tehát mely irányból, milyen hosszban érkezik, és hol gyűlik össze a víz - választ adhat a hozam és minőségi paraméterek ingadozására. Az olyan területeket, ahol a víz összefolyik és raktározódik (a talajtani tulajdonságok függvényében), akkumulációs zónáknak nevezzük.

A talaj tápanyag-szolgáltatási és felvételi folyamatai tér- és időparaméterekkel írhatók le. A tápanyagok mozgását a területre lehulló csapadék mennyisége, intenzitása, időbeli eloszlása és a terület domborzati adottsága együttesen befolyásolja. Míg a nitrogén gyorsan mozog a talajban, így kimosódásra hajlamos, addig a foszfor és a kálium a lassan mozgó elemek közé tartoznak.

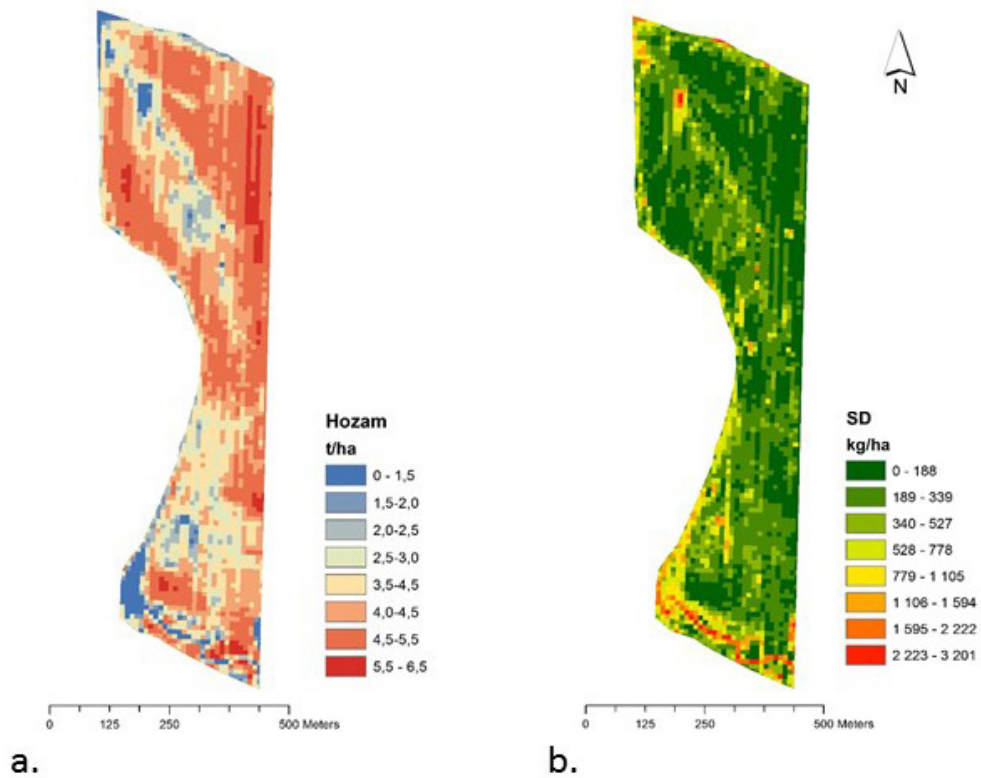
Az akkumulációs zónák megmutatják a víz lefolyásának szögét és a vízfolyás hosszát a területen. (62. ábra)



62. ábra Lefolyási csatornák elhelyezkedése a mintaterületen

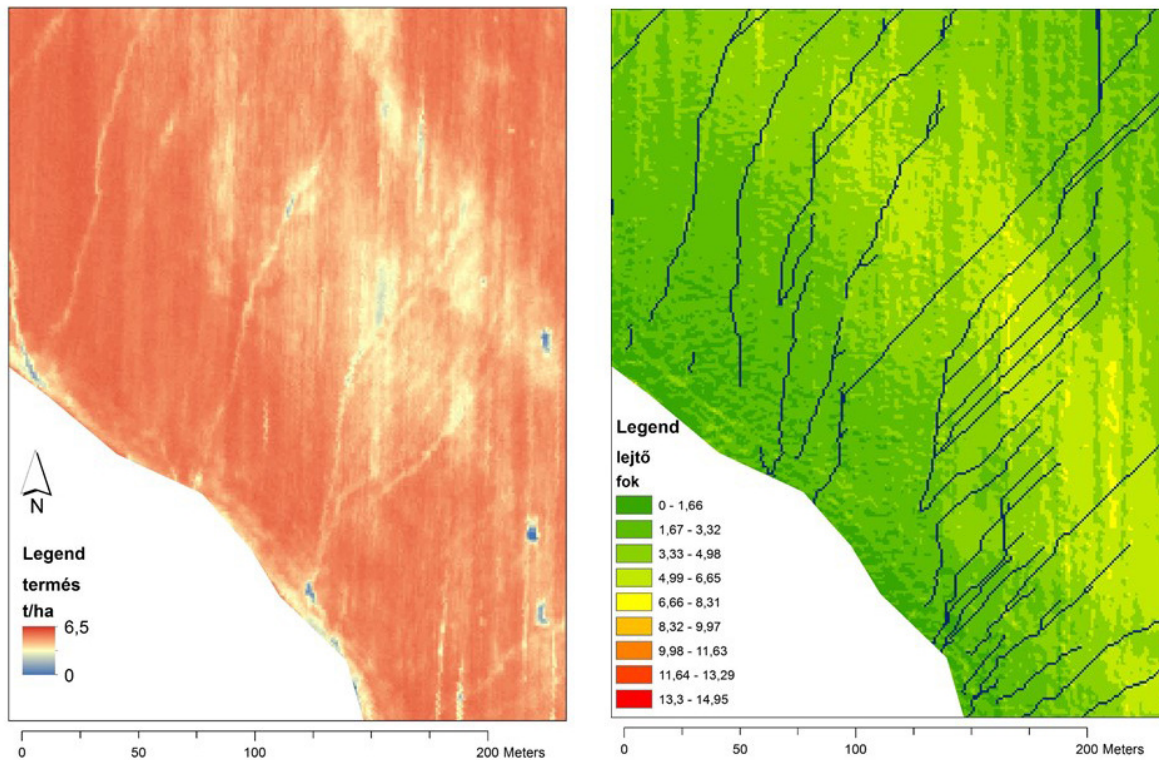
Az akkumulációs zónák megmutatják, hogy a terület mely részén folyik össze a leesett csapadék. Az 62. ábrán látható, hogy a magasabban fekvő É-K-i részen kevés akkumulációs zóna található, tehát a csapadék nem folyik el az alacsonyabb részek felé, így lehetősége van a talajnak a víz raktározására, amelyből következik, hogy kisebb a talaj- és tápanyagveszteség. Azoknak a talajfoltoknak, amelyek magasabban fekszenek és kevés akkumulációs zóna helyezkedik el rajtuk, az aszályérzékenysége alacsonyabb, mint azoknak a részeknek, amelyek lejtősek és sok akkumulációs zóna található rajtuk. Ilyen esetben a területre érkező víz elfolyik, így nem képes raktározódni. Csapadékos évjárat esetén – talajtani adottságoktól függően – a magasabban fekvő, lefolyástalan területeken viszont a belvíz kialakulásának a veszélye is nagyobb lehet.

Korábbi kutatásunk során (Ambrus et al., 2015) megállapítottuk, hogy a hiperspektrális felvételekből számított keskenysávú hiperspektrális indexekből terepi kalibrációs mérések alkalmazásával lehet becsülni egy adott terület termés hozamát. A nagy terepi felbontású felvétel alkalmas lehet a területi heterogenitás számítására. A terepi heterogenitás számítására 10*10 m-es felbontású fedvényt alkalmaztunk. Az így számított fedvény terepi felbontása megegyezik az erőgép által szolgáltatott legjobb terepi felbontású adattal. Minden egyes cellára kiszámítottuk az átlagot (\bar{x}) és a szórást (s). A becsült termésmennyiség és a szórás együttes vizsgálatával meghatározhatóak azok a területek ahol nagy a területi inhomogenitás (63. ábra).



63. ábra A mintaterületre számított 10*10 m-es felbontású terméstérképe az átlag (a) és szórás értékekkel (b) megjelenítve

A továbbiakban arra kerestünk magyarázatot, hogy a domborzati viszonyok változékonysága hogyan magyarázza a termésben található területi eltéréseket. Megvizsgáltuk, hogy a DDM-ből a 10×10 m-es cellákra számított rétegek (DDM lejtő átlag és szórás, flowacc átlag és szórás) és a hozam között milyen statisztikai kapcsolat van (64. ábra).



64. ábra Részlet a hiperspektrális felvételtől számított termésterképből (a.) és a lézersházelteelt adatlól késlített osztályozott lejtő térkép és eróziós barázdák (b.)

Egyetlen független változó alkalmazása esetén az átlaglejtő értékek és a hozam között volt gyenge statisztikai kapcsolat ($R^2 = 0,51$). A lineáris modell számításakor a „flow accumulation” és a lejtő értékek (mint független változók) együttes alkalmazásával valamivel szorosabb statisztikai kapcsolat volt a termésterképpel ($R^2 = 0,56$), de jelentősen nem változtatta az eredményeket.

A vizsgált területen 2007 óta gyűjtött adatok azt mutatták, hogy az őszi búza hozama nagy térbeli változatosságot mutatott. A 2008 óta alkalmazott precíziós tápanyag-visszapótlási technológia növelte a termésátlag ingadozásokat, azonban a kontroll parcella bizonyos részein továbbra is magasabb és homogénebb volt a termés, mint a kezelt területen. Ezek mintavételi pontok a területek magasabban fekvő É-K-i részén helyezkedtek el, ahol kevés akkumulációs zóna található. A vizsgálatok során még aszályos évjárat esetében is kiegyenlített hozamot és minőségi értékeket mutattak a mintavételi eredmények.

A nagy felbontású légi távérzékelte felvételek elemzésével lehetőség volt a táblán belüli inhomogenitás becsülésére. A hiperspektrális légi felvételekből számított modell segítségével nagy terepi felbontással (1 m) becsülhető volt az őszi búza termésének térbeli változékonysága. A mintavételi pontosságnak köszönhetően, a szűk keresztmetszetű eróziós árkok is pontosan kirajzolódtak a vegetáció térképen. A hiperspektrális felvételek 1 m-es felbontása alkalmas a terület térbeli pontos megismerésére.

Az adatgyűjtés minősége erősen befolyásolja az eredmények felhasználhatóságát. A mintavételi sűrűség a különböző vizsgálatok során ideális esetben azonos. Megállapítottuk, hogy a hozammérővel felszerelt kombájn által gyűjtött hozamadatok és a nagy pontosságú távérzékeléssel gyűjtött adatok (LiDAR), a mintavételi sűrűség nagyfokú eltérése miatt együtt nem értékelhetők hatékonyan. A modell alapján számított nagy térbeli felbontású hozamterképen olyant térbeli problémák is feltárhatók, amely a betakarítás során készített hozamterkép (max. 10

m terepi felbontás) alapján nem volt lehetséges. A talaj heterogenitása a vizsgált területen tehát olyan mértékű, hogy a kombájn által gyűjtött adatok esetében nem jellemezhető megfelelően.

A tápanyagok helyspecifikus kijuttatásának hatását a domborzat és rajta keresztül a lejtési és lefolyási viszonyok tovább módosíthatják, ezért ennek pontosabb megismerésére van szükség. A lefolyási viszonyok kulcsfontosságú szerepet töltenek be a területre lehulló csapadék mozgásában, és ezen keresztül a tápanyagok felvehetőségnek befolyásolásában. A lejtési és lefolyási viszonyok azonban eltérő évjáratokban, eltérő a tápanyag felvehetőségre gyakorolt hatása szerint. A LiDAR adatokból számított lejtőtérkép alapján meg lehet határozni azokat a területeket ahol az erózió hatása miatt jelentősebb tápanyagvesztés és kedvezőtlenebb vízgazdálkodási tulajdonság alakul ki a talajban. A biomassa térképpel összevetve is kimutatható volt a lejtő hatása a termésmennyiségre a lejtős területen.

Az akkumulációs zónák megmutatják a területen a víz mozgásának irányát és a lefolyás hosszát, amelyből további elemzéssel meghatározhatók az eróziós barázdák. Az aszályérzékenységre a domborzati és talajtani viszonyok jelentős hatást gyakorolhatnak. Az aszályérzékenység meghatározásakor a talaj vízraktározó képességének kiemelt szerepe van. A talaj vízraktározó képessége talajműveléssel javítható ugyan, de a domborzat hatása nem kiküszöbölhető. A termésbiztonság tehát változatos domborzati adottságok esetén, megfelelő agrotechnika mellett is talajfoltonként megtarthatja változatosságát. Az aszályérzékenységen keresztül meghatározhatók azok a talajfoltok, ahol az ökológiai adottságok nem teszik lehetővé a kijuttatott tápanyag megfelelő hasznosulását. Ezen zónák termésbiztonsággal való kapcsolata évjáratonként változatosságot mutathat, hiszen a talaj vízkészlete, valamint a víz mozgási dinamikája évjáratonként eltérő. Az aszályérzékenység hely-specifikus ismerete a kijuttatandó tápanyag mennyiség meghatározását tehát módosíthatja.

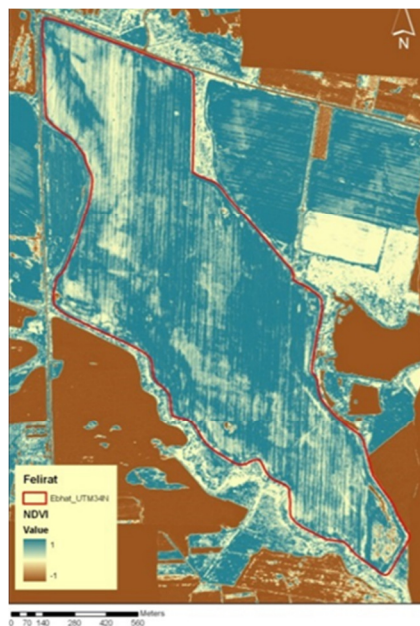
A biomassa mennyiségi becsléséhez felhasználhatók a hiperspektrális és LiDAR felvételek eredményei. Amíg a hiperspektrális felvételek vegetációs időben adnak információt, a LiDAR akár a vegetációs időszakon kívül is használható pl. lejtő viszonyok meghatározásához. Abban az esetben, ha vegetációs időszakban készítünk felvételt LiDAR-ral, a növény magasságáról is nyerhető adatokat, közvetett módon a hozam térbeli eloszlásának feltérképezéséhez használhatjuk.

A távérzékelte adatokkal (LiDAR) pontos Digitális Domborzati Modell készíthető a területről, amely a precíziós növénytermesztés számára is fontos információt jelenthet a területen végbemenő folyamatok modellezéséhez. A lejtős területek azon részén, ahol a felszín magasságának is nagyobb a szórása – eróziós barázdák kialakulása valószínűbb. A precíziós tápanyag-visszapótlás során a kijuttatandó tápanyag mennyisége tovább differenciálható ezen információk birtokában. A légi lézerszkennelt adatokból készített DDM-t akár a vegetációs időszakon kívül is el lehet készíteni így a betakarítás előtti időszakban információhoz juthatunk az aktuális terepviszonyokról. A folyamatos adatgyűjtés lehetővé teszi, hogy az erózió mértékét és évenkénti változását pontosan modellezhessék, valamint az eróziós hatások csökkentésére irányuló agrotechnikai eljárások hatását lemérjék, gyűjtsék és elemezzék adott ökológiai viszonyok között.

4.8 Biomassza térkép számítása hiperspektrális vegetációs index alapján

A növénytermesztés során a hozam nagyságának meghatározása kulcskérdés. A hely-specifikus tápanyag-visszapótlás alapját szolgáltatja a hozam táblán belüli változatosságának ismerete. A hely-specifikus gazdálkodás során a hozamtérképhez szükséges adatokat a hozammérővel felszerelt kombájn gyűjti a betakarítás során. Ebben az esetben csupán az adatok gyűjtésére van lehetőség, a termelésbe való beavatkozás már nem lehetséges. A légi távérzékeléssel gyűjtött adatok lehetővé teszik a vegetációs térkép elkészítését. A hozam és a vegetációs térkép közötti szoros kapcsolat feltárása azt jelenti, hogy a légi távérzékelés segítségével még aratási időszak előtt képet kaphatunk a hozam táblán belüli változatosságáról. Mivel számos vegetációs index létezik, így első célunk az volt, hogy meghatározzuk mely vegetációs index használható a leghatékonyabban a távérzékelte adatok feldolgozása során.

Munkánk során a távérzékelésben, a növényi vegetációs indexek közül a keskeny sávú NDVI indexet találtuk a legalkalmasabbnak, ezzel alátámasztottuk számos kutató eredményét (Pettoelli, 2013; Mutanga – Skidmore, 2004). Tanulmányunkban az NDVI (66. ábra) meghatározáskor kombináltuk a rendelkezésre álló NIR és a vörös sávokat. A regressziós modell segítségével kapcsolatot mutattunk ki az NDVI és a területen vett minták között. A legszorosabb kapcsolatot az NDVI és a biomassza tömeg között a 625 nm és a 720 nm-es sávban találtuk ($n=9$, $R^2=0,762$, $p<0,05$). Regresszió számítással további kevésbé szoros kapcsolatot találtunk a vörös él pozíció (RAP) és a biomassza tömeg között ($n=9$, $R^2=0,668$, $p<0,05$) (Ambrus et al., 2015).



65. ábra NDVI térkép a vizsgált területről

A regressziós modell alkalmazásával nedves biomassza térképet készítettünk (67. ábra). A nedves biomassza tömege (kg/m^2) = $52.317e^{\text{NDVI}(625,720)}$.



66. ábra Nedves biomassa térkép a (piros kontúrral) kijelölt területről

Mivel a precíziós technológia térbeli információt igényel a növényzet állapotáról, a biomassa mennyisége és a termésátlag alakulásáról, amely különböző szintű lehet évjáratonként. A nedves biomassa tömeg és a hozam közötti kapcsolat kihasználható az aratás előtti termésbecsléshez.

4.9 Hipotézisek vizsgálata az eredmények tükrében

A kutatásom kezdetén felállított hipotéziseim vizsgálati eredményeit a 39. táblázatban szemléltetem.

39. táblázat Hipotézis vizsgálat

| Kutatási hipotézisek | A kutatási hipotézis vizsgálat eredménye: |
|--|---|
| H1: 1. Heterogén talajtulajdonságokkal rendelkező terület esetében, a <i>helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatással a búza termésátlaga növelhető</i> , valamint a <i>kezelés hatására a parcellán belüli szórás csökken</i> . | részben igazolt |
| H2: Heterogén talajtulajdonságokkal rendelkező terület esetében, a <i>helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatással a búza beltartalmi paraméterinek értéke növelhetőek</i> , valamint a <i>kezelés hatására a parcellán belüli szórásuk csökken</i> . | részben igazolt |
| H3: Az <i>időjárás elemeinek hatása mérsékelhető a helyspecifikus tápanyag-kijuttatással</i> . | nem igazolt |
| H4: A távérzékelési eljárásokkal feltárható és ábrázolható a területen belüli térbeli változatosság, amelyek hozzájárul a hozam és termőhely közötti kapcsolat feltárásához. Az <i>adott évben lehulló csapadék hasznosulása függ, a terület mikro-domborzati adottságaitól</i> . | igazolt |
| H5: A hozamtérkép és a növényi vegetációs index alapján készült térkép kapcsolatban áll egymással, így a <i>növényi vegetációs index térkép alkalmas a hozam becslésére</i> . | igazolt |

4.10 Új tudományos eredmények

Kutatómunkám során az alábbi új tudományos eredményeket értem el:

T1: Az évjáratí különbségeknél megállapítottuk, hogy vizsgált tényezők száraz évjáratokban kisebb, nedves évjáratokban nagyobb különbséget mutattak a termés minőségi paramétereit tekintve.

T2: A mennyiségi értékek kialakulásánál alátámasztottam Szabó et al. (1996) kutatási eredményeit, miszerint a csapadékoptimum 40%-át a növény márciustól igényli. A legnagyobb vízfelhasználás április 10. és május 10. közé esik. Az ebben az időszakban lehulló csapadék mennyisége meghatározza a hozam nagyságát.

T3: Helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatás - változatlan nitrogén és kálium műtrágya adag mellett - kimutathatóan növeli az őszi búza beltartalmi paraméterei közül a fehérje %-ot, siker %-ot, Zeleny-indexet és az esésszámot. A helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatás hatását nem tudtam igazolni az ezermagtömegre, nedvességtartalomra.

T4: A helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatás és a termésátlag növekedése között statisztikailag igazolható kapcsolatot nem tudtam kimutatni.

T5: Vizsgálataim során bebizonyosodott, hogy a termésátlagok és beltartalmi értékek közül a fehérje %, sikér %, Zeleny-index és az esésszám esetében a szórás növekszik a kontroll parcellához képest a precíziós tápanyag-kijuttatással.

T6: Igazolható kapcsolatot mutattam ki vizsgált terület lejtési %-a és a hozam között, amely alapján azt a megállapítást tettem, hogy a műtrágya hasznosulását a terület lejtési viszonyai – a lehulló csapadék mozgásán keresztül – befolyásolják.

T7: Igazolható kapcsolatot mutattam ki a területen található nedves biomassza tömege és az azonos pontokon mért termésátlag között. Megállapítottam, hogy mely spektrális tartománnyal mutatott legszorosabb kapcsolatot az NDVI a hozammal.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az értekezés alapjául szolgáló kísérletet a gyöngyöspatai Havas '92 Gazdaszövetkezet területén állítottuk be. Egy 160,88 ha-os táblából jelöltem ki a mintaterületet, amelyet táblafelezéses módszerrel két részre bontottam. A kezelt terület 20,2 ha a kezeletlen terület 21,6 ha nagyságú. A kezelt parcellán hely-specifikus tápanyag-vizsgálat alapján meghatározott mono foszfát műtrágya hely-specifikusan került kijuttatásra, míg a kontroll esetében a hagyományos tápanyag-visszapótlási rendszert alkalmaztuk. A helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatás hatásának elemzése után a következtetéseket és javaslatokat a hozam mennyiségi, minőségi értékeinek vizsgálataiból, hozam- és tápanyag-térképek elemzéséből, valamint a hiperspektrális és LiDAR felvételezések eredményei értékelése után hoztam meg.

A vizsgálati eredmények értékelésénél kiemelt szerepe van az évjárat meghatározásnak, valamint a csapadék havi eloszlásának. Az őszi búza szempontjából Harnos (1993) módszer alapján meghatároztam az őszi búza különböző évjáratait. Az őszi búza fejlődésére ható csapadék mennyiség esetében a szeptember – júniusi csapadékmennyiséget ítéltam relevánsnak. Aszályos évnek minősítettem azt az évet, amennyiben a szeptembertől júniusig lehullott csapadék mennyiség 20%-kal, aszályos nyárnak (április – június időszak alatti) és téli félév (október – március) 30%-kal, aszályos hónap esetében 50 %-kal kevesebb, mint a sokévi átlag.

A hozam eredmények vizsgálatai alapján igazoltam Szabó et al., (1996) megállapítását, miszerint csapadékoptimum 40%-át a növény márciustól igényli. A legnagyobb vízfelhasználás április 10. és május 10. közé esik. A 2008 évi csapadék adatok azt mutatták, hogy összességében aszályos évjárat volt az év, de a március-április hónapokban lehullott csapadék meghatározta a 4,55-4,40 t/ha között mozgó a vizsgálati évek legmagasabb termésátlagát.

A helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatás hozam mennyiségére gyakorolt hatása nem egyértelmű. A kezelt mintaterületen belüli szórás a 2008-as évben kisebb, míg a 2010 és 2011-es évben nagyobb volt, mint a kontroll területen, tehát a folyamatos kezeléshatására a területen a növényállomány közötti heterogenitás növekedett.

A minőségi értékek a 2007-es aszályhoz közeli és a 2008-as aszályos évben voltak a legmagasabbak, tehát az aszályos időjárás pozitív hatást gyakorol az őszi búza minőségére. A búza minősége a kezelt területen minden évben magasabb volt, mint a kontroll területen, de nagyobb szórás értékek mellett. A kezelés hatása tehát csak optimális talajadottságú területen volt pozitív. Azokon, a talajfoltokon, ahol a talaj vagy a mikrodomborzat valamely tulajdonsága nem engedte érvényesülni a tápanyag hasznosulását, a búza hozama és minőségi értékei nem emelkedtek az optimális mennyiségű tápanyag hatására sem.

A hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatással tehát nem valósult meg a területen lévő növényállomány minőségi és mennyiségi homogenitásának növelése. Közgazdasági szempontból lényeges kérdés, hogy lehatároljuk azokat a talajfoltokat, ahol a többletráfordítások nem térülnek meg a hozamon keresztül. Ezek a talajfoltokon a többlet tápanyag kijuttatása megkérdőjelezhető gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt.

A mintaterületről készült Digitális Domborzati Modell alapján megállapítottuk, hogy a legmagasabban fekvő pontok a tengerszint felett 190,44 m-re találhatóak és a legalacsonyabban fekvő pont 155,822 m magasan helyezkedik el, a mintaterületen mérhető legnagyobb szintkülönbség 34,618 m. A Digitális Domborzati Modelltől meghatároztuk a terület lejtési viszonyait, valamint az elemzés szempontjából optimális 1 m-es felbontású raszter méretet.

Az akkumulációs zónák meghatározása fontos információt szolgáltat a hely-specifikus tápanyag-kijuttatáshoz, hiszen segítségével meghatározható a víz lefolyásának szöge és a vízfolyás hossza a területen. A modell segítségével megvalósulhat azon talajrészek lehatárolása, ahol nagyobb a talaj- és tápanyagvesztés. Ezek az információk a hozamtérkép és évjáratok tükrében további elemzésekre adnak lehetőséget, tovább finomíthatják a hely-specifikus tápanyag kijuttatási térképeket.

Az akkumulációs zónák meghatározásával lehetőség nyílik a terület hely-specifikus aszályérzékenységének meghatározására. A hely-specifikus aszályérzékenységi mutatót meghatározhatja a terület lejtési és magassági viszonyai, kiegészítve ezzel a hozamtérképet, talajellenállás-térképet, és a nagypontosságú talajtérképeket. További kutatások szükségesek a hely-specifikus aszályérzékenységi mutató gyakorlatban alkalmazható modelljének kidolgozására.

Megvalósítottuk a területen termelt búza térbeli változatosságának feltérképezését hiperspektrális távérzékeléssel gyűjtött nagypontosságú adatokkal. A növényi vegetációs indexek közül az NDVI indexet alkalmaztuk, amely meghatározásához a NIR és a vörös sávok kombinációját használtuk. A regressziós modell segítségével kapcsolatot mutattunk ki az NDVI és a területen vett minták között. A legszorosabb kapcsolatot az NDVI és a biomassa tömeg között a 625 nm és a 720 nm-es sávban találtuk ($n=9$, $R^2=0,762$, $p<0,05$). Regresszió számítással további kevésbé szoros kapcsolatot találtunk a vörös él pozíció (RAP) és a biomassa tömeg között ($n=9$, $R^2=0,668$, $p<0,05$).

Regressziós modell alkalmazásával elkészítettük a terület nedves biomassa térképet, valamint a nedves biomassa tömegét. A teljes terület biomassa tömege (kg/m^2) = $52.317e\text{NDVI}$ (625,720). A biomassa tömeg és az NDVI index közötti kapcsolat bizonyítja, hogy a hiperspektrális távérzékelés eszközzel alkalmas a hozam aratás előtti időpontjában való meghatározásra, így lehetőség nyílik a hozam növelése érdekében agrotechnikai beavatkozásokra.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az őszi búza termesztésének létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen Magyarországon. A fenntartható módon való gazdálkodás és a jövedelmező termelés együttesen a hely-specifikus növénytermesztési technológia alkalmazásával valósulhat meg. A tábla, mint gazdálkodási egység megszűnik és a táblán belüli azonos adottságokkal rendelkező talajfoltok lehatárolásra kerülnek, GNSS koordináták alapján folyamatos adatgyűjtés, elemzés és modellezés segítségével a táblán belüli változatosság megismerhető és megfelelő agrotechnikai eszközök segítségével kezelhetővé válik.

Vizsgálataink során hely-specifikus és hagyományos technológiával foszfor műtrágya kijuttatását hajtottuk végre Gyöngyöspata külterületén lévő 160,88 ha-os táblából kijelölt területen. A kezelt terület 20,2 ha, a kezeletlen terület 21,6 ha nagyságú. A kísérlet során a kezelt terület foszfor ellátottságának optimalizálásával, a termés mennyiségi és minőségi adatainak szórásának csökkenése volt a cél.

A kísérleti eredményekre az évjáratok jelentős hatást gyakoroltak. Csapadékeloszlás alapján a vizsgált négy év közül, a 2010 és a 2011-es évet átlagos, a 2007-es év aszályhoz közeli, a 2008-es év aszályos évjáratnak tekinthető, a 25 éves átlagos csapadék mennyiséghez viszonyítva. Valamennyi minőségi paramétert tekintve az aszályhoz közeli 2007-es és az aszályos 2008-as évben születtek a legmagasabb értékek, tehát megállapítható, hogy az aszályos évjárat kedvez a minőségi búzatermesztésnek. A 2008 évi március- május hónapokban lehullott 141 mm csapadék a termésmennyiségre pozitív hatást gyakorolt, így bár az őszi búza évjáratára csapadék szempontjából aszályosnak minősül, a vizsgált időszakban a hozam ebben az évben volt a legmagasabb.

A helyspecifikus foszfor műtrágya kijuttatás hozam mennyiségére gyakorolt hatása nem volt egyértelmű a kezelés 3 éve alatt. A búza minősége a kezelt területen minden évben magasabb volt, mint a kontroll területen, de nagyobb szórás értékek mellett. Megállapítottuk, hogy a kezelés hatása függ a talajfoltok mikrodomborzati és rajta keresztül a tápanyag-szolgáltató képességétől. A hely-specifikus foszfor műtrágya kijuttatással tehát nem valósult meg a területen lévő növényállomány minőségi és mennyiségi homogenitásának növelése.

Vizsgálataink során a légi távérzékelési rendszerek közül a hiperspektrális technológiára a Piper Aztec típusú repülőgépre szerelt, push-broom típusú AISA Eagle II szenzor került alkalmazásra, valamint a felszín geometriai viszonyainak vizsgálatára nagy teljesítményű Leica ALS-70 HP lézereként használtunk. A LiDAR pontfelhőből készített Digitális Domborzat Modell (DDM) segítségével meghatároztuk a terület lejtési és a felszín érdességi viszonyait. A Digitális Domborzati Modell segítségével meghatároztuk a területen lévő akkumulációs zónák segítségével a területre érkező víz lefolyásának szögét és a vízfolyás hosszát. Ez az információ felhasználható a továbbiakban a hely-specifikus tápanyag kijuttatási térképek további finomítására, valamint a további munka során egy hely-specifikus aszályérzékenységi mutató kidolgozására. A hiperspektrális távérzékeléssel gyűjtött nagy pontosságú adatokkal feltérképeztük a búza térbeli változatosságát. A regressziós modell segítségével kapcsolatot mutattunk ki az NDVI és a területen vett minták között. Elkészítettük a terület nedves biomassza térképet, valamint a nedves biomassza tömegét meghatároztuk, amely $(\text{kg/m}^2) = 52.317e\text{NDVI}$ (625,720). A hely-specifikus gazdálkodáshoz szükséges adatok köre bővíthető a távérzékeléssel gyűjtött nagy pontosságú adatokkal, amelyek már akkor rendelkezésre állhatnak, amikor még lehetőség van a termés menetébe való beavatkozásra.

7. SUMMARY

The *raison d'être* of growing winter wheat in Hungary is unquestionable. Sustainable agriculture together with profitable production can be realised through the application of site-specific plant-growing technology. "Wheat-plot" as an agricultural unit does not exist anymore, the soils of the same qualities are classified within the field; with the help of the continuous data collection, analysis and modelling on the basis of GNSS coordinates, the diversity within the field can be seen and dealt with using appropriate agrotechnical equipment.

In the course of our researches, a selected site from a 160.88 hectares plot outside Gyöngyöspata was treated with phosphorous fertiliser using site-specific and traditional technologies. The size of the treated area was 20.2 hectares, and the size of the untreated area was 21.6 hectares. The objective of the experiment was to optimise the phosphorus supply, and reduce the deviations of quantitative and qualitative data of the yield.

The experiment results were significantly affected by the year of production. From the aspect of precipitation, the years 2010 and 2011 were standard, the year 2007 was near drought, and the year 2008 was regarded as droughty in comparison with the average amount of precipitation of 25 years. Taking every qualitative parameter into account, the highest results were reached in the nearly droughty year of 2007 and the droughty year of 2008, so it can be concluded that drought benefits qualitative wheat production. The precipitation of 141 mm in the period of March – May 2008 had a positive effect on the quantity of the yield, thus, although the year was regarded as a droughty one from the aspect of precipitation, the yield was the highest in this year in the research period.

The influence of site-specific phosphorus fertiliser dispensing on the yield quantity was not obvious during the 3 years of treatment. The wheat quality was better in the treated areas in each year than in the control areas, but the dispersion amounts were also higher. It can be concluded that the effects of the treatment depend on the micro-terrain qualities and the nutrient-supply performance, which is based on these qualities - of the soil-patches. Therefore, site-specific phosphorus fertiliser dispersion does not contribute to the increase of the qualitative and quantitative homogeneity of the plants of the site.

In the course of our researches, concerning aerial remote sensing systems, hyperspectral technology was used, as a push-broom typed AISA Eagle II sensor mounted on a Piper Aztec aircraft was applied; besides, a high performance Leica ALS-70 HP laser scanner was used for the study of the geometric features of the surface. The Digital Terrain Model (DTM) generated from LiDAR laser scanning data enabled to calculate the slope map of the area. The Digital Terrain Model contributed to the determination of the angle and length of water flow entering the area with the help of the accumulation zones. This information can be utilised for the further refinement of nutrient dispersion maps; moreover, it may lead to set up a site-specific drought-sensitivity index. The spatial diversity of wheat was mapped with the help of the data collected by hyperspectral remote sensing. Thanks to the regression model, it was proved that there is a connection between the NDVI and the samples from the site. We developed the wet biomass map of the area, and also defined the weight of the wet biomass, which was $(\text{kg/m}^2) = 52.317e\text{NDVI}$ (625,720). The range of data necessary for site-specific farming can be extended with the data collected with remote sensing, which are already available even when there is still an opportunity to intervene in the production process.

8. MELLÉKLETEK

M1 IRODALMI HIVATKOZÁSOK

1. Ágoston T.; Pepó P. (2006): Az őszi búza – fajták termőképességének és minőségének paramétereinek vizsgálata a Hajdúságban. *Növénytermelés* 55. (5-6) pp. 371-382.
2. Allen, R. D. (1977): Evaluation of Aerial Photography as a Technique for Estimating Citrus Fruit Yield. U.S. Department of Agriculture Staff Report, Statistical Reporting Service.
3. Ambrus A.; Hidvégi Sz.; Láposi R. (2008): Precision method's impacts on quality, quantity and soil in growing winter wheat. VII. Alps-Adria Scientific Workshop, Cereal Research Communication, Volume 36, p. 367
4. Ambrus, A.; Burai, P.; Lénárt Cs.; Enyedi P.; Kovács Z. (2015): Estimating biomass of winter wheat using narrowband vegetation indices for precision agriculture, *Journal of Central European Green Innovation III*: (2) pp. 13-22.
5. Antal J. (2000): *Növénytermesztők zsebkönyve*. Budapest: Mezőgazda kiadó. 391. p.
6. Árendás T.; Sarkadi J.; Molnár D. (1998): Műtrágya hatások kukorica – őszi búza dikultúrában erdőmaradványos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 47. pp. 45-57.
7. Árendás T., Láng I., Bónis P., Bedő Z. (2003): Őszi búzafajták vetésidőreakciójának összehasonlító vizsgálata. *Növénytermelés*. 52. (1) pp.21-31.
8. Árendás T.; Bónis P.; Molnár D.; Sarkadi J. (2004): Foszfor-utóhatások erdőmaradványos csernozjom talajon a karbonátosság függvényében. *Agrokémia és talajtan*. 53. 1-2 pp. 111-124.
9. Arnold R. (2005): Importance of Soil in the 21st Century. In: *A talajok jelentősége a 21. században* (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest. pp. 13-17.
10. Balázs G.; Nádosi M.; Tömösközi S. (2007): Lab-on-a-chip technika alkalmazása búzafehérje vizsgálatokban *Élelmiszervizsgáló közlemények Élelmiszerminőség – Élelmiszerbiztonság LIII. kötet 2007. 3. pp. 135-144*
11. Baranyai F.; Fekete A.; Kovács I. (1987): *A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
12. Barczy A.; Centeri Cs. (2005): Az erózió és defláció tendenciái Magyarországon. In: Stefanovits, P. (szerk.): *A talajok jelentősége a 21. században. Magyarország az ezredfordulón. Agrárium. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián*. pp. 221-244.
13. Bartos A., Fekete A., Sárvári B.: 1991. A búza ökológiai tényezőinek és tápanyagtartalmi változóinak elemzése kanonikus korreláció analízissel. *Növénytermelés*, 40. 2. pp. 111-121.
14. Belényesi M.; Kristóf D.; Magyarai I. (2008): Távérzékelés a környezetgazdálkodásban. Egyetemi jegyzet, SZIE MKK, Gödöllő. pp. 11-30.
15. Belényesi M.; Burai P.; Czímber K.; Király G.; Kristóf D.; Tanács E. (2013): Távérzékelési adatok és módszerek erdőtérképezési célú felhasználása. *Megvalósíthatósági tanulmány*. An Augur Kft. Budapest. p. 106
16. Bencsik K. (2004): A talajok fizikai kondíciója és az agronómiai szerkezet összefüggései. In: *Talajhasználat, Műveléshatás, Talajnedvesség* (szerk: Birkás M.; Gyuricza Cs.) Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztési Intézet, Földműveléstani Tanszék, Gödöllő.
17. Birkás M. (2002): *Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés*. Akaprint Kiadó és Nyomda, Budapest. p. 344

18. Birkás M. (2006): Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 414
19. Bocz E. (1963): Szerves és műtrágyák korszerű alkalmazása a szocialista nagyüzemekben. (Ankét) MTA Agrártudományi Osztály Közleménye. Budapest. XXII, 3-4: pp. 468-471
20. Bocz E.; Pepó P. (1984): A műtrágyázás és öntözés hatása az őszi búzafajták minőségére. Növénytermelés, 33. 5. pp. 407-415.
21. Bocz E.; Pepó P. (1985): Az őszi búza fajták trágyareakciójának vizsgálata csernozjom talajon. Növénytermelés. 34:6 pp.481-493
22. Bocz E. (1996): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
23. Bodnár L. (1985): Három falu - egy tsz a Mátraalján. Budapest p. 303
24. Bresson, L. M.; Beoffin, J. (1990): Morphological characterization of soil crust development stages on an experimental field. Geoderma. 47.pp. 301-325.
25. Burai Péter (2007): Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági mintaterületeken. PhD értekezés, Debreceni Egyetem, Agrár Tudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen.
26. Burai P.; Tamás J.; Lénárt Cs.; Pechmann I. (2003) Különböző spektrális felbontású távérzékelési adatforrások alkalmazási lehetőségei az agrárkörnyezetvédelemben, Siófok.
27. Burai P.; Pechmann I. (2004): Különböző spektrális felbontású távérzékelési adatforrások alkalmazási lehetőségei az agrárkörnyezetvédelemben. Acta Agraria 13. Debrecen pp. 1-4.
28. Buzás I.; Lánszky J. (1992): Műtrágyázást, de ne a műtrágyázásért. Agrofórum, I. különszám pp. 2-3.
29. Büttner Gy. (1990): Digitális légifelvételezési kampány a Szigetközben. Földfelszíni és meteorológiai megfigyelések a világűrből. pp. 105-112.
30. Centeri Cs. (2002): A talajerodálhatóság terepi mérése és hatása a talajvédő vetésszorgó kiválasztására. Növénytermelés. 2002, 2. pp. 211-222.
31. Clevers, J. G. P. W. Buiten, H. J., (szerk., 1994), Land Observation by Remote Sensing: Theory and Applications. Amsterdam, Overseas Publishers Association (OPA), p. 642
32. Czinege E.; Pásztor L.; Szabó J.; Csathó P.; Árendás T. (2000): Térinformatikai alapokra épülő műtrágyázási szaktanácsadás. Agrokémia és talajtan, 49. pp. 55-64.
33. Csathó P. (2003): Phosphorus balance in Hungary and selected European countries. Fertilizers and Fertilization (Nawozy i Nawozenie). Polish Fert. Soc. – CIEC. 13. pp. 83-104.
34. Csathó P.; Radimsky L. (2007): A Nitrát-direktíva első 15 éve: eredmények, kudarcok és sürgető feladatok az Európai Unióban a környezet agráreredetű NP-terhelésének csökkentésében. Növénytermelés, 56. évf., 1-2sz., pp. 83-110.
35. Csathó P.; Radimsky L. (2008): A magyar mezőgazdaság agronómiai NPK tápelem mérlege a XX. században. Agronapló 10-11. sz. pp. 31-34.
36. Csiba M.; Milics G.; Smuk N.; Neményi M. (2009): A fenntartható fejlődés kihívásai és az erre adható válasz a magyar mezőgazdaságban. A mezőgazdaság és vidék jövőképe. Tudományos Konferencia, Mosonmagyaróvár. pp. 264-271.
37. Csornai G.; Dalia O. (1991): Távérzékelés. Kézirat, Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar, Székesfehérvár.
38. Dampney, P. M. R.; Moore, M. (1999): Precision agriculture in England: Current practice and research-based advice to farmers. In Proceedings of the 4th International Conference on Precision Agriculture, St. Paul, MN, ed., P.C. Robert, R.H. Rust, and W.E. Larson, Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, pp. 661-674

39. Deli Zs. (2010): A légi hiperspektrális távérzékelés. Szakdolgozat. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék. Budapest.
40. Dexter, J. E.; Preston, K. R.; Martin, D. G.; Gander, E. J. (1994): The Effects of Protein Content and Starch Damage on the Physical Dough Properties and Bread-making Quality of Canadian Durum Wheat. *Journal of Cereal Science*, 20, 2. pp. 139-151.
41. Dobos E.; Carré, F.; Hengl, T.; Reuter, H.I.; Tóth G. (Szerk.) (2006): Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps. EUR 22123 EN, 68 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
42. Dobos E., Hengl T. (2009): Soil Mapping Applications 461-479. p. In: HENGL T., REUTER H.I. (Szerk.): *Geomorphometry – Concepts, Software, Applications [Developments in Soil Science, vol. 33]* Elsevier 765 p
43. Dóka L. F. (2014): A vetésváltás hatása az őszi búza termésére a talaj vízháztartásának függvényében. (In: Nagy J. (szerk) *Növénytermelés*) Budapest 63. pp. 5-20.
44. Dorka D. (2004): Döntéstámogató talajinformációs rendszer kialakítása a mezőgazdaságban. *Acta Agraria Debereniensis* 13. pp. 130-133.
45. Elek É. et al., (1978): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszerek II. rész: Mezo- és mikrotápanyagok. MÉM NAK („Kék könyv”). Budapest.
46. Elek É.; Patócs I. (1984): A magyarországi I. talajvizsgálati ciklus eredményeinek értékelése. MÉM-NAK. Budapest.
47. Engler P. (2000): Távérzékelés. Agrárszakoktatási Intézet, Budapest
48. Erdeiné Késmárki-Gally Sz.; Fenyvesi L.; Papp Z. (2009): Examination of soil and plant biotic and abiotic stress factors by thermal and hyperspectral remote sensing methods. *Cereal Research Communications*. Budapest: Akadémiai Kiadó 37. pp. 513-516.
49. Eredics A. (2007): Vegetációs indexméter (NDVI) tervezése és fejlesztés. PhD értekezés. Nyugat – Magyarországi Egyetem. Erdőmérnöki Kar. pp. 24-25.
50. Farkas Cs. (2004): A művelés és a talajállapot hatása a talaj nedvességforgalmára. In: *Talajhasználat, Műveléshatás, Talajnedvesség* (szerk: Birkás M.; Gyuricza Cs.) Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztési Intézet, Földműveléstani Tanszék, pp. 61-81.
51. Fekete A. (1992): A tápanyag-gazdálkodás hazai helyzetének áttekintése. *Agrofórum*, I. különszám pp. 3-14.
52. Fodor L.; Fodorné Fehér E. (2014): Az őszi búza környezetkímélő, helyspecifikus műtrágyázása In: Takácsné György Katalin (szerk.) *Az átalakuló, alkalmazkodó mezőgazdaság és vidék: tanulmányok: XIV. Nemzetközi Tudományos Napok: Gyöngyös, 2014. március 27-28.. 1657 p.* Konferencia helye, ideje: Gyöngyös, Magyarország, 2014.03.27-2014.03.28. Gyöngyös: Károly Róbert Főiskola, 2014. pp. 493-498
53. Fodor N.; Máthéné Gáspár G.; Kovács G. (2008): A 4M tápanyagmodell alkalmazása a hazai tápanyagellátás tudományos megalapozásában. *Agrokémia és Talajtan*. 38. pp.79–96.
54. Fotyma, M.; Kopinski, J. (2001): Nährstoffwirtschaft und Ertragspotential ausgewählter europäischer Länder. *VDLUFA Kongressband*, Berlin, Teil I. pp. 5-14.
55. Frombach, G., Ritvayné Szomolányi, M. (2008): Hiperspektrális távérzékelés – A jövő ígéretes eszköze. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás. Siófok, 2008. szeptember 16-18.
56. Gandonou, J. M., Stombaugh, T. S., Dillon, C. R., Shearer, S. A. (2001): Precision Agriculture: A Break-Even Acreage Analysis 2001 ASAE Annual International Meeting Sacramento Convention Center Sacramento, California, USA

57. Gandonou, J. M.; Dillon, C.; Harman, W.; Williams, J. (2004): Precision farming as a tool in reducing environmental damages in developing countries: a case study of cotton production in Benin. American Agricultural Economics Association. Annual Meeting. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/20086/1/sp04ga02.pdf> Letöltve: 2010. 03.03
58. Gates, M. (1993): Climate Change and Its Biological Consequences. Sinauer Assoc. Inc. Publ. Sunderland, MA p. 280
59. Géczy G. (1960): Újabb mezőgazdasági talajhasznosítási osztályozási rendszer. Agrokémia és Talajtan. 9. pp. 405–418.
60. Gillies, R. R.; Box, J. B.; Symanzik, J.; Rodemaker, E. J. (2003): Effects of urbanization on the aquatic fauna of the Line Creek watershed. Atlanta – a satellite perspective, Remote Sensing of Environment, 86, pp. 411–422.
61. Guzha, A. C. (2004): Effects of tillage on soil microrelief, surface depression storage and soil water storage. Soil and Tillage Research. 76, pp. 105-114.
62. Györffy B. (1988): Az 1983. évi aszály hatása és tanulságai. Magyar Tudomány. 4. pp.249–254.
63. Györffy B. (2001): Javaslat a precíziós agrárgazdaság kutatási programjának indítására. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának 2000. évi Tájékoztatója, Budapest, pp. 17-22.
64. Györi Z.; Györiné Mile I. (1998): A búza minősége és minősítése. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. p. 50
65. Gyuricza Cs.; Birkás M. (2000): A szélsőséges csapadékelátottság hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon, kukoricánál. Növénytermelés. 49. pp. 691-706
66. Hagberg, S. (1960): Diastasemethoden für Weizen und Roggenmehl. Bort und Gebäck, 3. pp. 41-47
67. Hargitai H. (2006a): A hiperspektrális képfeldolgozás módszerei és az első magyarországi képkalkuló spektrométeres repülés adatainak elemzése. Doktori (PhD) értekezés. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar. Budapest.
68. Hargitai H.; Kardeván P.; Horváth F. (2006b): Az első magyarországi képkalkuló spektrométeres repülés és adatainak elemzése erdőtypusok elkülönítésére. Geodézia és Kartográfia, 58. évf. 9 sz. pp. 21-34
69. Harnos Zs. (1993): Időjárás és időjárás – termés összefüggéseinek idősoros elemzése. In: Aszály 1983 (szerk. Baráth Cs-né, Györffy B.; Harnos Zs.). KÉE. Budapest. pp. 9-43.
70. Harnos Zs. (2007): In: A precíziós mezőgazdaság módszertana. (Szerk: Németh T., Neményi M., Harnos Zs.) JATE Press – MTA TAKI 2007. pp. 159-200.
71. Horváth Cs. (2014): A búza (*Triticum aestivum* L.) tartalékfehérjéi, az ezek minőségét és mennyiségét befolyásoló ökológiai hatások, különös tekintettel a nitrogén tápanyag-ellátásra. Növénytermelés. 63. pp. 95-125
72. Illés, G.; Kovács, G. (2007): Térinformatika az erdészeti termőhely-értékelésben. Földminősítés, földértékelés és földhasználati információ In: Tóth Tibor – Tóth Gergely – Németh Tamás – Gaál Zoltán (szerk.) Keszthely-Budapest. pp.177-185.
73. Iványi K.; Kismányoki T.; Ragasits I. (1994): Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 105-121.
74. Jin, S. G.; Komjathy A. (2010): GNSS reflectometry and remote sensing: New objectives and results, Advances in Space Research, 46 (2), pp. 111-117.
75. Jolánkai M. (1982): Őszi búzafajták tápanyag- és vízhasznosítása. PhD tézis. Martonvásár.
76. Jolánkai M. (1993): A búzatermesztés egyes meghatározó tényezői: Akadémiai doktori értekezés tézisei, Martonvásár.

77. Jolánkai M. (1993): A búzatermesztés egyes meghatározó tényezői: Akadémiai doktori értekezés tézisei, Martonvásár
78. Jolánkai M.; (2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana In: Németh T., Neményi M., Harnos Zs (szerk.); MTA TAKI, Szeged pp. 63-74
79. Jolánkai M.; Birkás M.; Szalai T. (1997): Soil tillage influenced by the physical state of soil. *Acta Agronomica Hungarica*, 45 (2) pp. 155-161.
80. Jolánkai M.; Szentpétery Zs.; Szalai T.; Órsi F. (1998): Az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) minőségének és szermaradvány-tartalmának alakulása agrokémiai kezelésekben. *Növénytermelés*, 47. 1. pp. 71-77.
81. Jolánkai M.; Szabó M. (2005): Búza, 183-205. pp. In: Antal J. (szerk.): *Növénytermesztés I. A növénytermesztés alapjai*, Gabonafélék, Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 391
82. Jolánkai M.; Birkás M. (2009): Klímaváltozás és növénytermesztés. (In: Harcsa M. (szerk.) *Növénytermesztés: Gazdálkodás – Klímaváltozás – Társadalom.*) V. *Növénytermesztési Tudományos Nap*. pp. 27-34.
83. Jolánkai P.; Tóth Z.; Kismányoky T.; Farkas I. (2009) Agrokémiai kezelések hatása őszi búza (*Triticum aestivum* L.) monokultúrában. *Növénytermelés* 58. 1:39–50
84. Juhász I. (1984): A távérzékelés felhasználása a mezőgazdaságban és a talajtanban. *Agrokémia és Talajtan*. 33. pp. 585-593.
85. Kádár I. (1992): *A növénytáplálás alapelvei és módszerei*. MTA TAKI. Budapest. p. 417
86. Kádár I. (1997): Talajaink tápelemgazdálkodása az ezredfordulón. *Növénytermelés* 46. pp. 73-84
87. Kádár I. (2005): A környezetszennyezés forrásai és következményei. In: *A talajok jelentősége a 21. században* (szerk. Stefanovits P., Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest. pp. 177-179.
88. Kádár I.; Szemes I. (1994): *A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve*. MTA TAKI. Budapest.
89. Kardeván P. (2011): *Hiperspektrális technológia, Távérzékelési, fotogrammetriai és térinformatikai szakfolyóirat I. évf./ 1.*
90. Kassai M. K.; Nyárai H. F.; Máté A.; Tarnawa Á.; Szentpétery Zs.; Jolánkai M. (2012): Az évjárat hatása az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termésmennyiségére és minőségére. (In: Lehoczky É. (szerk.) *Talaj – Víz – Növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben I.*) *Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap*. Debrecen pp. 197-204.
91. Király G. (2007): *A távérzékelés erdészeti alkalmazása*. Doktori értekezés. Sopron, p.121
92. Kis S.; Takácsné György K. (2004): Kemikália csökkentésének gazdasági hatásai a mezőgazdasági vállalkozások öntéseiben. *Gazdálkodás, English Special Edition*, 48.évf. 8.sz. pp. 88-93.
93. Kis S.; Takácsné György K. (2006): Kemikáliák csökkentésének gazdasági hatásai a mezőgazdasági vállalkozások döntéseiben. *Gazdálkodás* 50. (4) pp. 52-60.
94. Klupács, H.; Tarnawa, Á.; Balla, I.; Jolánkai, M. (2010): Impact of water availability on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield characteristics. *Agrokémia és Talajtan*. 59. 1. pp. 151-156.
95. Koltay A.; Balla L. (1975): *A búzatermesztés és nemesítés*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 253
96. Koltay Á.; Balla L. (1982): *Búzatermesztés és nemesítés*. II. kiadás, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 386
97. Kondora C. (2001): *Magyarország agroökológiai adottságainak elemzése a búzatermesztés szempontjából*. Doktori értekezés. Gödöllő.

98. Kovacevic, V. (2005): Wheat yield variations among the years in the Eastern Croatia. Proceedings of the XI. Croatian Symposium on Agriculture with International Participation. 15-18 February 2005. Opatija, Croatia. pp. 453-454.
99. Kovács, F. (2014): Indexek a környezeti informatikában. http://geo.u-szeged.hu/~feri/kornyezeti_informatika/ch10s02.html Letöltés ideje: 2016.03.21.
100. Kovács A.; Márton L.; Szabó L. (1985): A humusz és a pH kapcsolatának elemzése nagyüzemi táblák talajvizsgálatai eredményei alapján. Növénytermelés. 34. pp. 507-512.
101. Kozma-Bognár V. (2012): Hiperspektális felvételek feldolgozásának és mezőgazdasági alkalmazásának vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem, Állat- és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola.
102. Kreybig, L. (1937): A M. Kir. Földtani Intézet talajfelvételi vizsgálati és térképezési módszere. Budapest.
103. Krisztián, J. (1988): A talajvédelem jelenlegi gyakorlata a fejlesztés lehetőségei. Melioráció – Öntözés és Talajvédelem, Agroinform, Budapest, pp. 47-52.
104. Kutasy E.; Pepó P. (1998): Őszi búzafajták termőképessége és stabilitása. In: Sényi Péterné (szerk.) A versenyképes magyar agrárgazdaság az évezred küszöbén: XL. Georginon Napok. I. kötet, Ökonómia Keszthely. pp. 70-73.
105. Láng I. (1976): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. p. 408
106. Láng I.; Csete L. (1992): Az alkalmazkodó mezőgazdaság. Agricola Kiadó és Kereskedelmi Kft., Budapest. p. 210
107. Láng L.; Bedő Z. (2003b): Subával az EU piacokra: három új, javító minőségű Mv búzafajta. Az MTA Martonvásári Kutatóintézetének Közleményei 15. (2) pp. 6-7.
108. Láng L.-Bedő Z. (2003a): Magyarországon vetünk, az EU-ban aratunk. Az MTA Martonvásári Kutatóintézetének Közleményei, 15. (2) pp. 4-5.
109. Lénárt Cs.; Tomor T. (2007): A műholdas helymeghatározás (GPS) és a térinformatika (GIS) alkalmazása a mezőgazdaságban, In: Magyar Gazda Európában. RAABE Kiadó, Budapest. p. 13
110. Lencsés E.; Takácsné György K. (2008): A precíziós tápanyag-ellátás jövedelemre gyakorolt hatása. 50. Jubileumi Georgikon Napok, Keszthely Konferencia CD. pp.1-5.
111. Lesznyák M-né (1996): Az őszi búza terméselemeinek vizsgálata faktoranalízissel különböző évjáratban és vetésváltási változatban. Növénytermelés, 45. pp. 133-144.
112. Lesznyák M-né (1998): A termesztési tényezők hatása az őszi búza terméselemeire. Növénytermelés, 46. pp. 299-311.
113. Loch J. (2006): A talajvizsgálatok szerepe, jelentősége a tápanyag- gazdálkodásban és környezetvédelemben. Acta Agraria Debreciensis 19. 3-8 p.
114. Loch J.; Nosticzius Á. (1992): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 408
115. Lóki J. (1996): Távérzékelés. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen. p. 114
116. Lökös Tóth K. (1999): Az évjárat hatása a hagyományos és a DH eredetű búzapopulációk termésstabilitására. Növénytermelés. 48:3. pp. 261-268.
117. Machanda, M.; Kudart, M.; Tiwari, A. K. (2002): Soil survey and mapping using remote sensing. Tropical Ecology. 43. (1) pp. 61-74.
118. Maniak, S. (2003): Konzept zur Integration von verschiedenen Datenquellen in einen Geographischen Informationssystem. PhD értekezés (Supervisor: M. Neményi) Mosonmagyaróvár.
119. Márkus B.; Wojtaszek, M. (1993): A talajerózió becslése. Vízügyi Közlemények. 75. (2) pp. 192-200.
120. Márton L. (2004): A műtrágyázás, a meszezés és a csapadék hatása a rozs, a burgonya, az őszi búza és a triticale termésére. Agrokémia és talajtan. 53. 3-4. pp. 271-290.

121. Matuz J. (1998): A szegedi őszi búza fajták eredményei az utóbbi évben. XL.Georgikon Napok, Keszthely pp. 28-32.
122. Matuz J.; Markovics E.; Ács E.; Véha A. (1999): Őszi búzafajták lisztjének minőségi tulajdonságai közötti összefüggések vizsgálata. Növénytermelés, 48. 3 pp. 243-253.
123. Mesterházi P.Á.; Milics G.; Neményi M.; Maniak S. (2007): Accuracy of Panoramic Annular Lens in Precision Agriculture. Pollution and Water Resources, Columbia University Seminar Proceedings, Environmental Problems in US and Central Europe including social Aspects of Both Areas, Vol XXXVII, in cooperation with Slovak Academy of Sciences, Institute of Hydrology, Bratislava, Slovakia, pp. 294-303.
124. Milics, G (2008): A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben, Phd értekezés, Pécsi Tudományegyetem
125. Milics G.; Tamás J. (2007): Helymeghatározás. In: A precíziós mezőgazdaság módszertana, szerk: Németh T.; Neményi M.; Harnos Zs. MTA TAKI, Szeged. 15-29 pp.
126. Milics, G.; Mesterházi P. Á.; Csiba M.; Maniak S.; Neményi M. (2007): Development of yield data collection accuracy and yield mapping In: Stafford J V (szerk.) 6th European Conference on Precision Agriculture (ECPA). Konferencia helye, ideje: Skiathos, Görögország, 2007.06.03-2007.06.07. CD
127. Milics, G.; Deákvári, J.; Burai, P.; Lénárt Cs.; Balla I.; Csiba, M., Farouk, M.; Virág, I.; Nagy, V.; Neményi, M. (2011): Application of hyperspectral imaging in precision crop production and soil management. Pollution and water resources – Columbia University Seminar Series XL. pp. 139-149.
128. Miller, B. A.; Schaetzi, R. J. (2014): The historical role of base map sin soil geography. Geoderma. 230-231. pp. 329-339.
129. Molnarova, J.; Pepó, P. (eds.) (2010): Sustainable, environmental friendly field crops production in changing climate conditions (monograph). Slovak University of Agriculture in Nitra. p. 191
130. Moore, I. D.; Gessler, E.; Nielsen, G. A.; Peterson, G. A. (1993): Terrain analysis for soil specific crop management. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, pp. 27 – 51.
131. Murphy, D. P.; Schnug, E.; Haneklaus, S. (1995): Yield Mapping - A Guide to Improved Techniques and Strategies. ASA-CSSA-SSSA, Site-Specific Management for Agricultural Systems, 33-47.
132. Nagy L. (1981): A búzatermesztés területi elhelyezése Magyarországon természeti tényezők alapján. Akadémia Kiadó, Budapest. p. 122
133. Nahum, G., Suresh S.; (1997): Spectral Imaging: Technology & Applications Hyperspectrum News Letter, Vol 3, No. 1, February 1997 Opto-Knowledge Systems, Inc. (OKSI).
134. Neményi M.; Milics G. (2007): Precision agriculture technology and diversity. Cereal Research Communications, Vol. 35, Nr. 2, Akadémiai Kiadó, pp. 829-832.
135. Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénkörforgalma. MTA TAKI. Budapest. p. 382
136. Németh, T.; Pálmai, O.; Horváth, J. (2006): Evaluation of the N-fertilization of winter wheat based ont he Nmin-mehthod in farm practice. Cereal Research Communications, Preceedings of the V. Alps-Adria Scientific Workshop Opatija, Croatia, 6-11 March, 2006., pp. 589-592.
137. Németh T.; Árendás T.; Fodor N.; Koós S.; Milics G.; Neményi M. (2011): Development of RISSAC-RIA fertilizen recommendation on system based ont en years experiences. 12th International Symposium on Soil and Plant Analysis. June 6 – 10, 2011 Mediterranean Agronomic Institute of Chania, Crete, Greece. Confernece abstract. <http://Ispaonline.org/abstactdiectory/> Letöltés ideje: 2012. 01.25.

138. Pásztor L.; Takácsné György K. (2014): Távérzékelés a talajterképezésben. *Agrokémia és Talajtan*. (2) pp. 353-370.
139. Pásztor, L.; Dobos, E.; Szatmári, G.; Laborczi, A.; Takács, K.; Bakacsi, Zs.; Szabó, J. (2014): Application of legacy soil data in digital soil mapping for the elaboration of novel, countrywide maps of soil conditions *Agrokémia és talajtan* 63:(1) pp. 79-88.
140. Pechmann I.; Tamás J.; Kardeván P.; Vekerdy Z.; Róth L.; Burai P. (2004): Hiperspektrális technológia alkalmazhatósága a mezőgazdasági talajvédelemben. in: *Proc. EU Konform Mezőgazdasági és Élelmiszerbiztonság*, pp. 98-103.
141. Pecze, Zs. (2008): Az IKR Zrt. precíziós gazdálkodási rendszere. In: Takácsné György K. (szerk.): *Gazdaságilag optimális környezetkímélő herbicid alkalmazást célzó folyamatszerkezési, - irányítási és alkalmazási programok kifejlesztése*. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, pp. 103-120.
142. Pepó P. (1998): A gabonatermesztési technológiák és a minőség. „AGRO-21” füzetek. Kompolt, „AGRO-21” Kutatási Programiroda, 1998. 23. sz. 40-68. p.
143. Pepó P.(2002): Az őszi búza fajtaspecifikus tápanyagellátása csernozjom talajokon. II. Növénytermesztési Tudományos Nap. pp. 105-110.
144. Pepó P. (2000): A minőség kritikus elemei. *Magyar mezőgazdaság*. 55. (26) pp. 10-11.
145. Pepó P. (2004a): Az évjárat hatása az őszi búza termésmennyiségére. *Növénytermelés*, 53:4 pp. 339-350.
146. Pepó P. (2004b): Őszi búza fajtaspecifikus tápanyag-reakciójának vizsgálata tartamkísérletben. *Növénytermelés* 53:4 pp. 329-338.
147. Pepó P. (2006) Az őszi búza termesztésének helyzete, alternatív fejlesztési lehetőségek In: Pepó P. (szerk.) *Búzavertikum aktuális kérdései*, Debrecen. pp. 11-35
148. Pepó P.; Csajbók J. (2014) Az agrotechnikai elemek szerepe az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termesztésében, *Növénytermelés* 63. 3. pp. 73-94.
149. Perten, H. (1962): Über die Amylaseaktivität in Getreide und Mehl. *Bestimmung der Fallzahl. Getreide und Mehl*, 12. pp. 37-42.
150. Pollhamer E-né (1973): A búza minősége különböző agrotechnikai kísérletekben. *Akadémiai Kiadó, Budapest* p. 145
151. Pollhamer E-né (1981): A búza és a liszt minősége. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*. p. 199
152. Pollhamer E-né (1988): A búza. *Akadémia Kiadó, Budapest*. pp. 18-27.
153. Porter, J. R.; Gawith, M. (1999): Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European Journal of Agronomy*. vol. 10, no. 1, pp. 23-36.
154. Radics L. (2003): Szántóföldi növénytermesztés. *Szaktudás Kiadó Ház, Budapest*. p. 260
155. Ragasits I. (1994): Gabonafélék, Búza 105-121 pp. In: Iványi K., Kismányoky T., Ragasits I. (Szerk.): *Növénytermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 377
156. Ragasits I. (1998): Búzatermesztés, *Mezőgazda Kiadó, Budapest*. p. 152
157. Réder O. (2010): Az őszi búza réz-mikroelem kezelésének gazdasági vizsgálata, PhD értekezés, Mosonmagyaróvár
158. Reichardt, M.; Jürgens, C. (2009): Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. *Precision Agriculture* 10, pp. 73–94.
159. Reisinger P. (2012): A precíziós növénytermesztés hazai helyzete, eddig elért fejlesztési eredmények. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* XIII. évf. 1. sz. pp. 4-19.
160. Ruzsányi L. (1991): A növények elővetemény-hatásának értékelése vízháztartási szempontból. *Növénytermelés* 40. pp.71-77.
161. Sárvári M. (2006): A vetésforgó és a tápanyagellátás szerepe az őszi búza termesztésében. *Búzavertikum aktuális kérdései*, Debreceni Egyetem. Debrecen. pp. 64-73.

162. Schenk, P.; Hargitai, H.; Wilson, R.; McEwen, A.; Thomas, P. (2001): The mountains of Io: Global and geological perspectives from Voyager and Galileo. *Journal of Geophysical Research*, vol. 106:12. pp. 201-33.
163. Sárosi P.; Győri Z. (2004): Az évjárat hatása az őszi búza minőségére. *Acta Agraria* 13. Debrecen pp. 1-7.
164. Smuk N.; Milics G.; Neményi M. (2010): Jövedelemtérképek a precíziós növénytermelésben. *Gazdálkodás*, 54. évf., 2. sz. pp.176-181.
165. Stafford, J. V. (1999): An investigation into the within-field spatial variability og grain quality *Precision agriculture '99 part 1*. pp. 353-361.
166. Stefanovits P. (1964): *Talajpusztulás Magyarországon*. OMMI, Budapest. p. 56.
167. Stefanovits P. (1977): *Talajvédelem, környezetvédelem*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 243
168. Stefanovits P.; Sarkadi J. (1963): A műtrágyázás várható hatásának térképei. In: *Magyarország talajai*. (szerk. Stefanovits P.) Akadémia Kiadó, Budapest. pp. 383-388.
169. Stephens, P. R. et al. (1985): Estimating universal soil loss equation factor values with aerial photography. *Journal of Soil and Water Conservation*. 40. (3) pp. 293-296.
170. Szabó J. (2000): Kreybig Digitális Talajinformatikai Rendszer (Előzmények, térinformatikai megalapozás). *Agrokémia és Talajtan*. 49. pp. 265–276.
171. Szabó J.; Milics G.; Tamás J.; Pásztor L. (2007): Térinformatika a precíziós mezőgazdaságban. In: *A precíziós mezőgazdaság módszertana*, szerk: Németh T.; Neményi M.; Harnos Zs., MTA TAKI, Szeged. 39-49 pp.
172. Szabó L. (1994): *Földművelés és növénytermesztés II. Gabonatermesztés*. Borsodi Nyomda, Gödöllő, p. 12
173. Szabó M.; Bocz E.; Kovács A.; Ruzsányi L. (1996): Búza. pp. 201-283. *Szántóföldi növénytermesztés* In: Bocz E. (szerk.) *Mezőgazda Kiadó*, Budapest. p. 888
174. Szatmári J. szerk. (2003): *Felszín- és domborzatmodellezés légi lézertalajtapogatással, LIDAR, DDM Phare HU0008-02 SZTE – Térinformatika*, Természettudományi Kar, Földtudományok Doktori Iskola
175. Szécsényi, M.; Cserhádi, M.; Zvara, Á.; Dudits, D.; Györgyey, J. (2013): Monitoring of Transcriptional Responses in Roots of Six Wheat Cultivars during Mild Drought Stress. *Cereal Res. Commun.* 41. 4. pp. 527-538.
176. Székely Cs. (2000): Tervezési módszerek és eljárások. In: Buzás Gy., Nemessályi Zs., Székely Cs. (szerk): *Mezőgazdasági üzemtan I.* (10. fejezet) Budapest: *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó*; pp. 272-328.
177. Szentpétery Zs. (2004): A nitrogén-fejtrágyázás hatása a búza termésmennyiségére és minőségére nagyombosi tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 56. 6. pp. 547-558.
178. Szentpétery Zs.; Jolánkai M.; Varga J.; Bányász I. (1995): Az őszi búza sütőipari jellemzőinek változása elhúzódo betakarítás és a késői nitrogén fejtrágyázás hatására. *Növénytermelés*, 44.5-6. pp. 475-482.
179. Szilágyi Sz.; Győri Z. (1999): Az őszi búza minőségének jellemzése az SDS szedimentációs index segítségével. *Tessedik Sámuel Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok, DATE Debrecen*. pp. 77-84.
180. Takács P.; Tamás J.; Lénárt Cs. (2004): Virtuális talajinformációs rendszerek kialakítása a Bihari-sík és a Tedej Rt. területén. *Acta Agraria Debreceniensis*, 13. 186-189.
181. Takácsné György K. (2004): *Precíziós gazdálkodásra történő átállás üzemgazdasági értékelése*. IX. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok. Gyöngyös. CD/Konferencia_2004/Üzemtan és Üzemgazdaság/Takácsné György Katalin.pdf p.6
182. Takácsné György K. (2006): A növényvédő szer használata csökkentés gazdasági hatásainak vizsgálata – milyen irányok lehetségesek? In: *Növényvédő szer használat*

- csökkentés gazdasági hatásai. (szerk. Takácsné György K.) Szent István Egyetem Gödöllő. pp. 7-29.
183. Takácsné György K. (2011): A precíziós növénytermelés közgazdasági összefüggései, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, p. 241
 184. Tamás J. (2001): Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata. Mezőgazdaság Szaktudás Kiadó, Budapest, p. 144
 185. Tamás J.; Lénárt Cs. (2003): Terepi térinformatika és GPS gyakorlati alkalmazása. Debreceni Egyetem, Debrecen.
 186. Tanács L.; Matuz J.; Gerő L.; Kovács K. (1994): A NPK műtrágyázás és évjárat hatása a búzafajták valorigráfus minőségére. Növénytermelés, 43. 3. pp. 195-203.
 187. Tomor T.; Lénárt Cs.; Enyedi P.; Katona Zs. (2011): Az ajkai vörösiszap-katasztrófa hatásainak felmérése során alkalmazott domborzatmodellezési technikák bemutatása. Lehetőségek a domborzatmodellezésben. A HunDEM 2011 kerekasztal és konferencia közleményei. pp. 1-6.
 188. Tóth Z. (2001): A talajtermékenység vizsgálata vetésforgóban és monokultúrában. Doktori (Ph.D) értekezés. Keszthely
 189. Tóth, T.; Németh, T.; Fábrián, T.; Hermann, T.; Horváth, E.; Patocskai, Z.; Speiser, F.; Vinogradov, Sz.; Tóth, G. (2006): Internet-based land valuation system powered by a GIS of 1:10,000 soil maps. *Agrokémia és Talajtan* 55, pp. 109-116
 190. Triboi E, Abad A, Michelena A, Lloveras J, Ollier JL, Daniel C (2000): Environmental effects on the quality of two wheat genotypes: I. quantitative and qualitative variation of storage proteins. *Eur J Agron* 13: pp. 47-64.
 191. Ulen B. (1997): Nutrient losses by surface runoff from soils with winter cover crops and springploughed soils in the south of Sweden. *Soil & Tillage Research*, 44. pp. 165-177.
 192. Valent F. (1987): A vetésidő és a termés közötti összefüggés vizsgálata néhány őszi búza fajtánál. Egyetemi doktori értekezés, Keszthely, p. 117
 193. Várallya Gy. (1989): Soil mapping in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*, 38. pp. 696-714.
 194. Várallyay Gy. (1994): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. (Akadémiai székfoglaló kibővített összefoglalója.) MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója, 1993. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 65-72.
 195. Várallyay Gy. (1997): A fenntartható talajhasználat problémái egy közös Európában (egy magyar talajtanos agrárszakember szemével.) MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója, pp. 314-318.
 196. Várallyay, Gy. (1997): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Tiszántúli Mezőgazdasági Napok: „A Debreceni Agrártudományi Egyetem a Tiszántúli mezőgazdaságáért, Karcag, 1997. jún. 2.
 197. Várallyay Gy. (2002): „ A termőhely-specifikus növénytermesztés talajtani megalapozása.” In: Kovácsné Gaál Katalin (szerk.) XXIX. Óvári Tudományos Napok (in Hungarian). Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Állattenyésztési Intézet, CD-ROM
 198. Várallyay Gy. (2005) A magyar Alföld szélsőséges vízgazdálkodása és ahhoz történő alkalmazkodás lehetőségei és korlátai In: Pepó P. (szerk.) Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: a modern növénytermesztés alapjai, Tudományos ülés, Debrecen pp. 43-51.
 199. Várallyay Gy. (2012): Talaj-környezet-fenntarthatóság. *Acta Agraria Debreceniensis* 49. pp. 331-337.
 200. Várallyay Gy.; Németh T. (1999): A környezetkímélő növénytermesztés agrokémiai-talajtani alapjai. Növénytermesztés és Környezetvédelem, MTA Agrártud. Oszt., Budapest. pp. 295-312.

201. Várallyay Gy.; Láng I. (2000): A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. A Debreceni Egyetem „Honoris Causa” cím átadása alkalmából (Debrecen, 2000. május 2.) megtartott előadás
202. Varga B.; Veisz O. (2003): A szimulált aszály hatása az őszi búza produkciójára és vízforgalmára. (In: Janda T.(szerk.) II. ATK Tudományos Nap – Velünk Élő Tudomány.) pp. 85-88.
203. Varga Z.; Varga-Haszonits Z.; Lantos Zs.; Enzsölné Gerencsér E.; Milics G. (2008): A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémiai és Talajtan* 57. pp.7-20.
204. Véha A.; Markovics E. (1998): Correlation between wheat flour quality parameters. 16th ICC Conference, Vienna, Austria, May 13-15, 1998. Book of Abstracts, p. 147
205. Vida Gy.; Jolánkai M.: 1995. Eltérő sütőipari minőségű búzafajták vizsgálata különböző évjáratok és termesztési tényezők között. *Növénytermelés*. 44.1. pp.43-54.
206. Wolf, S. A.; Buttel, F. H. (1996): The political economy of precision farming. *American Journal of Agricultural Economics*. p. 78
207. Ye, X., Sakai, K. (2011): Application of airborne hyperspectral imagery to estimating fruit yield in citrus. 3rd Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing: Evaluation in Remote Sensing. Lisbon. Portugal. 6-9 June. 2011.
208. Yoshioka, H.; Miura, T.; Huete, A. R.; Ganapol, B. D. (2000): Analysis of vegetation Isolines in Red-Nir Reflectance Space. *remote Sensing and Environment* 74. pp. 312-326
209. Yost, R. S.; Uehara, G.; Fox, R. L. (1982): Geostatistical analysis of soil chemical properties. II. Kriging. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 46. pp. 1033-1037.
210. Zeleny, L. (1947): A simple sedimentation test for estimating the breadmaking quality and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chemistry*, 24. pp. 465-475.
211. Zilinyi V. (1995): Természetes felszín spektrális reflexiós tulajdonságai, és hasznosításuk az optikai távérzékelés interpretációjában. *Egyetemi Doktori Értekezés, DATE, MTK, Debrecen*. pp. 24-43.

Egyéb irodalom:

212. Árendás T.- Csathó P.- Németh T. (2006): (Tápanyag) gazdálkodj okosan! *Agrofórum* 2006. 03.
213. Balikó S. (2004): Termést az előveteménnyel alapozzuk meg. *Agrofórum XV*. 2004. 08.
214. Baranyai F. et. al. (szerk.), (1989): Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. *Agroinform*. Budapest.
215. Bedő Z.; Láng I.; Vida G.; Juhász A.; Karsai I. (1997): A minőségi tulajdonságok felértékelődése a búzanemesítésben. *Agro-21 Füzetek* 23. pp. 19-30.
216. Burai P. (2006): Első magyarországi légi hiperspektrális képalkotó rendszer AISA Dual. 4. Fény-Tér-Kép Konferencia. Dobogókő, 2006. október. pp. 12-13.
217. Burai, P.; Lénárt, Cs.; Tamás, J.: 2008. Evaluation of the Accuracy of the AISA Dual hyperspectral system in Hungary. 28th EARSeL Smpoosium and Workshops. Remote Sensing for a Changing Europe. Istanbul, Turkey, 2-5 June 2008. pp. 53-55.
218. Czinege E. (2004): Gondolatok az őszi búza tápanyag-utánpótlásáról. *Agrofórum* 2004. 03.
219. Csete L. (2003): Az agrárgazdaság fenntartható fejlesztése Johannesburg után az EU előtt, *Gazdálkodás*, XLVII. pp. 13-17.
220. Demes Gy.: KITE precíziós gazdálkodás lépésről lépésre. 2015 *Agrofórum online* <http://agroforum.hu> Letöltés ideje: 2015. 06.10.

221. Győrffy B. (2000): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. Agrofórum 11.(2) pp. 1-4.
222. Hadászi L.: KITE precíziós gazdálkodás lépésről lépésre. 2015 Agrofórum online [http:// agroforum.hu](http://agroforum.hu) Letöltés ideje: 2015. 06.10.
223. Harmati I. (1983): A búza műtrágyázásának eredményessége. Magyar Mezőgazdaság. 38. évf.(41) p.6
224. Hefler J.(2003): Agrolinz: Műtrágyázási kézikönyv. OMV Magyarország Kft. Kiadó, Budapest.
225. Holló S. (1992): A műtrágyázásról. Agrofórum I. különszám pp. 28-29.
226. Jolánkai M., Szentpétery Zs., Szalai T. (1998): A búza minőségének alakulása agrikémai kezelésekből, kedvező és kedvezőtlen évjáratokban: Gyakorlati Agrofórum. Szekszárd. 10 pp. 22-24.
227. Krisztián, J. (1988): A talajvédelem jelenlegi gyakorlata a fejlesztés lehetőségei. Melioráció – Öntözés és Talajvédelem, Agroinform, Budapest, pp. 47-52.
228. Láng I.; Bedő Z. (1994): Martonvásár az új évezredre készül. Agrofórum, 1994. 9 sz. pp 12-13.
229. Marton J.: 2006. Gabonatermesztés jövőjéről a múlt tükrében, http://ikr.hu/tudastar_gabonaterm_ml.php Letöltés ideje: 2011. 08.11.
230. Márton L.(2004): A csapadék, a műtrágyázás és néhány és néhány szántóföldi növény termése. [http:// agrororum.hu](http://agrororum.hu). 2004.05.04.
231. Mesterházi P. Á.(2011): Precíziós növénytermesztés a gyakorlatban. Agrárágazat 2.
232. Milics G.; Neményi M. (2011): A precíziós gazdálkodás fejlesztési eredményei és gyakorlati alkalmazása Agrárágazat 12:(9) pp. 88-90.
233. Milics G.; Smuk N. (2014): Precíziós növénytermesztés – tápanyag-gazdálkodás 2014 Agrofórum 25. évf. 11. sz. pp. 10-12.
234. Milics G.; Smuk N.; Pörnczi A. (2015): A hozamméréstől a hozamtérképig. Agrofórum online [http:// agroforum.hu](http://agroforum.hu) Letöltés ideje: 2015. 10
235. Molnár E. (1967): Lisztminőségi követelmények a sütőiparban. Sütőipar. nov.-dec. pp. 234-237.
236. Pálmai O. (2002): A vizek védelmével kapcsolatos kormányrendelet fontosabb szempontjai. Magyar Mezőgazdaság. Növények Védelme. 3. 52. pp. 11-13.
237. Pepó P. (1996): Az őszi búza termesztés kritikus pontjai. Gyakorlati Agrofórum, VII. évf. 10. sz. pp. 3-8
238. Pepó P. (1997): A fajtaspecifikus agrotechnika szerepe az őszi búza termesztésében. Gyakorlati Agrofórum, 10. .pp. 15-18.
239. Pepó P.; Zsombik L. (2002): Az őszi búza tápanyagellátásának néhány aktuális kérdése Gyakorlati Agrofórum.13:(10) pp. 2-4.
240. Ragasits I. (1997): Agrotechnikai tényezők és a búza minősége. Gyakorlati Agrofórum 13. pp. 4-7.
241. Reisinger P. (2012): A precíziós növénytermesztés hazai helyzete, eddig elért fejlesztési eredmények. Magyar Gyomkutatás és Technológia 13. évf. 1. sz. pp. 4-19.
242. Reisinger P.; Schmidt R. (2012): Precíziós növénytermesztés – visszatekintés a kezdetekre és iránymutatás a jövőre. Agrofórum, 23. évf., 10. sz. pp. 40-44.
243. Reisinger P.; Schmidt R.; Szakál P. (1998): A talajok savanyodása és annak kedvezőtlen hatásai a talajszerkezetre és a növényi tápanyagfelvételre. II. Déldunántúli Analitikai Nap, Kaposvár, p.13
244. Ruzsányi L.; Pepó P. (1999): Környezet és minőség. Magyar Mezőgazdaság 54. (18), pp. 14-15.
245. Sági F. (1996): Precíziós gazdálkodás az EU-ban, különös tekintettel a termés biológiai értékének növelésére. Tématanulmány Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest.

246. Smuk N.; Pörnecezi A.; Milics G. (2015): A sorvezetés szerepe, a mezőgazdasági helyzet-meghatározás gyakorlati tapasztalatai. Agrárfórum Online. <http://agroforum.hu/hirek/sorvezetes-szerepe-mezogazdasagi-helyzet-meghatarozas-gyakorlati-tapasztalatai> Letöltés ideje: 2016. január 20.
247. Szabó Z. (2008): Gondolatok a tápanyag gazdálkodás jövőjéről. Agroforum. 2008. 06.
248. Szilli M. (1969): A tészták amilázativitásának technológiai vizsgálata. Sütőipar. júli-aug. pp. 144-150.

M2 ÁBRÁK JEGYZÉKE

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | ábra A precíziós gazdálkodás főbb elemei..... | 24 |
| 2. | ábra A vegetációs indexek geometriai szemléltetése (Király, 2007)..... | 34 |
| 3. | ábra Gyöngyöspatai csapadék adatok | 38 |
| 4. | ábra A mintaterület felosztása..... | 39 |
| 5. | ábra Termés mintavételi pontok elhelyezkedése | 40 |
| 6. | ábra A mintaterület foszfor tápanyag térképe..... | 44 |
| 7. | ábra Hozamtérkép a mintaterületről (2007)..... | 44 |
| 8. | ábra Hozamtérkép a mintaterületről, adatfelvételezési hibával (2008) | 45 |
| 9. | ábra Hozamtérkép a mintaterületről (2011)..... | 45 |
| 10. | ábra Gyomfelvételezés Balázs-Újváros módszerrel (2011)..... | 45 |
| 11. | ábra Munkagép által készített magassági térkép..... | 46 |
| 12. | ábra Aisa EAGLE II típusú hiperspektrális szenzor | 47 |
| 13. | ábra LAS pontfelhő | 48 |
| 14. | ábra Terepi mintavételezés a nedves biomassza tömeg megállapításához | 49 |
| 15. | ábra Nedves biomassza tömeg meghatározásához kijelölt terepi mintavételi pontok | 49 |
| 16. | ábra Termésátlag szórása (2007-2011) | 57 |
| 17. | ábra Nedvességtartalom (%) szórása (2007-2001) | 57 |
| 18. | ábra Fehérje % szórása (2007- 2011)..... | 57 |
| 19. | ábra Sikér % szórása (2007- 2011) | 57 |
| 20. | ábra Zeleny-index szórása (2007- 2011)..... | 58 |
| 21. | ábra Esésszám szórása (2007- 2011)..... | 58 |
| 22. | ábra Ezermagtömeg (g) szórása (2007-2011) | 59 |
| 23. | ábra Termésátlag szórása (2007)..... | 62 |
| 24. | ábra Nedvességtartalom (%) szórása (2007)..... | 62 |
| 25. | ábra Fehérje % szórása (2007) | 62 |
| 26. | ábra Sikér % szórása (2007)..... | 62 |
| 27. | ábra Zeleny-index szórása (2007) | 63 |
| 28. | ábra Termésátlag szórása (2008)..... | 67 |
| 29. | ábra Ezermagtömeg szórása (2008) | 67 |
| 30. | ábra Nedvességtartalom szórása (2008)..... | 67 |
| 31. | ábra Fehérje % szórása (2008) | 67 |
| 32. | ábra Sikér % szórása (2008)..... | 68 |
| 33. | ábra Zeleny-index szórása (2008) | 68 |
| 34. | ábra Esésszám szórása (2008) | 68 |
| 35. | ábra Termésátlag szórása (2010)..... | 72 |
| 36. | ábra Ezermagtömeg (g) szórása (2010)..... | 72 |
| 37. | ábra Nedvességtartalom szórása (2010)..... | 72 |
| 38. | ábra Fehérje % szórása (2010) | 72 |
| 39. | ábra Sikér % szórása (2010)..... | 73 |
| 40. | ábra Zeleny-index szórása (2010) | 73 |
| 41. | ábra Esésszám szórása (2010)..... | 73 |
| 42. | ábra Termésátlag szórása (2007, 2008, 2010, 2011)..... | 77 |
| 43. | ábra Termésátlag szórása (2007, 2008, 2010, 2011)..... | 77 |
| 44. | ábra Termésátlag szórása (2007, 2008, 2010, 2011)..... | 77 |
| 45. | ábra Termésátlag szórása (2007, 2008, 2010, 2011)..... | 77 |
| 46. | ábra Termésátlag szórása (2007, 2008, 2010, 2011)..... | 78 |
| 47. | ábra Termésátlag szórása (2007, 2008, 2010, 2011)..... | 78 |
| 48. | ábra A kezelt és kontroll pontok termésátlagai 2008, 2010, 2011 években..... | 81 |
| 49. | ábra Termésátlag szórása- kontroll (2008-2011) | 85 |
| 50. | ábra Termésátlag szórása- kezelt (2008-2011)..... | 85 |

| | | |
|-----|--|----|
| 51. | ábra Nedvességtartalom % szórása kontroll parcella (2008- 2011)..... | 86 |
| 52. | ábra Nedvességtartalom % szórása kezelt parcella (2008- 2011)..... | 86 |
| 53. | ábra Fehérje % szórása kontroll (2008- 2011) | 86 |
| 54. | ábra Fehérje % szórása kezelt (2008- 2011) | 86 |
| 55. | ábra Sikér % szórása kontroll (2008- 2011)..... | 87 |
| 56. | ábra Sikér % szórása kezelt(2008- 2011)..... | 87 |
| 57. | ábra Zeleny-index szórása kontroll (2008- 2011) | 87 |
| 58. | ábra Zeleny-index szórása kezelt (2008- 2011) | 87 |
| 59. | ábra Esésszám szórása kontroll (2008- 2011)..... | 88 |
| 60. | ábra Esésszám szórása kezelt (2008- 2011) | 88 |
| 61. | ábra A mintaterületről készített DDM (a) és a lejtő raszteres térképe (b)..... | 89 |
| 62. | ábra Lefolyási csatornák elhelyezkedése a mintaterületen | 90 |
| 63. | ábra A mintaterületre számított 10*10 m-es felbontású terméstérképe az átlag (a) és szórás értékekkel (b) megjelenítve | 91 |
| 64. | ábra Részlet a hiperspektrális felvételtől számított terméstérképből (a.) és a lézerszkennelt adatból készített osztályozott lejtő térkép és eróziós barázdák (b.) | 92 |
| 65. | ábra NDVI térkép a vizsgált területről | 94 |
| 66. | ábra Nedves biomassa térkép a (piros kontúrral) kijelölt területről | 95 |

M3 TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

| | |
|--|----|
| 1. táblázat Évjáratok meghatározása..... | 37 |
| 2. táblázat A vizsgált táblarész vetésszerkezete a 2006-2011-es évben | 41 |
| 3. táblázat A Havas '92 Növénytermesztő Gazdaszövetkezet által alkalmazott őszi búza termesztéstechnológia (2011)..... | 41 |
| 4. táblázat A kísérlet során elvégzett feladatok (2011)..... | 43 |
| 5. táblázat A termény minőségi vizsgálatai és módszerei..... | 45 |
| 6. táblázat Kutatási célok, hipotézisek és a vizsgálatok során alkalmazott módszerek | 50 |
| 7. táblázat Havi csapadékeloszlás | 51 |
| 8. táblázat Évjáráthatás vizsgálat a 2007, 2008, 2010, 2011-es évben. (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.)..... | 53 |
| 9. táblázat Varianciaanalízis eredményei (ANOVA) 2007, 2008, 2010, 2011-es évben | 54 |
| 10. táblázat Tukey-b próba eredményei a 2007, 2008, 2010, 2011-évi búza termésátlagra vonatkozóan (a termésátlag értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 55 |
| 11. táblázat Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011-évi búza nedvesség (%) tartalmára (a nedvesség % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 55 |
| 12. táblázat Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011-évi búza fehérje (%) tartalmára | 55 |
| (a fehérje % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32) | 55 |
| 13. táblázat Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011-évi búza sikér (%) tartalmára (a sikér % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 56 |
| 14. táblázat Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011-évi Zeleny-index értékeire (a Zeleny-index értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 56 |
| 15. táblázat Leíró statisztikai elemzés, 2007 (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.) | 60 |
| 16. táblázat Varianciaanalízis (ANOVA) 2007-es évben. | 61 |
| 17. táblázat Leíró statisztikai elemzés, 2008 (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.) | 65 |
| 18. táblázat Varianciaanalízis (ANOVA) 2008-as évben. | 66 |
| 19. táblázat Leíró statisztikai elemzés, 2010 (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.) | 70 |
| 20. táblázat Varianciaanalízis (2010)..... | 71 |
| 21. táblázat Leíró statisztikai elemzés, 2011 (N=32, a minták közötti eltérés szignifikancia szintjét (ANOVA) csillag (***) $P \leq 0,001$; (**) $P \leq 0,01$; (*) $P \leq 0,05$) jelzi.) | 75 |
| 22. táblázat Varianciaanalízis (2011)..... | 76 |
| 23. táblázat Leíró statisztikai elemzés – kontroll és kezelt parcellák (2008-2011) (N=32)..... | 80 |
| 24. táblázat Varianciaanalízis – kontroll és kezelt parcellák (2008-2011) | 82 |
| 25. táblázat Tukey-b próba (termésátlag) - kezelt parcellák (2008-2011) (a termésátlag értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 83 |
| 26. táblázat Tukey-b próba (termésátlag) - kontroll parcellák (2008-2011) (a termésátlag értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 83 |
| 27. táblázat Tukey-b próba (ezermagtömeg (g)) - kontroll parcellák (2008-2011) (az ezermagtömeg értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32) | 83 |
| 28. táblázat Tukey-b próba (ezermagtömeg (g)) - kezelt parcellák (2008-2011) (az ezermagtömeg értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32) | 83 |
| 29. táblázat Tukey-b próba (nedvesség %)- kontroll parcellák (2008-2011) (a nedvesség % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 83 |
| 30. táblázat Tukey-b próba (nedvesség %)- kezelt parcellák (2008-2011) (a nedvesség % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 83 |
| 31. táblázat Tukey-b próba (fehérje %) - kontroll parcellák (2008-2011) (a fehérje % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 84 |

| | |
|--|----|
| 32. táblázat Tukey-b próba (fehérje %) - kezelt parcellák (2008-2011) (a fehérje % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32) | 84 |
| 33. táblázat Tukey-b próba (sikér %)- kontroll parcellák (2008-2011) (a sikér % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32) | 84 |
| 34. táblázat Tukey-b próba (sikér %)- kezelt parcellák (2008-2011) (a sikér % értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32) | 84 |
| 35. táblázat Tukey-b próba (Zeleny-index) - kontroll parcellák (2008-2011) (a Zeleny-index értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 84 |
| 36. táblázat Tukey-b próba (Zeleny-index) - kezelt parcellák (2008-2011) (a Zeleny-index értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 84 |
| 37. táblázat Tukey-b próba (esésszám) - kontroll parcellák (2008-2011) (az esésszám értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32)..... | 85 |
| 38. táblázat Tukey-b próba (esésszám) - kezelt parcellák (2008-2011) (az esésszám értékei az oszlopban felülről lefelé növekednek, N=32) | 85 |
| 39. táblázat Hipotézis vizsgálat | 96 |

M4 MELLÉKLETEK

A Havas '92 Növénytermesztő Gazdaszövetkezet erő- és munkagépparkja

| ERŐGÉPEK | TALAJMŰVELŐ ESZKÖZÖK |
|----------------------|---|
| Zetor 12045 | Ekék: |
| MTZ 552 | 4 ekefejes váltva forgató Kuhn függesztett eke |
| MTZ 82 | 6 ekefejes váltva forgató Massey Ferguson félig függesztett eke |
| Massey Ferguson 4225 | Tárcsa: |
| Massey Ferguson 4225 | Väderstad Carrier 800 rövidtárcsa |
| Massey Ferguson 6480 | 6.2 IH Nehéztárcsa |
| ERŐGÉPEK | |
| Massey Ferguson 8220 | JD 510 DISK RIPPER |
| | Szántóföldi kultivátor: |
| John Deere 6110 | Horsch Tiger 520 AS |
| John Deere 5720 | Kompaktor: |
| John Deere 6320 | Väderstad 8m |
| John Deere 6520 | Henger+ simító: |
| John Deere 7800 | Väderstad Rollex 620 (Crosskill) |
| John Deere 8310 | Vetőgép: |
| John Deere 8245 | Accord 6m sorba vetőgép |
| | Kverneland 6m sorba vetőgép |
| | Kombájnok: |
| Massey Ferguson 7274 | Monosem 6 soros szemenként vetőgép, műtrágya- és mikrogranulátum szóróval |
| John Deere 2056 | Cyklo 1200-as 12 soros szemenkénti vetőgép |
| | Műtrágyaszóró: |
| | Kuhn X36 precíziós műtrágyaszóró |
| | Amazon Za-N |
| | Közép mély Lazító: |
| | Ympa 280 |
| | Väderstad 400 Nardi 350 JD 510 Disk Ripper |
| | Szántóföldi permetezőgépek: |
| | Rau |
| | Hardi |
| | John Deere 330 |
| | GPS: |
| ERŐGÉPEK | |
| | Trimble párhuzamvezetők, Green star, |
| | Pótkocsik: |
| | Fliegl 12 t |
| | Fliegl 15 t |
| | Innova Agro 18 t |

Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011 évi búza nedvesség (%) tartalmára (N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|-------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2007 | 3,638 | |
| | 2011 | 3,997 | 3,997 |
| | 2010 | 4,033 | 4,033 |
| | 2008 | | 4,475 |

Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011 évi búza nedvesség (%) tartalmára (N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | | |
|---------|------|-----------------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tukey-b | 2008 | 11,981 | | | |
| | 2007 | | 13,528 | | |
| | 2011 | | | 13,834 | |
| | 2010 | | | | 14,003 |

Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011 évi búza fehérje (%) tartalmára (N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | | |
|---------|------|-----------------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tukey-b | 2010 | 12,053 | | | |
| | 2011 | | 13,141 | | |
| | 2008 | | | 13,747 | |
| | 2007 | | | | 17,172 |

Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011 évi búza sikér (%) tartalmára (N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2010 | 27,2313 | | |
| | 2011 | | 28,8563 | |
| | 2008 | | 29,8491 | |
| | 2007 | | | 33,8297 |

Tukey-b próba a 2007, 2008, 2010, 2011 évi Zeleny-index értékeire (a változás iránya: ↓ - növekvő, N=32)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2010 | 43,391 | | |
| | 2011 | 44,653 | | |
| | 2008 | | 50,781 | |
| | 2007 | | | 69,488 |

Tukey-b próba termésátlagra - kontroll parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--|
| | | 1 | |
| Tukey-b | 2010 | 4,088 | |
| | 2011 | 4,219 | |
| | 2008 | 4,4 | |

Tukey-b próba termésátlagra - kezelt parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--|
| | | 1 | |
| Tukey-b | 2011 | 3,775 | |
| | 2010 | 3,979 | |
| | 2008 | 4,55 | |

Tukey-b próba (ezermagtömeg (g)) - kontroll parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2008 | 39,9988 | |
| | 2011 | 40,875 | 40,875 |
| | 2010 | | 41,625 |

Tukey-b próba (ezermagtömeg (g)) - kezelt parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--|
| | | 1 | |
| Tukey-b | 2008 | 40,597 | |
| | 2011 | 41,25 | |
| | 2010 | 41,813 | |

Tukey-b próba (nedvesség %)- kontroll parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2008 | 12,056 | | |
| | 2011 | | 13,931 | |
| | 2010 | | | 14,156 |

Tukey-b próba (nedvesség %)- kezelet parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2008 | 11,906 | |
| | 2011 | | 13,738 |
| | 2010 | | 13,85 |

Tukey-b próba (fehérje) - kontroll parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2008 | 11,731 | | |
| | 2011 | | 12,575 | |
| | 2010 | | | 13,488 |

Tukey-b próba (fehérje) - kezelt parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | 12,375 | |
| | 2011 | | 13,706 |
| | 2008 | | 14,006 |

Tukey-b próba (siker%) - kontroll parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | | |
|---------|------|-----------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-b | 2010 | 26,703 | | |
| | 2011 | | 28,228 | |
| | 2008 | | | 29,461 |

Tukey-b próba (sikér%)- kezelt parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | 27,759 | |
| | 2011 | | 29,484 |
| | 2008 | | 30,238 |

Tukey-b próba (Zeleny-index) - kontroll parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | 42,613 | |
| | 2011 | 43,544 | |
| | 2008 | | 49,431 |

Tukey-b próba (Zeleny-index) - kezelt parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | 44,169 | |
| | 2011 | 45,763 | |
| | 2008 | | 52,131 |

Tukey-b próba (esésszám) - kontroll parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2011 | 247,5 | |
| | 2010 | | 268,13 |
| | 2008 | | 279,5 |

Tukey-b próba (esésszám) - kezelt parcellák (2008-2011)

| időpont | | szignifikancia szint = 0.05 | |
|---------|------|-----------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Tukey-b | 2010 | 271,81 | |
| | 2011 | | 285 |
| | 2008 | | 292,19 |

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőmnek, Prof. Dr. Jolánkai Mártonnak és mindazoknak, akik tudásukkal, munkájukkal, energiájukkal, ösztönző támogatásukkal és türelmükkel segítségemre voltak a disszertáció elkészítésében:

Ambrus Sándor

Dr. Burai Péter

Dr. Takácsné Prof. Dr. György Katalin

Prof. Dr. Szentpétery Zsolt

Dr. Láposi Réka

Bekő László

Enyedi Péter

Mészáros Gábor

Dr. Tomor Tamás

Dr. Lénárt Csaba

Dr. Nagyné Dr. Demeter Dóra

Zsák Viktor.