

DEBRECENI EGYETEM

**KERPÉLY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA**

*Doktori Iskola vezető:*

**Dr. Nagy János**  
egyetemi tanár, az MTA doktora

*Témavezető:*

**Dr. Rátonyi Tamás**  
egyetemi docens

**A KUKORICA HAGYOMÁNYOS ÉS CSÖKKENTETT MENETSZÁMÚ  
TALAJMŰVELÉSI RENDSZEREINEK KOMPLEX ELEMZÉSE**

*Készítette:*

**Ferencsik Sándor**  
doktorjelölt

**Debrecen**  
**2015**

# **A KUKORICA CSÖKKENTETT MENETSZÁMÚ TALAJMŰVELÉSI RENDSZEREINEK KOMPLEX ELEMZÉSE**

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

Írta: Ferencsik Sándor okleveles közgazdász

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskolája  
(Növénytermesztés és kertészeti tudományok doktori programja) keretében

Témavezető: Dr. Rátonyi Tamás

A doktori szigorlati bizottság:

|        | Név                  | Tudományos fokozat |
|--------|----------------------|--------------------|
| Elnök: | Dr. Harsányi Endre   | PhD                |
| Tagok: | Dr. Milics Gábor     | PhD                |
|        | Dr. Hagymássy Zoltán | PhD                |

A doktori szigorlat időpontja: 2015. február 12.

Az értekezés bírálói:

| Név   | Fokozat | Aláírás |
|-------|---------|---------|
| _____ | _____   | _____   |
| _____ | _____   | _____   |

A bírálóbizottság:

|         | Név   | Fokozat | Aláírás |
|---------|-------|---------|---------|
| Elnök:  | _____ | _____   | _____   |
| Tagok:  | _____ | _____   | _____   |
|         | _____ | _____   | _____   |
|         | _____ | _____   | _____   |
|         | _____ | _____   | _____   |
| Titkár: | _____ | _____   | _____   |

Az értekezés védésének időpontja: 2015. ....

## TARTALOMJEGYZÉK

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. BEVEZETÉS .....                                                                                  | 5  |
| 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....                                                                        | 8  |
| 2.1. A kukoricatermesztésről .....                                                                  | 8  |
| 2.1.1. A kukoricatermesztés hazai jelentősége .....                                                 | 8  |
| 2.1.2. A kukoricatermesztés és a környezeti tényezők közötti összefüggések .....                    | 9  |
| 2.2. A kukoricatermesztés talajművelési vonatkozásai .....                                          | 12 |
| 2.2.1. A kukorica talajművelési rendszere .....                                                     | 12 |
| 2.2.2. Az okszerű talajművelés hagyományai Magyarországon .....                                     | 14 |
| 2.2.3. A hagyományos (forgatásos) talajművelési rendszerek gyakorlata a kukoricatermesztésben ..... | 16 |
| 2.2.4. A forgatás nélküli talajművelési rendszerek gyakorlata a kukoricatermesztésben .....         | 17 |
| 2.2.5. A sávos talajművelés alkalmazása a kukoricatermesztésben .....                               | 18 |
| 2.3. A talajművelési rendszerek és a talajállapot összefüggései .....                               | 19 |
| 2.3.1. A talajtömörödés okai, következményei, összefüggése a talajműveléssel .....                  | 19 |
| 2.3.2. A talajművelés hatása a talaj nedvességi állapotára .....                                    | 22 |
| 2.4. A talajművelési rendszerek és a termés összefüggései .....                                     | 24 |
| 2.4.1. A talajművelési rendszerek és a kukorica terméshozama közötti összefüggések .....            | 24 |
| 2.4.2. A talajművelési rendszerek és az egyéb növények terméshozama közötti összefüggések .....     | 27 |
| 2.4.3. A kukorica szemnedvesség-tartalmát befolyásoló tényezők .....                                | 27 |
| 2.5. A precíziós növénytermesztés alkalmazási lehetőségei a kukoricatermesztésben .....             | 28 |
| 2.6. A növénytermesztési ökonómiai vonatkozásai .....                                               | 30 |
| 3. ANYAG ÉS MÓDSZER .....                                                                           | 33 |
| 3.1. A vizsgálati terület és a vizsgálati körülmények bemutatása .....                              | 33 |
| 3.2. A vizsgált technológiák bemutatása .....                                                       | 35 |
| 3.3. A talajnedvesség-tartalom meghatározása bolygatatlan talajminta-vétellel .....                 | 38 |
| 3.4. Talajnedvesség meghatározása TDR 300 talajnedvesség-mérő szondával .....                       | 39 |

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5. A kukorica szemnedvesség-tartalmának meghatározása.....                                                        | 39  |
| 3.6. A talajnedvesség-mérő szonda kalibrációs görbéjének meghatározása .....                                        | 40  |
| 3.7. A talajellenállás meghatározása penetrométerrel .....                                                          | 41  |
| 3.8. Statisztikai vizsgálatok .....                                                                                 | 42  |
| 3.9. Ökonómiai vizsgálatok .....                                                                                    | 42  |
| 4. EREDMÉNYEK .....                                                                                                 | 46  |
| 4.1. A minimális mérésszám meghatározása .....                                                                      | 46  |
| 4.2. A talaj vetés előtt mért nedvességtartalma a vizsgált talajművelési rendszerekben.....                         | 49  |
| 4.3. A talaj penetrációs ellenállása a vizsgált talajművelési rendszerek alkalmazása esetén.....                    | 53  |
| 4.4. A különböző talajművelési rendszerek alkalmazása esetén mért szemtermés hozama és szemnedvesség-tartalma ..... | 67  |
| 4.5. Az egyes talajművelési rendszerek ökonómiai vizsgálata.....                                                    | 72  |
| 4.5.1. Az egyes művelési rendszerekben mért üzemanyag-felhasználás.....                                             | 72  |
| 4.5.2. A vizsgált talajművelési rendszerek költség-jövedelem elemzése .....                                         | 73  |
| 4.5.3. Az vizsgált talajművelési technológiák eszköz- és költségigénye .....                                        | 79  |
| 4.5.4. Az egyes talajművelési technológiák beruházás-elemzése.....                                                  | 79  |
| 5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK .....                                                                                | 84  |
| 6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK .....                                                                                   | 90  |
| 7. ÖSSZEFOGLALÁS.....                                                                                               | 92  |
| SUMMARY .....                                                                                                       | 95  |
| IRODALOMJEGYZÉK .....                                                                                               | 98  |
| MELLÉKLET .....                                                                                                     | 114 |
| KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....                                                                                           | 119 |
| NYILATKOZATOK .....                                                                                                 | 120 |

## 1. BEVEZETÉS

A modern, fejlett társadalmak legnagyobb része jelentős mezőgazdasági nehézségekkel küzd. A kiszámíthatatlan - ingadozó - felvásárlási árak, az időszakos túltermelés, az időjárási szélsőségek növekedése, a bizonytalan jövedelem, a termőföld állapotának romlása (fizikai, kémiai és biológiai degradáció), a szigorodó jogszabályi háttér és a magas költségek mind olyan tényezők, melyek állandó problémát jelentenek a növénytermesztésben. Hazánk természeti adottságainál fogva alapvetően mezőgazdasági jellegű ország, egyik legjelentősebb kincsünk a termőföld, így elképzelhetetlen, hogy a mezőgazdasági termelés Magyarország gazdasági életében ne játsszon döntő szerepet.

A kukorica hazánkban – a kalászos gabonák mellett - a legfontosabb szántóföldi növénykultúránk. Vetésterülete évről-évre meghaladja az egymillió hektárt. Napjainkban folyamatosan növekszik a kukorica élelmiszeripari, ipari és energetikai célú felhasználásának a jelentősége, mindamelllett a kukoricatermesztésben elért eredmények jelentősen hozzájárulnak a mezőgazdaság más ágazatainak fejlődéséhez és az ország biztonságos élelmiszer-ellátásához.

Napjaink egyik legfontosabb célkitűzése a fenntartható gazdálkodás feltételeinek megteremtése. A fenntarthatóság fogalmát többen meghatározták, mindegyik megfogalmazás közös vonása a talajok termékenységének megóvása. A fenntartható fejlődés a növénytermesztésben is megkívánja az ökológiai és az ökonómiai feltételekhez való alkalmazkodást, vagyis a termőhely adottságainak messzemenő figyelembevételét, a termelési igények és a környezetvédelmi célok összehangolását, a környezet minimális terhelését, valamint a gazdaságosságot.

Az időjárási szélsőségek – köztük az aszály – egyre gyakrabban előforduló jelenségek hazánkban. A hosszútávú klimatikus előrejelzések szerint Magyarországon az időjárási szélsőségek növekedése mellett, az átlaghőmérséklet növekedésével párhuzamosan csökkenő csapadékmennyiség várható. E kedvezőtlen hatások miatt a talajművelést leginkább érintő folyamat a talajok vízforgalmának megváltozása, éppen ezért a talajművelési kutatásoknak elsődleges feladata olyan technológiai eljárások kidolgozása, melyek elősegítik a kedvezőtlen feltételekhez való adaptációt, valamint képesek megakadályozni, vagy mérsékelni a szélsőséges vízháztartási helyzetek miatt kialakuló állapotokat. A jövőt tekintve alapvető fontosságú olyan agrotechnikai

megoldások fejlesztése, melyek javítják a növénytermesztési ágazat rövid és hosszútávú gazdaságosságát és hatékonyságát, ezáltal a mezőgazdasági vállalkozások versenyképességét. Mindezek mellett a fokozódó piaci verseny rákényszeríti a termelőket a leghatékonyabb inputkombinációk alkalmazására. Az ok- és szakszerű talajművelési beavatkozásokkal a gazdálkodóknak lehetősége van a szükséges gazdálkodási feltételekhez való alkalmazkodásra. A helymeghatározáson alapuló precíziós mezőgazdasági technológiai fejlesztéseknek köszönhetően olyan alkalmazások váltak elérhetővé a termelők számára, melyek segítségével jelentősen növelhető a gazdálkodás hatékonysága.

A doktori értekezésbe foglalt kutatómunkám célkitűzése a sávos talajművelés alkalmazási lehetőségének vizsgálata agronómiai és ökonómiai szempontok alapján. Dolgozatomban a sávos talajművelés, a középmély lazítás és az őszi szántás adott paraméterek szerint történő összehasonlító elemzését végeztem 3 év (2012-2014) adatai alapján. Célom az egyes talajművelési rendszerek különböző diszciplínákat átölelő komplex vizsgálata, valamint a gyakorlat számára is hasznosítható eredmények közlése. Az értekezésben az egyes talajművelési rendszerek összehasonlításának alapját a penetrációs ellenállás, a talajnedvesség, a termés hozam, a szemnedvesség, valamint az ökonómiai szempontok képezik. Az általános célkitűzésekhez igazodóan a vizsgálatok elvégzése előtt a következő, szűkebben értelmezett célkitűzéseket fogalmaztam meg:

- (1): A vizsgált talajművelési rendszerekben mért talajnedvesség-tartalom összehasonlítása.
- (2): A TDR talajnedvesség-mérővel történő talajnedvesség-méréshez szükséges minimális mérésszám meghatározásakor annak a megállapítása, hogy a mérési eredményeket befolyásolja-e, hogy a minimális mérésszám meghatározása visszatérési idő, vagy a térfogatszázalékos talajnedvesség alapján történik.
- (3): Az egyes talajművelési rendszerekben mért penetrációs ellenállást tekintve, a művelési mélységben a talajtömörödés vizsgálata.
- (4): Az egyes talajművelési rendszerekben mért talajellenállás-értékek közötti különbségek vizsgálata.
- (5): A vizsgált talajművelési rendszerekben elérhető kukorica termés hozamok összehasonlítása.

- (6): A vizsgált talajművelési rendszerekben a kukorica azonos időben történő betakarításkor a szemnedvesség-tartalom összehasonlítása.
- (7): Az egyes talajművelési rendszerek alkalmazása során felmerülő költségek, a realizálható jövedelmek, valamint az egyes technológiák beruházás-elemzéséhez kapcsolódó ökonómiai mutatók vizsgálata.

## **2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

### **2.1. A kukoricatermesztésről**

#### **2.1.1. A kukoricatermesztés hazai jelentősége**

A kukoricatermesztés meghatározó szerepet tölt be a világ mezőgazdaságában. Takarmányként, ipari alapanyagként, élelmiszerként történő széleskörű hasznosíthatósága miatt a világ egyik legjelentősebb kultúrnövénye. A kukorica azon kevés növény egyike, mely monokultúrában is termeszthető. A kukorica hazánkban évtizedek óta a kalászos gabonák mellett a legnagyobb területen termesztett növény; vetésterülete stabil, az elmúlt évek átlagában 1,1-1,2 millió hektár (NAGY, 2007). A kukorica jelentőségét a takarmányozásban, humán-, valamint ipari felhasználásában betöltött szerepe határozza meg. A kukorica magyarországi felhasználást tekintve legjelentősebb a takarmányként való hasznosítása. A humán táplálkozásban betöltött szerepe mellett jelentős a kukorica széles körű ipari alkalmazása (keményítő- és szeszgyártás, invertcukor, stb.). Mellékterméke egyaránt hasznosítható takarmányozásra, energetikai célokra, valamint a talajba dolgozva fontos szerepe van a tápanyag-visszapótlás területén (HIDVÉGI, 2007).

A kiváló genetikai háttérű beltenyésztéses hibrideknek, a műtrágyahasználat fokozódásának, a korszerű növényvédelmi eljárásoknak, valamint a mezőgazdasági műszaki technológia robbanásszerű fejlődésnek köszönhetően hazánk kukoricatermesztése az 1960-as évektől kezdődően fokozatosan intenzívvé vált (NAGY és MEGYES, 2009), ennek eredményeként az 1980-as évekre a termésátlag a korábbi időszakhoz képest több, mint két és félszeresére emelkedett (BOCZ és NAGY, 2003). Az 1960-1981 közötti időszakban a kukoricát egymillió hektárnál nagyobb területen termesztő országok között, az évenkénti átlagteremés növekedését tekintve, Magyarország az első helyen állt (MENYHÉRT, 1985).

Az 1990-es évektől a kedvezőtlen folyamatok következtében a termésátlagok jelentősen visszaestek, továbbá egy-egy évjáratban a terméssingadozás jelentősen megnőtt. Az ezredforduló kukoricatermesztését kettősség jellemezte: egyik oldalról a jó hibridellátottság (nagy számú, nagy termőképességű hibridek), továbbá az erő- és munkagépek, gyomirtó szerek, valamint a műtrágya túlkínálata volt meghatározó. A másik oldalról az elaprózódott táblákon a szakszerűtlen termesztéstechnológia volt



jellemző, másrészt az inputanyagok árának a folyamatos növekedése miatt a gazdaságok nem tudták a kukoricatermesztés azon színvonalát biztosítani, amely az 1980-as évek intenzív kukoricatermesztését jellemezte (SZÉLL, 2004). Az elért kedvező termésátlagok nem agrotechnikai, hanem elsősorban évjáratbeli különbségeknek tudhatók be (PEPÓ, 2005). Ezek az évjáratbeli különbségek azonban jelentős kockázati tényezőt is jelentenek a kukoricatermesztésben, alapvetően befolyásolva a termésmennyiséget, a minőséget, továbbá a gazdálkodók jövedelmét. BERZSENYI és GYÖRFFY (1995) vizsgálata alapján aszályos években a kukorica országos átlagtermése 4 t/ha alatti, csapadékos években pedig meghaladja a 6 t/ha-t, ami felhívja a figyelmet az évjárat nagyon jelentős termésbefolyásoló hatására.

### **2.1.2. A kukoricatermesztés és a környezeti tényezők közötti összefüggések**

Magyarország az atlanti, a mediterrán és a kontinentális éghajlati övek találkozásánál helyezkedik el. Ez a három klímátípus határozza meg az időjárás alakulását, ami ezeknek köszönhetően nagyon változékony. Az extrém időjárási hatások ellenére a magyarországi időjárás általában kedvező feltételeket teremt a mezőgazdasági termelés számára. Adottságaink jó minőségű kukoricatermesztést tesznek lehetővé (HARNOS, 1996).

A mezőgazdaság az emberi tevékenységnek az az ága, amely a legjelentősebben kitett a természeti tényezők hatásának (SZÁSZ, 2004). A növénytermesztés számára a víz elsődleges forrása a légkörből származó csapadék, mely a talaj felső rétegében tározódik, majd a vegetációs periódus folyamán jut el a növény asszimiláló szerveihez. A Kárpát-medencében az aszály az egyik legkomolyabb időjárási kockázati tényező szántóföldi növénytermesztés tekintetében (BLANKA et al., 2013). Előrejelzések szerint az elkövetkező 50 évben az időjárási anomáliák erőssége és gyakorisága növekedni fog (FÜHRER et al., 2013). LÁNG et al. (2007) szerint a hazánkban lehulló csapadék mennyisége a jövőben sem lesz több (egyes prognózisok szerint akár kevesebb), mindemellett fokozódik majd annak a már ma is nagy tér- és időbeni változékonysága. BARTHOLY et al. (2007) kiemelik annak jelentőségét, hogy a Magyarországra vetített klímaváltozási scenáriók, az átlaghőmérséklet emelkedése mellett, a csapadék mennyiségének csökkenését és térbeli eloszlásának további differenciálódását jelzik előre. A csapadékösszeg eloszlását tekintve jelentős különbségek lesznek az ország különböző területein. Az ország keleti felében a téli

hónapokban nőhet, míg a nyári hónapokban akár 20-30%-kal is csökkenhet a lehulló csapadék mennyisége.

A kukorica termésmennyiségének évről-évre történő nagy variabilitását elsősorban az időjárási tényezők befolyásolják. A kukorica termését leginkább meghatározó időjárási tényező a tenyészidőszakban hullott csapadék mennyisége (HOLLINGER és CHANGNON, 1994). Az időjárási szélsőségek előfordulási gyakoriságának növekedése következtében a szántóföldi növénytermesztés alkalmazkodóképessége romlott, valamint szenzibilitása fokozódott (CSAJBÓK, 2004).

Az aszály definícióját tekintve számos meghatározás született, az 1980-as évekre már több mint 100 definíció létezett (JONES et al., 2000). Diszciplínánként, sőt még egyes tudományágakon belül is, ellentétes értelmezései vannak az aszálynak. Mivel az aszály egy komplex, sokféle módon értelmezhető és eltérő természeti jelenségeket mutató jelenség és kritériumai viszonylagosak, egzakt méréseken alapuló számszerűsítése meglehetősen nehézé teszi definiálását (WHITMORE, 2000). A Környezetvédelmi Lexikon meghatározása szerint az aszály a kevés csapadék, a magas hőmérséklet és a nagy evapotranszpiráció következtében kialakult tartós és káros mértékű vízhiány, amely sem a növény, sem a termesztéstechnológia vízigényét nem elégíti ki, s így a termesztés korlátozó tényezőjévé válik (LÁNG, 1993a). Növénytermesztés szempontjából három főbb aszályformát különböztetünk meg: a talajaszályt, a légköri aszályt, valamint a fiziológiai aszályt. A növénytermesztés szempontjából a talajaszály a legkárosabb (VARGA-HASZONITS, 1997). A talajaszály esetén a talajnedvesség olyan alacsony szintre süllyed, hogy a gyökérzet már nem képes a vízfelvételre. Légköri aszály esetén a problémát nem a talajnedvesség hiánya, hanem a növényt körülvevő levegő nagyfokú telítettségi hiánya okozza. Légköri aszály rendszerint a nyári napokon előforduló jelenség, a kukorica aszálytűrése révén többnyire károsodás nélkül átvészeli ezeket az időszakokat. A fiziológiai aszály a gyökérzóna és a transzspirációs zóna közötti nagy hőmérséklet-különbség miatt kialakuló, a gyökér vízfelvételi zavara miatt jelentkező relatív vízhiány. LÁNG (1993b) megállapítása szerint ahhoz, hogy az aszálykárokat sikeresen lehessen csökkenteni, ismerni kell a különböző agrotechnikai műveletek (vetésváltás, öntözés, tápanyag-gazdálkodás, növényvédelem, talajművelés) kockázatmódosító hatását. Az aszály elleni védekezési módszerek között kiemelt jelentősége van az okszerű talajművelésnek.

A kukorica - a gabonafélék közül - a legigényesebb a talaj minőségére és kultúrállapotára. Nagy termést mélyrétegű, humuszban és tápanyagban gazdag,

középkötött vályogtalajon ad. Bár hazánkban az ország valamennyi termőhelyi adottsága mellett termesztik, kiemelkedően jó eredményt csak a jó vízforgalmú, mély termőrétegű, könnyen felmelegedő csernozjom-, réti csernozjom-, barna erdő-, és réti talajokon képes adni. A kukoricát világszerte a jobb minőségű talajokon termesztik (BOCZ, 1992). A termesztésére legalkalmasabb talajok pH-ja 6,6-7,5 között változik, azonban a kukorica az ettől eltérő kémhatású (5,5-8 pH) talajokat is képes elviselni, de a kukoricatermő talajok megfelelő kalcium telítettségéről, fenntartásáról folyamatosan gondoskodni kell (MENYHÉRT, 1985).

Mindezek ellenére Magyarországon számos olyan helyen is termesztene kukoricát, melyek nem biztosítják maradéktalanul a biztonságos termesztéshez szükséges feltételeket. Az ilyen rossz vízforgalmú, homokos textúrájú, alacsony szervesanyag-tartalmú és sekély termőrétegű talajokon a kevesebb vizet fogyasztó korai fajtákat kell termesztetni (LÁNG, 1976), továbbá kívánatos a termőhelyspecifikus termesztéstechnológiák alkalmazása. A kedvezőtlen adottságú területeken folytatott intenzív kukoricatermesztés mind ökológiai, mind gazdasági szempontból kedvezőtlen következményekkel jár.

A kukorica, mint trópusokról származó növény, az egyik legmelegigényesebb szántóföldi növénykultúránk. Hazánkban a kukoricatermesztés szempontjából több kritikus időszak van: a vetés ideje (megfelelő talajhőmérséklet a csírázáshoz, fejlődéshez), május (fagykárok), a virágzás és szemtelítődés időszaka (aszálykárok), valamint az ősz (fagykárok) (IVÁNYI et al., 1994).

A kukorica vízigényes növény, azonban a vízfogyasztása az egyes fejlődési szakaszokban változó. A vízellátás szempontjából a legkritikusabb fenológiai szakasz (virágzás, terméskötés, szemtelítődés kezdete) a nyári időszakra esik, ami jelentősen növeli a kukoricatermesztés kockázatát. A kukorica termésmennyiségét a nyári hónapoknak a csapadékmennyisége alapvetően meghatározza. A talaj nedvességtartalmának változékonysága miatt a termések elsősorban térbeli heterogenitásának okozója, ellenben az éghajlat, ezen belül is kiemelten a csapadékelátás nagy variabilitása, a termések tér- és időbeli szórásának elsődleges okozója (SZÁSZ, 2000). HUZSAI és NAGY (2003) a látóképi polifaktoriális tartamkísérlet eredménye alapján arra a következtetésre jutott, hogy a vetéstől a virágzásig lehulló csapadék mennyisége jóval meghatározóbb, mint a téli félévben hullott csapadékmennyiség. Kritikus vízhiány jellemzően azon a termőterületeken lép fel, melyek hőmérséklet tekintetében a legkedvezőbbek a kukoricatermesztés

szempontjából (Hajdúsági löszhát, Békés-Csanádi löszhát, Mezőföld). Ezeken a területeken az öntözésnek kiemelt jelentősége van, azonban meg kell ragadni minden olyan agronómiai és egyéb megoldást, mellyel megakadályozhatjuk a talajok nedvességvesztését.

A kukoricatermesztés agrotechnikájának egyik kulcskérdése a vízmegőrző talajművelés (ANTAL, 1987). RUZSÁNYI (2000) a kukoricát az aszályra érzékeny növények közé sorolja, mivel az egyedfejlődésének kritikus fenofázisai jellemzően azokra az időszakokra esnek, amikor a potenciális párolgás a legnagyobb, így a talaj-, valamint a légköri aszály egyaránt kialakulhat, kedvezőtlen hatásuk együttesen is jelentkezhet. Az aszályos, kedvezőtlen évjáratokban a termésdepresszió elsődleges oka a meddő tövek arányának növekedése, továbbá csökken a csöveken található magszám és az ezermagtömeg.

## **2.2. A kukoricatermesztés talajművelési vonatkozásai**

### **2.2.1. A kukorica talajművelési rendszere**

A kukorica sikeres termesztésének az alapja a téli csapadékot jól befogadó-, és tároló talajt eredményező őszi alapművelés. A kukorica talaj-előkészítése hagyományosan két műveletcsoportból áll: az őszi alapművelésből és a tavaszi magágykészítésből. A kukorica talaj-előkészítését az elővetemény betakarításának ideje határozza meg, így megkülönböztethetünk korán- és későn lekerülő elővetemény utáni talaj-előkészítést (NYÍRI, 1993).

A kukorica korán lekerülő előveteményei elsősorban a kalászos gabonák, melyek jó előveteményei a kukoricának, mivel nem hagynak nagy mennyiségű szármagadványt és kiszáritott talajt maguk után, másrészt pedig a gabonanövényeknek a nagy területen való termesztése miatt – kényszerből is – a kukorica könnyen beépíthető a vetésforgóba. Mindamellettt gyakran vetnek kukoricát hüvelyesek, pillangós növények és repce után is. A korán lekerülő elővetemény betakarítása utáni legfontosabb művelet, a vízmegőrzés szempontjából, a tarlóhántás (JOLÁNKAI, 2002). A tarlóhántás másik kiemelten fontos feladata a gyomirtás. A gyommagvak kikelését követően sikeresen elvégezhető a tarlóápolás, a gyomnövények mechanikai vagy kémiai irtása. Hazánkban a tarlóhántás- és ápolás leggyakoribb eszköze a tárcsa.

A kukorica a mélyebben (25-35 cm) megmunkált talajokon fejlődik a legjobban. A kukorica alapművelése a hántott és ápolott tarlón augusztus végétől egészen a fagyos

időszakig elvégezhető, az adott műveléshez szükséges optimális talajnedvességi állapottól függően. A kukorica alpművelése történhet forgatással (eke) vagy forgatás nélkül (középmély lazító, nehézkultivátor, nehéztárcsa, sávós alpművelő, stb.). Lejtős területeken, erózióvédelmi okokból, indokolt a szántás mihamarabbi elvégzése. A szerves trágya kijuttatása az őszi alpművelés előtt történik meg, majd forgatással kerül a talajba. Kötött talajokon az istállótrágyázást már a nyári időszakban célszerű elvégezni, a lebomlási folyamatok elősegítése érdekében (NAGY, 2007). Az őszi szántást célszerű olyan mértékben elmunkálni ősszel – lehetőleg az alpműveléssel egy menetben –, hogy tavasszal a vetőágy egy menetben elkészíthető legyen. A magággal szemben támasztott alapvető követelmény, hogy ne tartalmazzon rögöket, ne legyen poros és kiegyenlített nedvességtartalmú legyen.

Későn lekerülő elővetemény betakarítása után szükséges lehet a szárazúzás elvégzése, elsősorban akkor, amikor kukorica, vagy napraforgó volt az elővetemény. A szárazúzás történhet szárazúzóval vagy tárcsával, esetleg mindkét eszközzel. Bár a későn lekerülő elővetemény esetén rövidebb az őszi alpművelés elvégzéséhez optimális idő, mindenképp célszerű még ősszel elvégezni az alpművelést. Amennyiben a szántást nem lehet elvégezni a fagyok beállta előtt, a fagymentes napokon – a talaj nedvességtartalmától függően - pótolható az alpművelés. A deflációnak kitett homok- és láptalajok kivételével nem javasolt az őszi alpművelés elhagyása (BOCZ, 1992).

Hazai kutatások tárgyát képezte az egyes növénytermesztési tényezők kukorica termésére gyakorolt hatásának meghatározása. Az egyes vizsgálati eredmények között azonban jelentős eltérések vannak a talajművelés, mint termés nagyságát meghatározó növénytermesztési tényező jelentőségét illetően. BERZSENYI és GYÖRFFY (1995) mintegy 35 év tartamkísérlet adatsora alapján a két legfontosabb termést meghatározó tényezőnek a tápanyagellátást (31%) és a genotípust (30%) találta. A talajművelés termésre gyakorolt hatását mindössze 3%-ban határozta meg. NAGY (1995) ezzel szemben a kukorica termését meghatározó tényezőnek a tápanyagellátást (48%) és az öntözést (28%) tekintette, míg a talajművelés szerepe a tartamkísérleti adatai alapján meghaladja a 17%-ot.

### 2.2.2. Az okszerű talajművelés hagyományai Magyarországon

Magyarország földrajzi elhelyezkedéséből adódó éghajlati viszonyok miatt kiemelt jelentőséggel bír a talajnedvesség-takarékos művelési eljárások alkalmazása. Már a XIX-XX. században számos neves külföldi és hazai kutató foglalkozott a talajművelés kérdéskörével. PETHE (1805) művében már hangoztatta a sokszántásos rendszerek hátrányát: *„az akármilyen sokszori szántás nem csak az erszényre, hanem a föld termékenyebbítésére nézve merő haszontalanság és a természettel való visszaélés”*. CSERHÁTI az okszerű talajművelés elméletének és gyakorlati fogásainak kidolgozója 1896-ban megjelent művében rámutatott, hogy *„A talaj okszerű művelése mezőgazdasági haladásunk elengedhetetlen feltétele, a jövedelem fokozásának legbiztosabb segédeszköze”*. A földművelésben CAMPBELL (1907) új fejezetet nyitott a *Soil Culture Almanac* című könyvével, melyben szárazgazdálkodásos (dry farming) rendszert dolgozott ki. Hazánkban a száraz talajokon alkalmazható művelési rendszereket tekintve GYÁRFÁS (1925) és KERPELY (1910) munkássága érdemel kiemelt figyelmet. BAROSS (1909) búza alá dolgozott ki tárcsás talajművelési rendszert. MANNINGER (1938), az okszerű sekélyművelés rendszerének megalkotója, műveiben a sekélyművelés előnyeit hangsúlyozta a sokszántásos rendszerekkel szemben. SIPOS (1968) dolgozta ki a periodikus mélyítő művelési rendszert, melynek alapelve, hogy időközönként, rendszerint 4-5 évenként történik mélyítő művelés, a közbenső időszakban pedig törekedni kell a lehető legkevesebb költség- és időráfordítást igénylő művelési módokat alkalmazni. KEMENESSY (1956) a következőképpen fogalmazta meg a takarékos talajművelés lényegét: *„Célunk az legyen, hogy lehetőleg kevés, de hatékony művelési eljárással kíméljük, és egyben növeljük a talaj vízkészletét és humuszát, és teremtsük meg a talaj érettségét”*.

A talajművelés kiemelt célja olyan, a növény számára optimális minőségű magágy létrehozása, amely elegendő talajnedvességet biztosít a növény zavartalan fejlődéséhez (NYÍRI, 2004). A talajnedvesség hiánya késleltetheti az időben elvetett kukorica csírázását és kelését (GAJRI et al., 2002). Az utóbbi évtizedekben a szakszerűtlen és egyoldalú talajhasználat, az erő- és munkagépek korszerűsítésének hiányosságai, a lazítások elmaradása, az organikus gazdálkodás elhanyagolása miatt még az eredendően jó vízforgalmú talajok állapota is jelentős mértékben romlott a művelt rétegben (RUZSÁNYI és CSAJBÓK, 2001).

A talajművelés egyik fontos célja a talajok védelme, a talajok termőképességének hosszútávú fenntartása. A talajműveléshez számos problémája közül kiemelt jelentőséggel bír a talajok kultúrállapotának folyamatos romlása, mely világszerte tapasztalt folyamatként jelenik meg. E folyamat következményeként jött létre számos új talajművelési irányzat, melyek fő célja ezen kedvezőtlen folyamatok mérséklése, illetve a talajok állapotának javítása.

A különböző talajművelési rendszerek terminológiáját áttekintve látható, hogy az egyes művelési rendszerek megnevezése sokszor nem egyértelmű. Ennek oka, hogy számos talajművelő eszköz valamennyi talajművelési rendszerben használatos lehet, csak más-más intenzitással, továbbá egyes szerzők (országoként, talajművelési iskoláknaként) ugyanazt a talajművelési rendszert más-más névvel illetik (BARBER, 2000).

Hagyományos talajművelésnek tekintjük egy adott földrajzi egységben hagyományosan alkalmazott talajművelési rendszert (ASABE STANDARDS, 2004). Magyarországon a hagyományos talajművelési rendszer a szántásos (forgatásos) alapművelés. Az alapművelés a legmélyebb talajművelési beavatkozás; a szántást követően külön menetben történik meg az elmunkálás és a magágykészítés. A hagyományos talajművelés egyik legfontosabb jellemzője a növényközpontúság, azaz a talajon végzett beavatkozásokat a mindenkor növény igényeinek rendelik alá. A hagyományos talajművelési módokra általánosságban jellemző, hogy a növény igényeit kielégítő talajállapotot rendszerint sok menetszámmal, magas idő,- energia,- és költség ráfordítással érik el (GYURICZA, 2000).

A talajvédő művelési eljárásokat tekintve több definícióval találkozhatunk. BIRKÁS (2002) megfogalmazása alapján a talajvédő művelési rendszerek olyan eljárások, mely során a vetés után a terület legalább 30%-a tarlómaradvánnyal fedett. Más definíció szerint talajvédő művelési eljárásnak tekinthető minden olyan eljárás, mely a hagyományos talajműveléshez képest csökkenti az eróziót és mérsékli a talaj nedvességveszteségét (LAL, 1989). Általánosságban elmondható, hogy ide tartoznak azok a rendszerek, mely során az alapműveléskor nem történik meg a talaj forgatása. Ide sorolható a művelés nélküli direktvetés (no-till), a sávós talajművelés (strip-till), a bakhátas művelés (ridge-till), a vetőkultivátoros vetés, a nehéz kultivátoros művelés, továbbá az egyéb forgatás nélküli talajművelési rendszerek. Magyarországon elsősorban a talajművelés költségeinek és energiaigényének csökkentése, valamint az

időhatékonyság növelése miatt merült fel a hagyományos talajművelési rendszerek átértékelése.

### **2.2.3. A hagyományos (forgatásos) talajművelési rendszerek gyakorlata a kukoricatermesztésben**

A talaj forgatással történő művelésének jelentősége napjainkig sem csökkent, azonban gyakoriságának megítélése megváltozott (BIRKÁS, 2006a). A forgatásos talajművelés világszerte hagyományos művelési módszer (GRUBER et al., 2011). A csökkentett talajművelési rendszerek alkalmazásából adódó termés csökkenéstől való félelem az elsődleges oka annak, hogy a forgatás nélküli rendszerek nem terjedtek el Európában (JONES et al., 2006). A szántás az egyik leghatékonyabb módja a gyomszabályozásnak, azonban ez az egyik legnagyobb energiát igénylő művelet a kukoricatermesztésben. Azonos mélységű alapművelési módokat tekintve a szántás energiaigénye körülményektől függően 10-50%-kal meghaladja a forgatás nélküli technológiáét (MOITZI et al., 2013). A kötött, nehéz mechanikai összetételű talajokon és kedvezőtlen talajállapot esetén számolni kell az energiaigény növekedésével.

A hagyományos talajművelési rendszerekben gyomszabályozási szempontból kiemelt jelentősége volt a talajforgatásnak, azonban az egyre szélesebb skálán megjelenő herbicidek megnövelték a csökkentett talajművelési rendszerek alkalmazásának lehetőségét (CANNELL és HAWES, 1994). A szántásos intenzív talajművelési rendszerekben a szármadarvány-borítottság hiánya miatt jobban kitett a szél és a csapadék általi erózióknak és degradációs folyamatoknak, ami a termelékenység csökkenéséhez valamint a talajminőség romlásához vezethet. A hagyományos műveléssel kialakított talajállapot gyakran nem alkalmas a szélsőséges időjárási körülmények miatt kialakuló kedvezőtlen környezeti hatások hatékony mérséklésére (LAL et al., 2007). BIRKÁS (2002) szerint a szántásnak – minden hátrányának ellenére – meghatározó szerepe van a talajművelésben.

Számos kutatás tárgyát képezte a szántás időbeni végrehajtásának vizsgálata. A kutatási eredmények alapján a tavaszi szántás mellőzendő alapművelési eljárás. SURÁNYI (1957) a tavaszi szántást kedvezőnek találja a kukorica kelése és kezdeti növekedése szempontjából, azonban a tavaszi bolygatás miatti talajnedvesség-veszteség kockázatot jelent, mivel így a kukorica vízhiánya aszályos, száraz években erőteljesebben jelentkezik. A tavaszi szántásos alapművelés kockázatát tovább növeli,



hogy a nagy agyagtartalmú talajokon az optimális művelési tartomány szűkössége miatt nehéz a jó minőségű szántás elvégzése. BIRKÁS (1997) javaslata alapján, amennyiben valamilyen kényszerítő ok miatt tavasszal kell elvégezni az alapművelést, abban az esetben, mint kényszermegoldás, előnyösebb a sekély, forgatás nélküli alapművelés a tavaszi szántáshoz képest.

#### **2.2.4. A forgatás nélküli talajművelési rendszerek gyakorlata a kukoricatermesztésben**

Az 1970-es években bekövetkezett olajár-robbanás, valamint a növénytermesztés inputjainak folyamatos drágulása előtérbe helyezte az olyan műszaki- és agronómiai kutatásokat valamint technológiákat, melyek segítségével csökkenthető a növénytermesztés energiaigénye. A mezőgazdaságban lezajló technológiai fejlődés (hatékonyabb növényvédő szerek, műtrágyák, gépesítési fejlesztések) miatt, a csökkentett menetszámú, forgatás nélküli művelési módokkal a hagyományos műveléshez hasonló terméseredményeket értek el, jelentősen kisebb energiafelhasználás mellett. Ennek köszönhetően az Amerikai Egyesült Államokban rohamosan megindult a forgatás nélküli talajművelési rendszerek alkalmazása, fejlesztése, valamint kutatása (SEMBERY, 1989). A csökkentett talajművelési rendszerek gyakorlatba történő adaptálása azóta is világszerte növekvő tendenciát mutat (URI, 1999).

A csökkentett talajművelési rendszereknek csökkentenie kell a talajeróziót, valamint a felhasznált energia mennyiségét (SPRAGUE és TRIPLETT, 1986). A csökkentett talajművelési rendszerek alkalmazásának további előnye, hogy a hagyományos talajművelési rendszerekhez képest az alapművelő eszközöknek nagyobb az egységre jutó terület-teljesítménye, ami csökkenti a kedvezőtlen időjárási körülményekből adódó szűkebb művelési intervallum miatti kockázatokat (BALL, 1989). A csökkentett menetszámú talajművelési rendszerek széleskörű alkalmazását alapvetően befolyásolja a termesztendő növények köre, a talajtípus, a gazdálkodóknál már alkalmazott talajművelési rendszer, valamint hogy az új rendszer hogyan befolyásolja a gazdálkodás jövedelmezőségét (MORRIS et al., 2010). A csökkentett menetszámú talajművelési rendszereket vizsgáló kutatási eredmények nem általánosíthatóak, mivel az eredményeket alapvetően befolyásolja a termőhely klimatikus, hidrológiai, és talajtani jellemzője (BLEVINS et al., 1983).

A talajművelés üzemanyag-fogyasztása pozitív korrelációban van a talajművelés intenzitásával. A talajművelés intenzitása függ a talajművelési műveletek számától, az eszköz típusától, valamint a művelési mélységtől (GODWIN, 2007).

#### **2.2.5. A sávos talajművelés alkalmazása a kukoricatermesztésben**

A sávos talajművelés (angolul *strip-tillage* vagy *zone-tillage*) egy olyan művelési módszer, mely esetében kizárólag a vetősáv kerül megművelésre, a sávok között talajszelvény bolygatatlan marad. A sávos talajművelés hazánkban egy viszonylag új művelési irányzat, míg az USA-ban a sávos talajművelés mintegy 40 éves múltra tekint vissza. Magyarországon az első országos szintű kísérleti beállításokat a KITE Zrt. indította meg 2011-ben. A sávos talajművelés elsősorban a kukoricatermesztés során alkalmazott alapművelési mód, azonban sikerrel alkalmazható más szántóföldi növények (napraforgó, repce, szója), valamint kertészeti növénykultúrák esetén is (CELIK et al, 2013). A sávos talajművelés kombinálja a forgatás nélküli illetve a művelés nélküli rendszert, azáltal, hogy a vetősáv megművelése mellett a műveletlen sávközök felszínén teljes szármaradvány borítottságot biztosít. A sávos talajművelés felszíni szármaradvány-borítottsága szignifikánsan nagyobb a hagyományos talajművelési rendszerekkel összehasonlítva, függetlenül a talajtípustól (VYN és RAIMBAULT, 1993). Az amerikai Conservation Technology Information Center (CTIC) megfogalmazás alapján a sávos talajművelés a direktvetés módosított formája, amelyben a talaj egyharmada kerül megmunkálásra. A sávos talajművelés speciális vetőgépet, illetve alapművelő eszközt, valamint nagy pontosságú GPS rendszert követel (REEDER, 2000).

FORTIN (1993) vizsgálatai alapján a szármaradvány eltávolítása csökkenti a talajnedvességet a vetősávban, míg a sávközökben a szármaradvány-borítás elősegíti a talajnedvesség megőrzését. A sávos talajművelés a talajvédő művelési rendszerek körébe tartozik, melyben ellentétben a szántásos technológiával, nem történik meg a talaj forgatása, valamint legalább 30%-os szármaradvány borítottságot biztosít a talajfelszínen. A sávos talajművelés előnyei közé tartozik az erózió csökkentése, a szervesanyag-tartalom és talajnedvesség megőrzése, valamint a biodiverzitás védelme (MORRISON, 2002). BOSH et al. (2005) eredményei alapján a sávos talajművelés mintegy 80%-kal csökkentette a felszíni elfolyást a hagyományos talajműveléshez képest.

CELIK és ALTIKAT (2010) a sávos talajművelés művelt sorait vizsgálta a vetősáv szélességének függvényében. Vizsgálati eredményeik alapján minél szélesebb volt a sávos művelésben a művelt sáv, a csírázás és kelés, valamint a kezdeti növekedés annál erőteljesebb volt, valamint pozitív korreláció volt a sáv szélessége és a talajhőmérséklet között. A sávköz szélességének csökkenésével azonban a megnövekedett evaporáció miatt alacsonyabb talajnedvesség-értékek voltak megfigyelhetők.

Kutatásokat képezte a sávos talajművelés optimális mélységének a meghatározása. TEMESGEN et al. (2007) sávos talajművelési változatokat (sekély és közép mély művelés), valamint hagyományos szántásos alpművelést hasonlított össze. A sávos talajművelés közép mély (25-35 cm) műveléssel volt a legeredményesebb a kukorica terméshozamát tekintve. Ezzel ellentétesen MORRISON (2002) eredményei alapján nincs szükség sávos talajművelés esetén közép mély művelésre, mivel sekély sávos talajműveléssel hasonló eredményeket lehet elérni.

## **2.3. A talajművelési rendszerek és a talajállapot összefüggései**

### **2.3.1. A talajtömörödés okai, következményei, összefüggése a talajműveléssel**

A talajtömörödés lényegét tekintve a talajrészecskék közötti pórusterfogat csökkenése, mely kialakulhat mind a talajfelszínen, mind pedig a talaj mélyebb rétegeiben. A talajfelszínt érintő tömörödés viszonylag könnyen megszüntethető talajműveléssel, vagy természetes úton megszűnik a biológiai aktivitás és a gyökérnövekedésnek köszönhetően, továbbá a talajfelszín tömörödése rövid- és középtávon nem okoz a szántóföldi növénytermesztést tekintve komoly problémákat (JONES et al., 2004). Ezzel ellentétben, a mélyebb talajrétegekben történő tömörödést esetenként nagyon nehéz és költséges lehet megszüntetni, mindamellett ezeket az eljárásokat meg kell ismételni. A művelt rétegben történő talajtömörödés akadályozza a növények gyökerének fejlődését és gyakran okoz termés csökkenést. A káros talajtömörödés hatására végeredményben a talaj sokoldalú funkciója sérül és a növénytermesztési tevékenység kockázatosná válik (IDE et al., 1990).

DVORACEK (1968) szerint penetrométerrel felderíthetők a helytelen agrotechnikai beavatkozások következményeként kialakult tömör réteg(ek) mélysége, vastagsága, valamint a talajjellenállás pontos mértéke. A szerző szerint a károsan tömör rétegek jelenlétét a talajfelszínen jellemzően semmilyen tünet sem jelzi, sőt laboratóriumi vizsgálatok alapján is csak ritkán lehet kimutatni ezen rétegek jelenlétét.

Ezzel szemben BIRKÁS (2010) számos olyan tényezőt megnevez, melyek a tömörödéssel utalnak: a csapadékvíz pang a talajfelszínen; a tömör rétegekben a talaj lemezessé válik; a növény gyökerei vízszintes irányban növekednek; a növények hőségnapokon a vízhiány és hervadás jeleit jóval előbb mutatják, mint a kedvező állapotú talajokon; a tarlómaradványok konzerválódnak a tömör rétegben, megpenészednek, valamint feltáródásuk elmarad; a művelés minősége nedvességtartalomtól függetlenül rosszabb; a művelés energiaigénye az adott talajra és nedvességre jellemzőhöz képest nagyobb; súlyosabb az aszály- és a belvízkár; valamint csökkenő termésmennyiség mellett romlik a termés minősége.

A tömör talaj kvantitatív meghatározásának tekintetében számos eredményt közöltek már. GROENEVELT et al. (2001) a 2,5 MPa talajellenállást már a gyökérnövekedés gátló paraméterként jelöli meg, azonban a legtöbb szakirodalom a károsan tömör talajt általánosan 3 MPa talajellenállás értékkel, vagy  $1,5 \text{ g/cm}^3$  térfogattömeggel jellemzi (SOANE és OURWERKERK, 1995). Ilyen mértékű tömörödés esetén a gyökérzet növekedése akadályozott, mely végeredményben termés csökkenéshez vezet. BIRKÁS (1996) a talajtömörödés legfontosabb káros hatásai között említi a talajok biológiai, kémiai, fizikai állapotának romlását, a növények víz- és tápanyagfejlődésének korlátozását, a gyökérfejlődés akadályozását, valamint a talaj művelhetőségének romlását és a művelés megnövekedett energiaigényét.

A talajtömörödés természetes okokra és emberi tevékenységre visszavezethető fizikai talajhiba (VÁRALLYAY, 1996). Az emberi tevékenység okozta fizikai talajdegradációért közvetve elsősorban a megnövekedett gazdaság- és táblaméret, a vetésforgó hiánya, az intenzív növénytermesztés, a felszíni szármaradvány-borítottság hiánya, közvetlenül a gyakori és intenzív talajművelési beavatkozások (mélyszántás, sokmenetes művelés, stb.) és a nem optimális időben végzett talajmunka felelős (BRONICK és LAL, 2005; HAMZA és ANDERSON, 2005). A sokmenetes, intenzív talajművelés, a nagy tömegű gépek taposása miatt a talajok egyre tömörödőbbé válnak, valamint romlik a vízforgalmi tulajdonságok (vízvezetés, vízbefogadás). Ezen kedvezőtlen folyamatok talajkímélő művelési módszerek szélesebb körben történő alkalmazásának igényét veti fel (SÖRÖS és SOÓS, 1994).

Az emberi tevékenységre visszavezethető talajtömörödés a talajban való elhelyezkedése alapján elkülöníthető taposási és művelési eredetű tömörödéssé. A taposási eredetű tömörödés jellemzően a sokmenetes talajművelés kísérő jelensége, míg a művelési eredetű tömörödést a művelőeszközöknek több éven keresztül történő,

azonos mélységben való munkája okozza (RÁTONYI, 2006). A nedves talajállapot mellett végzett talajmunka növeli a tömörödés kockázatát (BIRKÁS, 2006b). A talajtömörödést tekintve számos becslés áll rendelkezésre. A legoptimistább becslések alapján 1,6 millió, a legpesszimistább alapján 3,5 millió hektár tömörödött, vagy a tömörödést tekintve potenciálisan veszélyeztetett terület található Magyarországon (BIRKÁS, 2004). A kukorica – mint talajtömörödésre érzékeny növény – esetében a 4 centimétert meghaladó tömör réteg vastagsága tekinthető kritikusnak (BIRKÁS et al., 1996; LIPIEC és SIMOTA, 1994).

A talajtömörödöttség a talaj fizikai állapotának kedvezőtlen állapota, mely jól jellemezhető a talaj mechanikai ellenállásával (SINÓROS-SZABÓ, 1992). A növény egészséges fejlődéséhez és növekedéséhez olyan talajállapot szükséges, mely elegendő nedvességtartalommal rendelkezik, valamint a gyökerezési mélységben nem található a gyökérfejlődést akadályozó tömör réteg (PHILIPS és KIRKHAM, 1962).

A talaj penetrációs ellenállásának meghatározására világszerte alkalmazott és elfogadott módszer a penetrométerrel történő talajellenállás-mérés (REISTER, 1971). A talajellenállás mérésével mind tudományos, mind gyakorlati szempontból jól hasznosítható és fontos adatok nyerhetőek. A növényi gyökérzeti növekedése akkor lehetséges, ha leküzdí a talaj mechanikai ellenállását. A gyökérfejlődés nagyobb mechanikai ellenállású talajrétegekben nehezebben megy végbe és több energiát igényel, szélsőséges esetekben a tömör talajréteg meg is akadályozhatja a gyökérzet mélyebb talajrétegbe jutását, mely végső soron termésdepresszióhoz vezet (BOGUSLAWSKI és LENZ, 1958).

TREVINI et al. (2013) a sávos talajművelés, és direktvetés talajellenállását összehasonlítva azt tapasztalta, hogy a talaj felső 15 cm-es rétegében a sávos talajművelés ellenállása szignifikánsan kisebb volt. A művelt réteg alatt nem volt kimutatható szignifikáns különbség a talajellenállás értékekben.

RÁTONYI et al. (2003) csárdaszállási kísérletben szántásos és forgatás nélküli talajművelési rendszerek talajellenállását hasonlította össze. A direktvetésben mért talajellenállás értékek szignifikánsan meghaladták a szántásos, tárcsás lazító és kultivátoros alpművelés értékeit. A direktvetésben a talaj felső 20 cm-es rétege tömörödöttnek bizonyult, bár a feltalaj tömörödöttsége nem érte el azt a fokot, mely veszélyeztette volna a kukorica biztonságos termesztését. A többi vizsgált talajművelési rendszer esetében kedvező talajellenállást mértek a művelt rétegben, azonban a

szántásos művelés esetén a szántáselmunkálás során a feltalaj jelentősen visszatömörödött.

### **2.3.2. A talajművelés hatása a talaj nedvességi állapotára**

Magyarország természeti adottságai között kiemelt jelentősége van annak, hogy a talaj az ország legnagyobb potenciális természetes víztározója (VÁRALLYAY, 2005). Habár a talaj nagy potenciális tározóként funkcionál, gyakran előfordulnak szélsőséges vízháztartási állapotok. Ennek legfőbb oka, hogy a talaj potenciális nedvességtározó terének hasznos kihasználását nagy területen akadályozzák a víz talajba szivárgásának (telített póruster, fagyott feltalaj, felszíni vagy felszín közeli tömörödött, kis vízáteresztő képességű talajréteg), vagy a talajban történő hasznos tározásának (gyenge víztartó képesség, nagy holtvíztartalom) korlátai. Ilyen talajokon egyaránt fokozódik a belvízveszély és az aszályérzékenység, s következnek be szélsőséges vízháztartási helyzetek, gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazonokon a területeken (VÁRALLYAY, 2012; PÁLFAI, 2005).

A talajművelés során megművelt felső talajréteg jelentősége a vízforgalom szempontjából rendkívül nagy, mivel az általa elnyelt és továbbított víz mélyben történő tározása biztosítja a növény számára a vegetációs időszakban szükséges vízmennyiséget, mely zavartalanul kielégíti a mindenkor változó növényi életfolyamatokat (SZÁSZ, 2010). A talaj, mint elsődleges természetes vízraktározó közeg, megkülönböztetett jelentőséggel és figyelemmel bír földhasználati szempontból, hiszen mindamelllett, hogy vízraktározása révén képes mérsékelni, tompítani a vízháztartási szélsőségek következményeit, ugyanakkor képes ezen kedvezőtlen hatások felnagyítására, súlyosbítására is (ZSEMBELI, 2001; BIRKÁS és GYURICZA, 2004). A jó vízháztartású talajokon a növénytermesztés kisebb kockázattal jár aszályos időszakban a rossz vízbefogadó és vízraktározó talajokon folytatott termesztéshez képest. A talajok fizikai féleségét nem lehet változtatni, azonban szerkezeti, agronómiai állapotán, tömörödöttségén, vízbefogadó képességén lehet javítani, így a fenntartható és biztonságos növénytermesztés egyik kulcskérdése a talajok vízháztartásának hatékony szabályozása. A talaj vízháztartása befolyásolja annak hő- és levegőforgalmát, biológiai élettevékenységét, melyek közvetve hatnak a talaj technológiai tulajdonságaira, melyek meghatározzák az egyes agrotechnikai műveletek beavatkozásának optimális időpontját, illetve az egyes műveletek gép- és energiaigényét (CSETE és VÁRALLYAY, 2004).

A magágy talajnedvesség-tartalma és hőmérséklete késleltetheti vagy elősegítheti a kelést és a csírázást (SNEIDER és GUPTA, 1985). Továbbá az egészséges növényi fejlődés alapfeltétele a növény igényeit kielégítő talajnedvesség-tartalom, valamint a növény gyökerezését elősegítő tömörségi állapot (PHILLIPS és KIRKHAM, 1962).

Magyarországon az éghajlati viszonyok mellett a termésátlagokat alapvetően a csapadék és a hőmérséklet befolyásolja (SURÁNYI, 1957). Míg a felszíni szármadarvány borítottság és a talajhőmérséklet között inverz a kapcsolat, addig a talajnedvesség a szármadarvány borítottsággal pozitív korrelációban áll (RADKE, 1982). A talajnedvesség és a talajhőmérséklet között szoros kapcsolat áll fenn, hiszen a nedves talaj felmelegedése, a nagyobb hőkapacitás miatt, nehezebben megy végbe, mint a szárazabb talajoké. MORRISON és GERIK (1983) ezzel a jelenséggel magyarázzák a csökkentett menetszámú, víztakarékos talajművelési rendszerekben időben később végbemenő, kevésbé erélyes csírázást és kelést.

A csökkentett menetszámú talajművelési rendszerek vízhasznosításának hatékonysága és a termésmennyiség számos tényezőtől függ, beleértve a talajtípust, a növény igényeit, a csapadék-ellátottságot, valamint a talaj víztartó-képességét (LAMPURLANES et al., 2002; ZSEMBELI, 2003). KAPOCSI (1981) szerint nem elegendő egy-egy év alapján következtetéseket levonni a talajművelési változatokat illetően annak talajnedvességre gyakorolt hatásával kapcsolatban, azokat több éves talajművelési rendszerbe illesztve érdemes vizsgálni.

KARLEN et al. (1994) 12 éves vizsgálati adatsor alapján igazolta, hogy a művelés nélküli direktvetés térfogatszázalékos nedvességtartalma szignifikánsan meghaladta a szántásos és kultivátoros művelési rendszerét. GYURICZA et al. (2004) kutatásai alapján a talajművelési tartamkísérletben nagyobb talajnedvesség volt megfigyelhető a csökkentett menetszámú talajművelési rendszerekben a hagyományos, szántásos technológiához képest, azonban csak a talaj felső (0-10 cm) rétegében volt szignifikáns különbség. Ezzel szemben ERBACH et al. (1992) szerint a talaj felső 20 cm-es rétegének nedvességtartalmát befolyásolja a talajművelés módja.

LICHT és Al-KAISI (2005) az Iowa State University kísérleti telepén végzett összehasonlító elemzéseket az egyes talajművelési rendszereket tekintve. Eredményeik alapján a sávos talajművelést legalább olyan hatékonynak tekintik vízmegőrzés szempontjából, mint a direktvetést. Vizsgálataik alapján a talaj 0-30 cm és 0-120 cm-es talajszelvényében nem volt statisztikailag igazolható különbség a talaj

nedvességtartalmát tekintve, azonban a sávós talajművelés nedvességtartalma általában magasabb értéket mutatott, mint a hagyományos művelésé.

A Debreceni Egyetem Földműveléstani Tanszéke a csárdaszállási üzemi kísérletében vizsgálta az egyes csökkentett menetszámú talajművelési rendszerek talajnedvességre gyakorolt hatását. RÁTONYI et al. (2003) vizsgálataikkal bizonyították a forgatás nélküli talajművelési rendszereknek a nedvességmegőrző hatását. A legnagyobb talajnedvességet a direktvetésben mérték, ezt követte a tárcsás lazítóval és kultivátorral végzett alpművelésben mért értékek, végül a legalacsonyabb talajnedvesség az őszi szántásos alpművelésben volt megfigyelhető. A talaj 0-180 cm-es rétegében 1999-ben a direktvetés nedvességtartalma 23-mm-rel, 2002-ben mintegy 103 mm-rel haladta meg a forgatásos művelés talajnedvesség tartalmát.

## **2.4. A talajművelési rendszerek és a termés összefüggései**

### **2.4.1. A talajművelési rendszerek és a kukorica terméshozama közötti összefüggések**

A talajművelés kukorica termésmennyiségére gyakorolt hatásának vizsgálata a nagy energiaigényű, sokmenetes intenzív talajművelési eljárásoktól a direktvetésig terjed. Az egyes talajművelési rendszerekben elért terméseredményeket tekintve az eredmények mind a hazai, mind pedig a külföldi szakirodalmakat tekintve ellentmondásosak. LARSON (1964) megállapításai alapján a talajtulajdonságok, a klimatikus viszonyok és a termesztett növények nagyszámú kombinációja miatt általános érvényű megállapítások nem vonhatók le a talajművelés és a termésmennyiség közötti összefüggést tekintve. A hagyományos és a sávós talajművelés összehasonlítása számos nemzetközi kutatás tárgyát képezi, bár túlnyomó részt Észak-amerikai (USA, kukorica övezet) és kanadai kutatási eredmények állnak rendelkezésre (MORRISON, 2002; SIMS et al., 1998).

Hazánkban a sávós talajművelés tartamkísérletben történő vizsgálata még nem történt meg, azonban rendelkezésre állnak kutatási eredmények a forgatásos és forgatás nélküli talajművelési rendszereket tekintve. Bár általános érvényű következtetéseket az elért terméseredményeket tekintve nem lehet levonni, megállapítható, hogy a rendelkezésre álló hazai kutatási eredmények többsége az őszi szántásos technológia termésnövelő hatását igazolja.



SIPOS (1972) vizsgálatai alapján az őszi szántás a leginkább javasolt alpművelési módszer, mivel így segíthető legjobban elő a téli csapadék befogadása, valamint tárolása, mindamellett tavasszal a szántott talajokon kiváló minőségű magágyat lehet készíteni. További előnyként említi meg a szerző, hogy az elővetemény betakarításától a magágykészítésig – az időjárási viszonyoktól függően - általában elegendő idő áll rendelkezésre a szántás végrehajtásához, ami jelentősen megkönnyíti a munkaszervezési folyamatokat.

GYÖRFFY-SZABÓ (1968) tárcsás és szántásos kezeléseket hasonlított össze. Eredményei alapján a szántásban mért terméshozamok szignifikánsan meghaladják a forgatás nélküli alpművelésben mért hozamokat. HEGEDŰS (1984) négy különböző talajművelési rendszert hasonlított össze (őszi szántás, tavaszi szántás, talajmaró, tavaszi tárcsás művelés); kísérlete alapján az őszi szántás bizonyult a legnagyobb hozamú kezelésnek.

FENYVES (1997) hagyományos és csökkentett menetszámú technológiák (őszi szántás, középmező lazítás, tárcsázás, direktvetés) összehasonlítása alapján megállapította, hogy a kukorica számára a legnagyobb termést a szántásos és lazításos technológia biztosította.

NAGY (1996), DRIMBA és NAGY (1998), RÁTONYI et al. (2005), SULYOK (2005a), NAGY (2006) kutatásaikban a Debreceni Egyetem látóképi szántóföldi tartamkísérlete alapján igazolták, hogy mészlepedékes csernozjom talajon a kukorica számára leginkább kívánatos alpművelési módszer az őszi szántás a tavaszi szántáshoz és a tárcsás műveléshez képest.

LÁSZLÓ és GYURICZA (2008) talajművelési kísérletben mintegy tíz éven keresztül tanulmányozták a forgatásos művelés, a bakhátas és direktvetéses talajvédő művelési rendszerek hatását a kukorica termésére. A direktvetésben kisebb volt a kukorica terméshozama, mint a művelt kezeléseknél, valamint a hagyományos művelés termésátlaga meghaladta a bakhátas művelés hozamát, azonban nem mutattak ki számottevő különbséget a kezelések között a terméseredményeket tekintve.

A hagyományos és a művelési nélküli rendszereket összehasonlítva WILHELM és WORTMANN (2004) eredményei alapján a szántásos talajművelés esetén érhető el a legnagyobb terméshozam kukoricában. Vizsgálta továbbá a talajművelés és évjáráthatás interakcióját; az őszi szántás termésnövelő hatása hűvös évjáratokban kifejezettebb volt. JONES et al. (2006) szerint bár a termést sok egymásra ható tényező alakítja és a talajművelés hatásait a termésre egyértelműen nem lehet számszerűsíteni,

általánosságban elmondható, hogy a forgatás nélküli talajművelési rendszerek hozama általában alacsonyabb a szántásos műveléshez képest. WYSOCKI (1986), LAMM és AIKEN (2007) hasonló következtetésre jutottak; kísérleteikben a sávos talajművelés kukorica hozama alacsonyabb volt a szántásos talajműveléshez képest. A művelés nélküli rendszerekben KETCHESON (1980) a termés csökkenés elsődleges okaként a megnövekedett talajellenállást okolja. VYN et al. (1982) szerint a sávos talajművelés, mely kombinálja a művelés nélküli és lazításos művelést, ezt a kedvezőtlen talajállapotot megszünteti.

OPUKU et al. (1997) valamint VYN és RAIMBAULT (1993) eredményei alapján nincs statisztikailag igazolható különbség az egyes talajművelési módok között, míg MULLINS et al. (1998) igazolták, hogy a sávos talajművelésben elérhető kukorica hozama meghaladja a hagyományos művelési módokét. GRIFFITH et al. (1973) és WITTMUSS et al. (1971) kutatásai alapján a sávos talajművelés terméspotenciálja nagyobb, de legrosszabb esetben is azonos a hagyományos talajművelési rendszerekhez képest, azonban ez csak a jó vízforgalmú talajok esetén áll fenn. GENCSOYLU és YALCIN (2004) vizsgálatai alapján a sávos talajművelés mindössze egy évben haladta meg a szántás kukorica hozamát, a többi évben nem volt statisztikailag igazolható különbség az egyes művelési módok között. DEJONG-HUGHES és VETSCH (2007) a Minnesotai Egyetem Déli Kutatóközpontjának 31 éves kisparcellás tartamkísérlete alapján a hagyományos és az őszi sávos talajművelésben elért terméshozamok között nincs szignifikáns különbség, míg a direktvetés terméshozama a kukoricát tekintve nem éri el a fentebb említett két talajművelési változatét. A tavaszi sávos alpművelés esetén, mikor az alpművelés vetéssel egy menetben történt meg tavasszal, a hozamok alulmúlták az őszi sávos alpművelését, azonban a direktvetés hozamát meghaladták. A direktvetés előnyeként megemlítik a szármaradvány-borítottság és minimális talajbolygatás miatti kiváló erózió-védelmet. RANDALL és VETSCH (2005) eredményei alapján hűvös vagy csapadékos évjáratokban a hagyományos művelésben elért terméshozamok szignifikánsan meghaladhatják a csökkentett talajművelési rendszerekben elért hozamot, különösen akkor, ha a csökkentett művelési rendszer direktvetés. LICHT és AL-KAISI (2005) nem mutatott ki szignifikáns terméskülönbséget az egyes alpművelési módok között kukorica esetében.

#### **2.4.2. A talajművelési rendszerek és az egyéb növények terméshozama közötti összefüggések**

Külföldi szerzők a kukorica mellett más termesztett kultúrnövények esetén is vizsgálták a különböző talajművelési rendszerek termésre gyakorolt hatását. Sávos talajművelésben SESSIZ et al. (2008) vizsgálata alapján a napraforgó termése szignifikánsan meghaladta a forgatásos alpművelését. PETERSEN et al. (1986) eredményei alapján a sávos talajműveléssel elérhető hozam mintegy 7-16%-kal kisebb csemegekukorica esetén a hagyományos talajművelési módokhoz képest. GRENOBLE et al. (1989) vizsgálatai alapján a sávos talajművelés a három általuk vizsgált évben csökkentette a szója terméshozamát. Illinoisi eredmények alapján a szója termését vizsgálva hasonló következtetéseket vont le BOTTENBERG et al. (1999). Kísérleteikben a sávos talajművelésben a szója hozama mintegy 20%-kal alulmaradt a hagyományos termesztéstechnológiához képest. A paprika terméshozamát vizsgálva LOY et al. (1987) terméscsökkenést állapított meg a sávos talajművelésben. Káposzta (WILHOIT et al., 1990) és paradicsom (MCKEOWN et al., 1988) terméshozamát vizsgálva a szerzők nem tudtak statisztikailag igazolható különbséget kimutatni a sávos és hagyományos talajművelés között.

#### **2.4.3. A kukorica szemnedvesség-tartalmát befolyásoló tényezők**

A kukorica betakarítása a biológiai érést követően kezdődhet meg. A szárítási költségek mérséklése, valamint a szemsérülés csökkentése céljából kívánatos, a betakarításkori szemnedvesség ne haladja meg a 20-24%-ot (NAGY, 2010). A szemeskukorica 14-14,5%-os nedvességtartalom mellett tárolható, azonban hazánk klimatikus viszonyaiból adódóan ezt a szárazsági állapotot a szem általában nem éri el betakarításkor, így szárításra van szükség.

A gazdaságos kukoricatermesztés egyik meghatározó szempontja a betakarításkori szemnedvesség-tartalom csökkentése (MOLNÁR és SÁRVÁRI, 2007). Kiemelten nagy jelentősége van a nedvességtartalomnak a kukorica raktározásánál, illetve feldolgozásánál, mivel a kukorica eltarthatóságát jelentősen befolyásolja annak nedvességtartalma. Mindamellett a kukorica nedvességtartalma gyakorta volt célparaméter a növénynevelők körében, hiszen az alacsony nedvességtartalom melletti betakarítással jelentős energia-megtakarítás érhető el a szárítás során (RAJKÓ és HARMATI, 2003). A fajtaválasztás, a vetés időzítése, a tápelem-ellátottság, valamint

a talajművelés mind-mind szerepet játszik a szem betakarításáig tartó természetes száradásban. A betakarításkori szemnedvesség csökkentésének egyik gyakorlatban alkalmazott módja a kukorica „lábon tartása” – azaz a természetes száradás kihasználása a betakarítás késleltetésével –, ami azonban jelentős kockázattal bír, hiszen az őszi csapadékbőség a kukorica termésének visszanedvesítését okozhatja (ÁRENDÁS et al., 2004).

DEJONG-HUGHES és VETSCH (2007) két évben vizsgálta az egyes talajművelési változatok kukorica szemnedvességére gyakorolt hatását. Az első évben a csökkentett talajművelési rendszerekben a szemnedvesség-tartalom szignifikánsan meghaladta a hagyományos talajművelési rendszerekét, míg a vizsgált második évben az nem statisztikailag igazolható különbség a kukorica szemnedvesség tartalmában. VYN és RAIMBAULT (1992) hasonló eredményeket kapott; a kukorica szemnedvesség-tartalma szignifikánsan alacsonyabb a szántásos talajművelési rendszerben a sávós talajműveléssel összehasonlítva, valamint a hagyományos talajművelési rendszerben a kukorica hamarabb éri el a fiziológiai érettséget.

## **2.5. A precíziós növénytermesztés alkalmazási lehetőségei a kukoricatermesztésben**

A szántóföldi növénytermesztés megvalósításához elengedhetetlenül szükséges műszaki, technológiai és kemizálási beavatkozások számos ökológiai és ökonómiai probléma gyökerét jelentik. A precíziós növénytermesztési módszerek alkalmazásával lehetőség van figyelembe venni egyrészt a környezetkímélő növénytermesztési szempontokat, másrészt pedig a hatékonyságnövelés révén az ökonómiai célokat. GYÖRFFY (2002) megfogalmazása szerint a precíziós növénytermesztés magában foglalja a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, táblán belüli változó technológiát, integrált növényvédelmet, csúcstechnológiát, távérzékelést, térinformatikát, geostatistikát, a növénytermesztés gépesítésének változását valamint az információs technológia vívmányainak növénytermesztésben történő hasznosítását. NÉMETH et al. (2004) megfogalmazása alapján a precíziós növénytermesztés az 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. A precíziós növénytermesztés koncepciója az 1980-1990-es években alakult ki az USA-ban, ahol napjainkban ez már a gyakorlat részévé vált (TAMÁS, 2001). A növénytermesztés

csaknem minden termesztéstechnológiai eleme (talajművelés, tápanyagellátás, vízellátás, vetés, növényápolás, növényvédelem és betakarítás) kapcsolódik a precíziós növénytermesztési megoldásokhoz.

A termőhely-specifikus precíziós növénytermesztési rendszer kidolgozása a termőhely és a termés részletes, tábla-szinten belüli felmérését (talaj- és növényvizsgálat, terméselemzés), valamint ezek eredményeinek korszerű térinformatikai módszerekkel történő feldolgozását és kezelését kívánja meg. A GPS és a távérzékelés az adatok felméréséhez, a térinformatika (GIS) az adatok feldolgozásához használható a megfelelő műveletek (öntözés, tápanyag-gazdálkodás, növényvédelem) megtervezése és alkalmazása érdekében (SZABÓ et al., 2002)

TAMÁS és LÉNÁRT (2002) szerint szántóföldi növénytermesztés szerteágazó tevékenységei miatt az egyes munkaműveletek más-más pontosságot igényelnek. A globális helymeghatározó eszközök fejlesztéseinek köszönhetően a mezőgazdaságban szántóföldi körülmények között már lehetőség van cm-es pontosságú helymeghatározásra (ABIDINE et al., 2004). Ma már léteznek Magyarországon olyan hálózatok, mely időben korlátlan,  $\pm 2,5$  cm pontosságú hely-, illetve nyomvonal meghatározást biztosít. MILICS (2008) a műholdas navigációs rendszerek beruházási költségének és szolgáltatási díjának csökkenésével e rendszerek egyre szélesebb körű alkalmazását prognosztizálja.

Az RTK (Real Time Kinematic) egy olyan műholdas navigációs technika, mely a legmagasabb szintű navigációs pontosságot szolgáltatja az egyes növénytermesztési műveletekhez (SUN et al., 2010). Az RTK-val végzett vetés koordinátáira épülhet később a sorközművelés, a növény sorok permetezése és tápanyagellátása is. A 2 cm-es pontosságú műholdas helymeghatározás lehetővé teszi, hogy a növényi sorokat az egymást követő években ugyanoda, vagy akár az előző év sorközébe vessék (HORVÁTH, 2010). A vetőgépek nyomjelző használata nélkül, korlátozott látási viszonyok között is pontos sorcsatlakozással vetnek, a forgókban és a szabálytalan alakú táblákon kiküszöbölhetők a rávetések. A műtrágyaszórás során lehetőség van a kijuttatási térképnek megfelelően helyspecifikus kijuttatásra, valamint a növényvédelmi tevékenység során a permetezési munkák előzetesen elkészített tervek szerint végezhetők el és dokumentálhatók. Permetezés során a vezérlőrendszer automatikusan kapcsolja ki és be a keretszakaszokat, figyelve a táblahatárokat és a tervezett dózishatárokat, így gyakorlatilag megszüntethetők az átfedések és a kezeletlen sávok, melynek mind környezetvédelmi, mind pedig ökonómiai szempontból kiemelt

jelentősége van (SULYOK, 2011). A műholdas navigációs rendszerek segítségével jelentősen növelhető a hasznos munkaórák mennyisége; a globális helymeghatározó rendszer napszaktól való függetlensége révén egyes munkaműveletek a napszaktól függetlenül éjjel is elvégezhetőek (NEMÉNYI és MILICS, 2007). A párhuzamos nyomkövető rendszer, illetve az automata kormányzás használata esetén csökken az állásidő, az üzemanyag-fogyasztás és a felhasznált input anyag mennyisége, összességében tehát csökkenthetőek a gazdálkodás költségei (MULLA, 2013).

A kézi kormányzást megkönnyítő rendszereknek alapvetően két fő csoportja különböztethető meg: a párhuzamos nyomkövetési, valamint az automata kormányzási rendszer. Párhuzamos nyomkövetés esetén a gépkezelő a fedélzeti monitort figyelve kormányozza a gépet, míg automata kormányzás esetén a gép ezt önmaga hajtja végre, tehát a gépkezelő nem vezeti, hanem felügyeli a gépet, így nagyobb figyelmet fordíthat a munka minőségével kapcsolatos műveletekre (PASTORINO et al., 2011).

## **2. 6. A növénytermesztési ökonómiai vonatkozásai**

A döntés nem más, mint két vagy több dolog közül valamilyen szempont szerinti választás. A vállalkozások működésükkel kapcsolatban nap, mint nap döntéseket hoznak, azért, hogy gazdasági eredményük növekedjen. Minden cselekvési változat esetén meg kell határozni a gazdasági előnyét illetve hátrányát, és azt kell választani, amelyik az eredményt a legkedvezőbben befolyásolja. Gyakori feladat a termelési folyamatok tervezésekor annak a pontnak a meghatározása, ameddig érdemes fokozni a ráfordításokat. A gazdasági tevékenységek jelentős részénél az erőforrások felhasználásának növelése együtt jár valamilyen mértékű hozamnövekedéssel (pl. trágyázás és öntözés hatására termésnövekedés). Általánosságban igaz, hogy a ráfordítások növelése először nagyobb mértékű hozamnövekedéssel jár együtt, majd a további ráfordítás-felhasználással egyre kisebb a növekedés, illetve meghatározott ráfordításnagyság elérése után az output már nem növelhető tovább (SAMUELSON és NORDHAUS, 1992). A kérdés tehát az, hogy meddig érdemes növelni a ráfordításokat. Azt a pontot kell megcélózni, amikor az egységnyi ráfordításra jutó hozamnövekedés a legnagyobb, azaz a gazdasági tevékenységgel a legnagyobb jövedelmet tudjuk elérni (NÁBRÁDI és FELFÖLDI, 2007).

A termelési folyamatok mindegyikében létezik olyan ráfordítás, amely helyett - meghatározott korlátokon belül – másikat lehet felhasználni. A ráfordítások

helyettesítése, ésszerű kombinációja a gazdasági tevékenységek hatékonyságát növelő egyik legfontosabb eljárás. A cél az előre meghatározott hozamszint eléréséhez a számunkra legjövödelmezőbb ráfordítás-kombináció megkeresése (BÍRÓ et al., 1997). A ráfordítások arányát akkor tekintjük optimálisnak, ha ez egyik ráfordítás változásával okozott többletköltség éppen egyenlő a másik ráfordítás megtakarításával elérhető költségcsökkenéssel (SÁRKÖZY, 1980). A mezőgazdaságban gyakori példa, hogy dönteni kell az adott feladat elvégzésére alkalmas géptípusok, felhasználási módok között. Ebben az esetben meg kell vizsgálni, hogy melyikkel lehet az adott feladatot a legkisebb költséggel elvégezni a munka minőségének romlása nélkül.

Hazánk agroökológiai adottságaiból fakadóan a gabonatermesztés a magyar mezőgazdaság legjelentősebb növénytermesztési ágazata, mely a jövőben alapvetően meghatározza agrártermelésünk fő irányvonalát. A gabonatermesztési ágazaton belül a kukoricatermesztés eredményei nemzetközi színvonalon is elismertek, azonban a termelés hatékonyságát, jövedelemtermelő képességét, a megtermelt termékek feldolgozottsági fokát és logisztikai háttérét tekintve jelentős lemaradásunk van a fejlettebb országokhoz képest (PFAU és SZÉLES, 2001).

A talajművelés befolyással van a talaj vízháztartására, ami pedig befolyásolja a terméshozamot – közvetve pedig a gazdálkodás jövödelmezőségét (GYÖRFFY, 1995). A növénytermesztés során az okszerű talajművelés alkalmazásával csökkenthető a hozamok szélsőséges ingadozása, valamint növelhető a termelői jövedelem biztonsága (TAKÁCSNÉ GYÖRGY, 2008). LUNA és STABEN (2002) különböző talajművelési rendszerek alpművelési költségét hasonlította össze több éves adatsor alapján. A sávos alpművelés költsége mindegy fele volt a hagyományos talajműveléshez képest. Azokon a táblákon, melyeken az azt megelőző években sávos talajművelés történt, a hagyományos alpművelés költsége szignifikánsan kisebb volt, mint ahol kizárólag forgatásos alpművelést alkalmaztak. Vizsgálataik alapján a sávos talajművelés alkalmazása a talajművelés költségének csökkentésén túl jelentős területteljesítménynövekedéssel jár. SÜLYÖK (2005b) szerint a forgatás nélküli termesztéstechnológiák nagyobb jövödelmezőséggel bírnak a hagyományos alpművelési módokhoz képest. Bár kukorica esetén a forgatás nélküli talajművelési rendszerek hozama mintegy 5-12%-kal marad el a szántásos műveléshez képest, a gépi munkák költségei jóval alacsonyabbak a forgatásos műveléshez képest, így összességében a szerző mintegy 3-5%-kal jövödelmezőbbnek ítéli meg a forgatás nélküli talajművelési rendszerek alkalmazását.

A műholdas navigációra alapuló precíziós növénytermesztési technológia kiépítése jelentős többletberuházást igényel a gazdaságok részéről. Az európai és amerikai átlagos üzemmérekhez viszonyítva hazánkban az átlagos üzemmérek kisebbek. A precíziós technológia tökeigénye miatt a fejlesztések elsősorban a 300 ha feletti gazdaságok számára lehetnek reálisak (SZÉKELY és KOVÁCS, 2006). A gépköri mozgalom, továbbá a kisebb gazdaságok részére történő technológiai szolgáltatás nyújtása elősegítené a precíziós gazdálkodás terjedését, azonban az ilyen keretek között történő gazdálkodás hazánkban ritkán alkalmazott gyakorlat. Az együttműködést az eszközök hatékony működtetéséhez szükséges birtokméret is indokolná. Mindamelllett a technológia alkalmazása magas szintű informatikai szakismeretet és felkészültséget igényel, azonban ilyen jellegű szakismerettel a hazai gazdálkodók kisebb hányada rendelkezik (TAKÁCSNÉ és BARKASZI, 2005).

HUSTI (2007) vizsgálatai szerint a gépi munka költsége a termelési költségnek mintegy 30-35%-át teszi ki. Véleménye szerint kiemelt jelentősége van a gépek kihasználtságának, ugyanis ez minél magasabb egy gép vagy gépcsoport esetén, annál kedvezőbben alakul a munkaegységre jutó költség. A szerző továbbá nem tartja célravezetőnek az univerzális gépfejlesztési megoldások erőltetését, hiszen a gépesítési döntések a gazdaságok környezeti tényezőinek variabilitása miatt megkívánják a helyi adottságokhoz illeszkedő vizsgálatát.

A kukorica termesztéstechnológiájának szerves részét képezi a betakarítás utáni feldolgozás, melynek egyik legfontosabb eleme a termés szárítása. Magyarországi körülmények között a kukoricát – néhány ritka kivétellel – a betárolás előtt szárítani szükséges. A szárítás költsége jelentősen befolyásolja a kukorica termelési költségét, mely függ a fajtától, a nedvességtartalomtól, továbbá az egyéb szárítástechnikai paraméterektől (pl. vízleadás sebessége) (HERDOVICS és CSERMELY, 2003).



### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1. A vizsgálati terület és a vizsgálati körülmények bemutatása

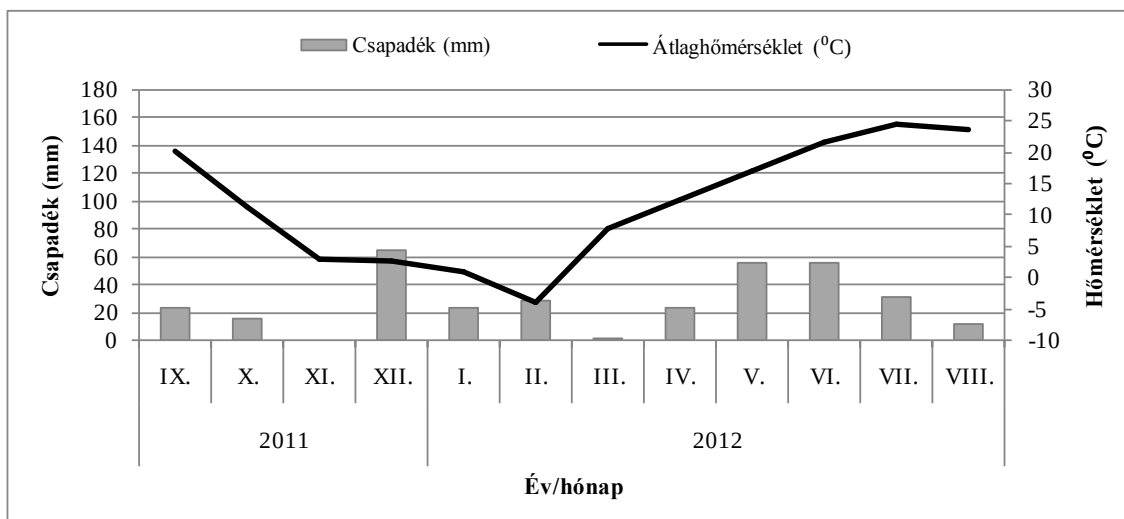
A DE AGTC Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézetének és a KITE Zrt. kísérleti adatbázisának felhasználásával vizsgáltunk különböző talajművelési változatokat kukorica (*Zea mays L.*) jelzőnövény felhasználásával. A mintaterület Jász-Nagykun-Szolnok megyében, Kenderes külterületén (északi szélesség 47°14'37"; keleti hosszúság 20°38'01"), a Kenderes 2006 Kft. üzemi táblájában található. A Kenderes 2006 Kft. 1992-ben alakult. Jelenleg 1900 hektár szántót művelnek, melynek egyharmadán termesztnek kukoricát és napraforgót. A növénytermesztés mellett a cég állattenyésztéssel is foglalkozik.

A vizsgálatba bevont tábla talaja réti csernozjom típusú, a fizikai félesége agyagos-vályog. Kémhatása gyengén savanyú. Nitrogén ellátottsága jó, foszfor- és kálium ellátottsága közepes (1. táblázat).

**1. táblázat:** A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai- és kémiai jellemzői

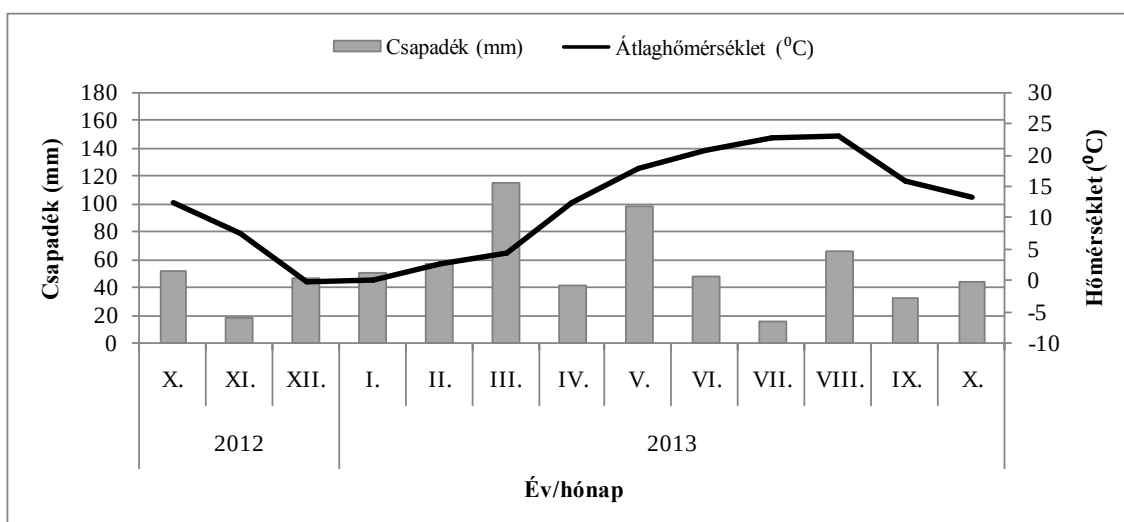
|                                                                           |      |                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------|-----|
| pH - KCL (-)                                                              | 6,48 | Mg (mg/kg)                            | 342 |
| Arany-féle kötöttségi szám (K <sub>A</sub> )                              | 46   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) | 124 |
| Vizoldható összes só (m/m%)                                               | 0,06 | K <sub>2</sub> O (mg/kg)              | 227 |
| CaCO <sub>3</sub> (m/m%)                                                  | 0,6  | Na (mg/kg)                            | 37  |
| Humusz (m/m%)                                                             | 3,12 | Zn (mg/kg)                            | 1,2 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/kg) | 10,9 | Cu (mg/kg)                            | 3   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S (mg/kg)                                  | 2,5  | Mn (mg/kg)                            | 416 |

Az első vizsgált periódusban (2011. szeptember – 2012. augusztus) az alapműveléstől a betakarításig hullott csapadék mennyisége 333 mm (1. ábra). A periódus két legszárazabb hónapja 2011 novembere (0 mm) valamint 2012 márciusa volt (2 mm). A legtöbb csapadék 2011. decemberben hullott (65 mm). Az abszolút maximum hőmérséklet 2012. augusztus 6-án volt (39 °C). A hőségnapok száma 69, míg a forró napok száma 22 volt.



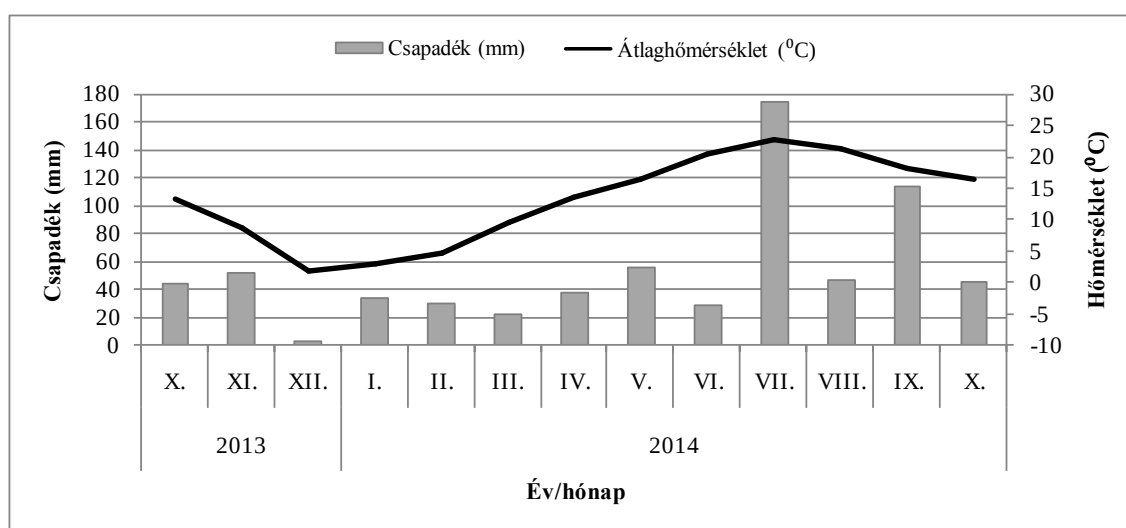
**1. ábra** A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékmennyiség a 2011. szeptembertől 2012. augusztusig (Kenderes)

A 2012-2013-as időszakban (2012. október – 2013. október) hullott csapadék mennyisége meghaladta az előző évet (683 mm). A legtöbb csapadék 2013 márciusában hullott (115 mm), a májusban hullott csapadék mennyisége 98 mm volt (2. ábra). A periódus két legszárazabb hónapja 2012 novembere (18 mm) és 2013 júliusa volt. Az abszolút maximum hőmérséklet 38 °C volt, 2013. július 29-én. A hőségnapok száma 43, míg a forró napok száma 11 volt.



**2. ábra** A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékmennyiség a 2012. októbertől 2013. októberig (Kenderes)

2013-2014-es vizsgálati periódus (2013. október – 2014. október) alatt lehullott csapadék mennyisége közel azonos volt az előző évvel (681 mm), azonban a csapadék eloszlását tekintve jelentős különbségek voltak (3. ábra). Míg az előző időszak csapadékmaximuma a tenyészidőszak első felére esett, addig a 2014-ben a tenyészidőszak második felére. A legcsapadékosabb hónap július volt (174 mm), mely hónapban 17-én 81 mm eső hullott, de a szeptemberben lehullott csapadék mennyisége is meghaladta a 100 mm-t (113 mm). A vizsgált periódus legszárazabb hónapja 2013 decembere (2 mm) volt. Az abszolút maximum hőmérséklet 35 °C volt 2014. június 10-én. A hőségnapok száma 34, míg a forró napok száma mindössze egy volt.



**3. ábra** A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékmennyiség a 2013. októbertől 2014. októberig (Kenderes)

### 3.2. A vizsgált technológiák bemutatása

A vizsgált táblán 3 különböző talajművelési kísérlet vizsgálata történt; 4,5 ha őszi sávos alapműveléssel, 4,5 ha őszi szántással, 4,5 ha középmező lazítással került megművelésre (4. ábra). Az egyes alapművelési módokhoz kapcsolódó eszközöket és az azokra jellemző felszínprofilokat a mellékletben bemutatott ábrák szemléltetik (Melléklet, 1-6. ábra).

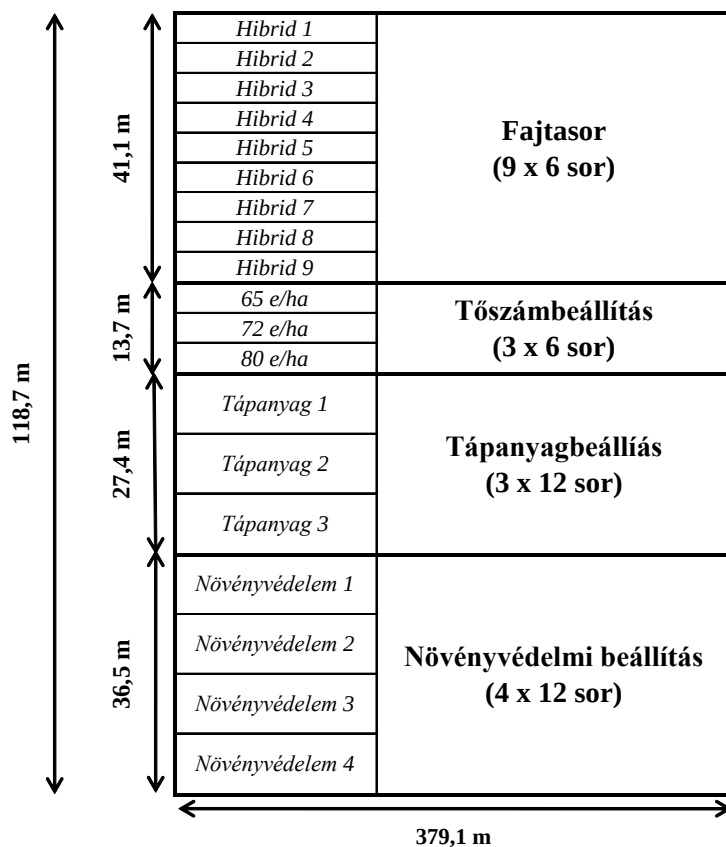


**4. ábra** A kísérlet elrendezése (Google Earth, 2014)

Az egyes talajművelési beállítások sémáját az 5. ábra tartalmazza. Minden alpművelési módon belül 9 fajtasor, 3 tőszám-, 3 tápanyag-, és 4 növényvédelmi beállítás található. Ezek betakarítása külön-külön történt, az alpművelési módok értékelésekor ezen adatok átlagát használtam fel az elemzéshez. Az alpművelés az optimális műveléshez szükséges talajnedvességi állapot idején történt, míg a vetés és betakarítás az összes beállításban ugyanazon a napon volt (2. táblázat).

**2. táblázat:** Az alpművelés, vetés és betakarítás időpontjai a vizsgált években az egyes technológiák esetén

| Év          | Művelet     | <i>Sávos talajművelés</i> | <i>Középmély lazítás</i> | <i>Őszi szántás</i> |
|-------------|-------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>2012</b> | Alpművelés  | 2011.09.15                | 2011.09.15               | 2011.10.19          |
|             | Vetés       | 2012.04.23                | 2012.04.23               | 2012.04.23          |
|             | Betakarítás | 2012.09.11                | 2012.09.11               | 2012.09.11          |
| <b>2013</b> | Alpművelés  | 2012.10.26                | 2012.10.26               | 2012.11.04          |
|             | Vetés       | 2013.04.25                | 2013.04.25               | 2013.04.25          |
|             | Betakarítás | 2013.10.15                | 2013.10.15               | 2013.10.15          |
| <b>2014</b> | Alpművelés  | 2013.10.21                | 2013.10.21               | 2013.10.28.         |
|             | Vetés       | 2014.04.30                | 2014.04.30               | 2014.04.30          |
|             | Betakarítás | 2014.11.04                | 2014.11.04               | 2014.11.04          |



**5. ábra** Az egyes talajművelési rendszerek kísérleti parcelláinak elrendezése

Az első évben mindhárom vizsgált technológia előveteménye őszi búza volt. Az őszi búza betakarítását közvetlenül sekély (5 cm) tarlóhántás, valamint a nyár folyamán kémiai tárlóápolás (glifozát, 2 l/ha) követte. Az őszi szántásos és lazításos alpművelést megelőzően komplex műtrágya került kijuttatásra, míg a sávos technológia esetében az alaptrágyázás az alpműveléssel egy menetben valósult meg. A szántás az őszi folyamán külön menetben el lett munkálva, míg a sávos művelés és a középmező lazítás esetén az elmunkálás az alpműveléssel egy menetben történt meg. A vetés mindhárom művelési rendszerben egy időben, áprilisban történt. A vetéssel egy menetben történt meg a talajfertőtlenítés, a sávpermetezés, valamint a starter műtrágya kijuttatása. A vetőgép egy talajhajtású kúpos-bordás hengerrel van felszerelve, mely megtisztítja a vetősort a szármaradványoktól, valamint az ezek között található hullámos tárcsa készíti a magágyat. Az elővágó tárcsa feladata, hogy elvágja a vetősorban található szármaradványokat, áttörje az esetlegesen visszatömörödött talajt, valamint megnyissa a vetőcsoroszlya előtti talajréteget. Mechanikai növényápolás a kelés után kétszer történt, műveletenként egy menetben folyékony nitrogén műtrágya kijuttatásával kiegészítve. A betakarítás mindegyik művelési rendszerben egy időben történt meg.

A kísérlet további két évében a kukorica betakarítása után történt az alpművelés. A technológia megegyezik az előbbieken ismertetettel, annyiban tér el, hogy kukorica elővetemény betakarítása és a tárcsázás után nem történt tarlóápolás; az ezeket követő első művelet a szántásos és lazításos technológia esetében a műtrágya kijuttatása, míg a sávos rendszerben az első művelet az alpművelés műtrágya kijuttatással egy menetben (3. táblázat).

**3. táblázat:** A vizsgálat talajművelési technológiák leírása (kukorica elővetemény után)

| Művelet                | Sávos talajművelés                                       | Középmély lazítás                 | Őszi szántás              |
|------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Tarlóhántás (5 cm)     | Tárcsa                                                   |                                   |                           |
| Alaptrágyázás          | Alpműveléssel egy menetben                               | Függesztett műtrágyaszóró         | Függesztett műtrágyaszóró |
| Alpművelés (28-30 cm)  |                                                          | 7 késes lazító + elmunkáló henger | 5 fejes eke               |
| Alpművelés elmunkálása |                                                          |                                   | Mulcs kultivátor          |
| Magágykészítés         |                                                          | Kombinátor                        | Kombinátor                |
| Vetés (5 cm)           | Starter trágyázás és növényvédelem vetéssel egy menetben |                                   |                           |
| Starter trágyázás      |                                                          |                                   |                           |
| Növényvédelem          |                                                          |                                   |                           |
| Fejtrágyázás I.        | Mechanikai gyomirtással egy menetben                     |                                   |                           |
| Fejtrágyázás II.       | Mechanikai gyomirtással egy menetben                     |                                   |                           |
| Betakarítás            | Kombájn (6 soros adapter)                                |                                   |                           |

### 3.3. A talajnedvesség-tartalom meghatározása bolygatatlan talajminta-vétellel

A vizsgálatok első évében a talajnedvesség meghatározása kispatronos (100 cm<sup>3</sup>) talajmintákból történt (Melléklet, 7. ábra). A mintákat a talaj felső 10 cm-es rétegéből vettük, a patronokat késsel megtisztítottuk a hengerek peremétől túlnyúló talajdaraboktól, majd azt követően a patronokat mindkét végükről műanyag kupakjaikkal légmentesen zártuk. Az így szedett bolygatatlan talajmintáknak, a laboratóriumba szállítást követően, meghatároztuk a tömegét, majd 105°C-ig súlyállandóságig szárítottuk.

Első lépésként a térfogattömeg meghatározása történt, majd ezt követően meghatároztuk a talaj tömegszázalékos nedvességét. A talaj térfogatszázalékos nedvességtartalmát a tömegszázalékos nedvesség és a térfogattömeg szorzata adta.

### 3.4. Talajnedvesség meghatározása TDR 300 talajnedvesség-mérő szondával

A talaj nedvességtartalmának meghatározása FIELD SCOUT TDR 300 talajnedvesség-mérő szondával történt (6. ábra). A TDR (Time Domain Reflectometry) elven alapuló mérési módszer lényege, hogy a talajban a rádiófrekvenciás elektromágneses hullámok terjedési sebességét mérve meghatározható a talaj nedvesség-tartalma. A műszer egy nedvességmérő fejből, két, egyenként 20 cm-es mérőszárral, valamint egy adatgyűjtőből áll. A mérési módszer előnye, hogy az eredményeket nem befolyásolja a talaj sótartalma.



**6. ábra** TDR 300 talajnedvesség-mérő szonda

A talajnedvesség-méréseket vetés előtt végeztük. A szántásos alapművelésben, a középmély lazításban, és a sávos talajművelés sor- és sorközében egyenként 50-50 mérést hajtottunk végre. A szondaszárat egymással párhuzamosan nyomtuk a talajba, mivel a szár görbülése a mérés torzítását, illetve a szondaszár törését okozhatja. A szondaszárok talajba jutását követően mérésenként rögzítettük a műszer által jelzett visszatérési időt, mely alapján a kalibráció után meghatározásra került a talaj nedvességtartalma.

### 3.5. A kukorica szemnedvesség-tartalmának meghatározása

A kukorica szemnedvesség-tartalmának meghatározása céljából az egyes talajművelési változatokból a betakarításkor mintagyűjtés történt. A mintákat a talajművelési beállítások valamennyi parcellájából a kombájn ürítésekor gyűjtöttem be,

parcellánként 1-1 kg-ot, így alapművelési módonként 19 kg átlagminta képezte a vizsgálatok alapját.

Közvetlenül a betakarítás után a nedvességtartalom meghatározását FOSS Infratec 1241 gabona analizátorral (*Melléklet, 8. ábra*) végeztem a Debreceni Egyetem Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet laboratóriumában. Az analizátor a közeli infravörös transzmissziós (NIT) technika elvén működik, amely lehetővé tette, hogy a szemnedvesség meghatározása darálás nélkül, egészmagból történjen. Az eszköz a mérések során a mintát további 5 almintává választotta szét, így tehát egy talajművelési változatonként 95 (19x5) mérési eredmény állt rendelkezésre az elemzéshez.

A minták vizsgálata során a szemek fehérje-, keményítő-, nedvesség-, és olajtartalma, valamint a hektolitersúlya került meghatározásra, mely adatokból csak a nedvességtartalom képezte az elemzés tárgyát.

### **3.6. A talajnedvesség-mérő szonda kalibrációs görbéjének meghatározása**

A TDR 300 talajnedvesség-mérő szondával végzett mérési eredmények a visszatérési idő alapján jellemezték az adott talajművelési változatot. Ahhoz, hogy ezeket az értékeket térfogatszázalékos nedvességben kifejezzük, szükséges volt egy kalibrációs nedvességsorozat elkészítése.

A vizsgálati területről a vetés előtt talajmintavételre került sor. A kísérleti területet talajtani szempontból homogénnek tekintettük, így az átlagmintát valamennyi talajművelési kezelésben vett talajminta keveréke képezte. Az azonos talajmélységből gyűjtött (0-20 cm) talajmintákból mintegy 15 kg-nyi átlagmintákat képeztünk, majd azokat a laboratóriumba szállítást követően, légszárazra szárítottuk. A szárított talajt ezután finomra őröltük.

A kalibrációs görbe elkészítéséhez a kísérleti terület feltalajából (0-20 cm) származó átlagmintát meghatározott nedvességtartalomra kevertük be, és mérőhengerbe, ismert térfogatra töltöttük. A kalibrációs méréssorozat során így ismert volt mind a tömegszázalékos, mind a térfogatszázalékos nedvesség. A nedvesítési sor elkészítése során a kalibrációs görbe helyességét Ohaus MB45 nedvesség analizátorral (*Melléklet, 9. ábra*) folyamatosan ellenőriztük. A mérési sorozat elkészítése után az adatokat Microsoft Excel 2007 programban rögzítettük, grafikonon ábrázolva az „x” tengelyen a



mérési időt, az „y” tengelyen a térfogatszázalékos nedvességet megkaptuk a kalibrációs görbét. A mérési adatokra lineáris trendvonalat illesztettünk.

### **3.7. A talajjellenállás meghatározása penetrométerrel**

A talajjellenállás meghatározása Penetronik típusú penetrométerrel történt (*Melléklet 10. ábra*). A penetrométer a talaj nyomó- és nyíró szilárdságát mérő készülék. A szondakúp a talajba hatolás során centiméterenként rögzíti egy elektronikus adatgyűjtőben a talajjellenállás értékeket.

A kísérletben használt penetrométer fontosabb műszaki jellemzői:

- erő mérési tartománya: 0-1000 N
- mérési mélység: 0-70 cm
- a szondacsúcs kúpszöge: 60°
- szondakúp átmérője: 11,2 mm
- szondakúp alapterülete: 1 cm<sup>2</sup>

A készülék kézi működtetésű eszköz, a mérés során az acélkúpban végződő szonda talajba nyomása fogasléces nyomószerkezettel történik. A műszer által regisztrált talajjellenállást a szonda lenyomásához szükséges erőnek és a szondakúp alapterületének a hányadosa adja meg. A nyomószonda talajba hatolásakor folyamatosan méri a talaj penetrációs ellenállását MPa-ban, a mélység függvényében.

A méréseket, GPS koordináták alapján, valamennyi évben azonos helyen végeztük. Egy-egy kezelésben meghatározott méretű homogén parcellákon belül RÁTONYI (1999) doktori értekezésében megállapított eredményei alapján 15-15 mérést végeztünk.

Az egyes talajművelési keresztprofilok 30-30 mérés alapján készültek el. Az egyes mérési pontok közötti távolság 15 cm volt. Valamennyi alpművelési mód esetében ez 4,5 m hosszúságú talajszelvény felvételét jelentette. A sávos talajművelés esetén az első és az utolsó mérési pont a műveletlen sávok geometriai középvonala. A talajprofilok grafikus megjelenítése Microsoft Excel 2007 táblázatkezelő programban interpolációval történt.

### 3.8. Statisztikai vizsgálatok

A talajnedvesség-méréseknél a minimális mérésszám meghatározása SVÁB (1981) módszere alapján történt:

$$n = \frac{t_{p\%}^2 \times s^2}{h^2}$$

Ahol:

*n* = minimális mérésszám

*tp%* = t-próba kritikus értéke adott valószínűség és szabadságfok mellett

*s* = szórás

*h* = becslés hibája

Valamennyi statisztikai elemzés az R statisztikai program (R CORE TEAM, 2012) agricolae (MENDIBURU, 2013) csomagjával készült. Az R egy olyan programozási nyelv és környezet, amely különösen alkalmas statisztikai számítások és grafikai megjelenítési feladatok megvalósítására. Az R-nyelv a John Chambers által elindított S-nyelv GNU verziójaként is tekinthető. Az S nyelvet az 1970-es években a Bell Laboratories-ban fejlesztették interaktív adatelemzés és vizualizáció céljából. Az R szabad szoftver (HUZSVAI et al., 2012).

A középértékek összehasonítása Duncan-teszttel történt, 5%-os szignifikancia szinten. Az ábrákon és táblázatokban az azonos betűvel jelzett kezelések között nincs szignifikáns különbség a varianciaanalízis alapján. A táblázatok illetve az ábrák a Microsoft Excel 2007 programmal készültek.

### 3.9. Ökonómiai vizsgálatok

Az ökonómiai vizsgálatok első lépéseként elvégeztem az egyes talajművelési technológiák üzemanyag-felhasználásának összehasonlítását, majd pedig a költség-jövedelem elemzését. Az elemzéshez szükséges adatokat a vizsgálatba bevont Kenderes 2006 Kft., valamint a KITE Zrt. szolgáltatta. Az egyes talajművelési rendszerekben használt erőgépek üzemanyag-felhasználása a 3 vizsgált év átlagos üzemanyag-fogyasztása alapján került meghatározásra. A személyi jellegű költségek, illetve az egyéb költségek tekintetében évi 5%-os költségnövekménnyel számoltam, míg az anyagköltség és az általános költség kalkulációja a KITE Zrt. adatbázisa alapján történt.

A kukorica értékesítési árát az eladáskor aktuális piaci árban határoztam meg, mely 2012-ben 63000 Ft, 2013-ban 40500 Ft, míg 2014-ben 35500 Ft volt tonnánként. A szárítási költség meghatározásakor a 1200 Ft/t-s tisztítási költséggel, 56 Ft/eltávolított víz kg-os költséggel, valamint 500 Ft/t be- és kitárolási költséggel kalkuláltam. A szárítással eltávolított víz tömegének meghatározása az MSZ 6367-3:1983 szabvány szerint történt:

$$m_{\text{víz}} = m_{k0} \times \frac{w_0 - w_{sz}}{(100 - w_{sz})}$$

Ahol:

$m_{\text{víz}}$  = szárítással eltávolított víz tömege (kg)

$m_{k0}$  = nedves kukorica tömege (kg)

$w_0$  = nedves kukorica víztartalma (%)

$w_{sz}$  = szárítás utáni nedvességtartalom (%)

A termelési költség, a termelési érték, a jövedelem (támogatásokkal, ill. támogatások nélkül), valamint az önköltség meghatározása után a következő ökonómiai mutatókat használtam fel az egyes talajművelési módszerek értékelésére:

$$(1) \text{ Költségarányos jövedelem (\%)} = \frac{\text{Jövedelem (Ft)}}{\text{Termelési költség (Ft)}} \times 100$$

A költségarányos jövedelem, vagy más néven jövedelmezőségi ráta megmutatja, hogy egységnyi költség felhasználásával az adott alpművelési mód esetében mekkora jövedelem érhető el. A költségszintet kedvezőnek ítéltam meg, amennyiben az érték kisebb volt, mint 100 %.

$$(2) \text{ Költségszint (\%)} = \frac{\text{Termelési költség (Ft)}}{\text{Termelési érték (Ft)}} \times 100$$

A fedezeti pont kiszámításakor meghatároztam az a terméshozamot, mely az adott technológia termelési költségét fedezi. Kedvező abban az esetben, amennyiben a fedezethez szükséges terméshozam alacsonyabb a tényleges hozamhoz képest.

$$(3) \text{ Fedezeti pont (t/ha)} = \frac{\text{Termelési költség (Ft/ha)}}{\text{Hozam piaci ára (Ft/t)}}$$

A beruházás-megtérülési vizsgálatok során a beruházások kezdő pénzáramát a technológia megvalósításához szükséges eszközök beszerzési ára jelentette. A szántásos

technológia során ez az érték 26 960 ezer forint (vetőgép, szántóföldi kultivátor), a lazításos technológia során 31 460 ezer forint (lazító elmunkálóval, vetőgép, szántóföldi kultivátor), míg a sávós technológiánál 36 960 ezer forint volt (sávós alapművelő, vetőgép, szántóföldi kultivátor). Az egyes technológiák során az egy hektárra jutó jövedelem számításakor a három év jövedelmének átlagát vettem alapul, az egyes évek pénzárama során pedig a jövedelem 50%-át vettem figyelembe, mely jövedelemrész képezte a beruházás finanszírozását. A számítások során 4%-os kalkulatív kamatlábat alkalmaztam. Az egyes talajművelési technológiai beruházások ökonómiai megítéléséhez a belső megtérülési rátát (4), a nettó jelenértéket (5), a jövedelmezőségi indexet (6) és a dinamikus megtérülési időt (7) használtam.

$$(4) 0 = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+IRR)^t} \times C_t$$

Ahol:

*IRR = belső megtérülési ráta*

*C<sub>0</sub> = beruházás kezdeti pénzárama*

*C<sub>t</sub> = adott időszakban esedékes összes bevétel és kiadás különbsége*

*t = adott időszak száma*

*n = időszakok száma*

$$(5) NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+r)^t} \times C_t$$

Ahol:

*NPV = nettó jelenérték*

*C<sub>0</sub> = a beruházás kezdeti pénzárama*

*C<sub>t</sub> = adott időszakban esedékes összes bevétel és kiadás különbsége*

*t = adott időszak száma*

*n = időszakok száma*

*r = diszkontráta (kalkulatív kamatláb)*

$$(6) PI = \frac{\sum_{t=1}^n C_t \times \frac{1}{(1+r)^t}}{C_0}$$

Ahol:

*PI = Jövedelmezőségi index*

*C<sub>0</sub> = a beruházás kezdeti pénzárama*

*C<sub>t</sub> = adott időszakban esedékes összes bevétel és kiadás különbsége*

*t = adott időszak száma*

*n = időszakok száma*

*r = diszkontráta (kalkulatív kamatláb)*

$$(7) \text{ DPP} = \frac{C_0}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

Ahol:

*DPP = Dinamikus megtérülési idő*

*C<sub>0</sub> = a beruházás kezdeti pénzárama*

*C<sub>t</sub> = adott időszakban esedékes összes bevétel és kiadás különbsége*

*t = adott időszak száma*

*n = időszakok száma*

*r = diszkontráta (kalkulatív kamatláb)*

Az egyes dinamikus beruházás-megtérülési mutatókat a SZŰCS és NÁBRÁDI (2003) által közölt módszer alapján értelmeztem (4. táblázat). A dinamikus megtérülési időt kedvezőnek ítélt meg, amennyiben értéke kisebb volt, mint a beruházás tervezett időszaka.

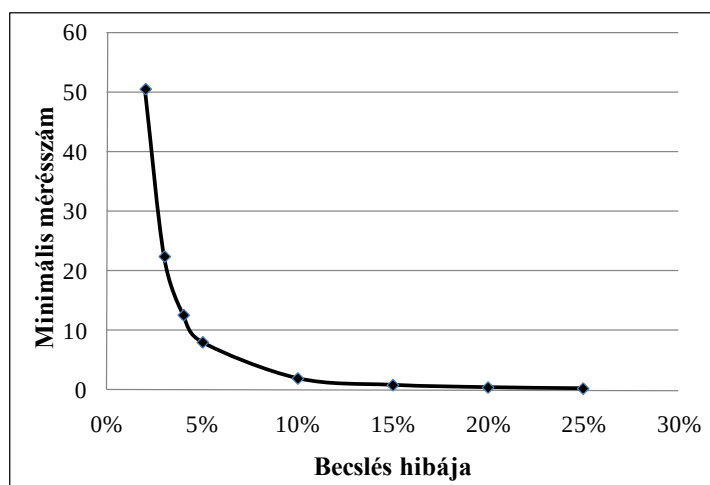
**4. táblázat:** A főbb dinamikus beruházási mutatók értelmezése

| Mutató | Elfogadás | Elvetés | Beruházás hozadék="r" hozadék |
|--------|-----------|---------|-------------------------------|
| NPV    | NPV>0     | NPV<0   | NPV=0                         |
| IRR    | IRR>r     | IRR<r   | IRR=r                         |
| PI     | PI>1      | PI<1    | PI=1                          |

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. A minimális mérésszám meghatározása

A kísérleti mérések adatai több-kevesebb hibával terheltek, azaz egy adott mérést, egymás után többször megismételve az eredmények bizonyos mértékben eltérnek egymástól, vagyis a mérési eredmények szóródást mutatnak. Ennek érdekében a vizsgált paraméter becsült értékének hibáját egy adott érték alá kell csökkenteni. A TDR 300 talajnedvesség-mérő szondával történő talajnedvesség-tartalom meghatározás során az adatok szórásáért a mérőeszköz tökéletlensége, a kísérleti körülmények változékonysága (talajheterogenitás), illetve a mérés végrehajtása okolható. A periódusidő becslési hibáján alapuló minimális mérésszám függvényét a 7. ábra mutatja. A grafikonon látható, hogy a nagyobb ismétlésszám alkalmazásával csökkenthető a mérés becslési hibája.



**7. ábra** A talajnedvesség meghatározásának becslési hibája a mintaszám függvényében a periódusidő alapján

Az 5. táblázat mutatja, hogy az 5%-os becslési hiba eléréséhez a periódusidő alapján mindösszesen 8 mérés szükséges, még 2 mérésből már 10%-os pontossággal meghatározható a periódusidő valódi értéke 95%-os valószínűségi szinten.

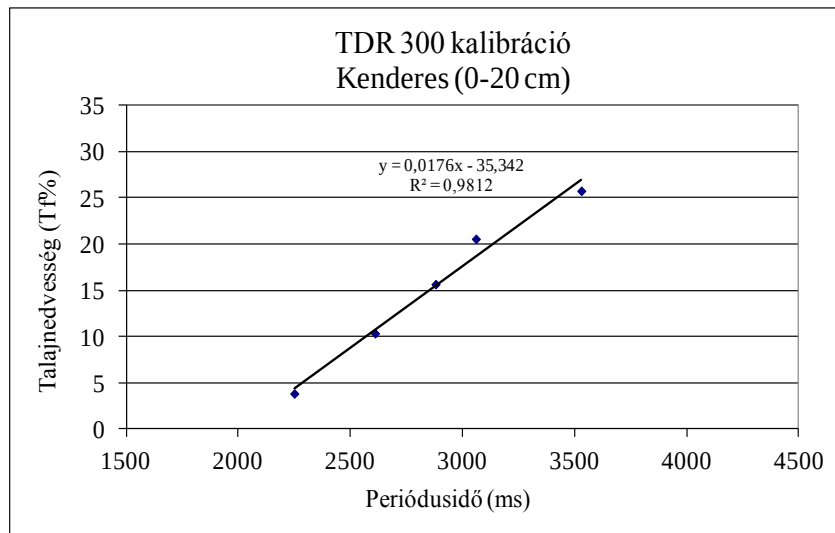
**5. táblázat:** Az egyes becslési hibahatárok eléréséhez szükséges mérésszám talajnedvesség meghatározás esetében a periódusidő alapján

| Becslési hiba (h%) | Becslési hiba (ms) | Minimális mérésszám |
|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1%                 | 31,76              | 202                 |
| 2%                 | 63,52              | 51                  |
| 3%                 | 95,29              | 22                  |
| 4%                 | 127,05             | 13                  |
| <b>5%</b>          | <b>158,81</b>      | <b>8</b>            |
| 10%                | 317,62             | 2                   |
| 15%                | 476,43             | 1                   |
| 20%                | 635,24             | 1                   |
| 25%                | 794,05             | 0                   |

A TDR 300 talajnedvesség-mérő szonda a helyszíni mérések során a periódusidőt adja meg, mint nedvességre vonatkozó eredményt. Ahhoz, hogy ezt a periódusidőt átszámolhassuk térfogatszázalékos nedvességre, el kellett készíteni a mintaterület 0-20 cm-es talajrétegének kalibrációs görbét (6. táblázat, 8. ábra).

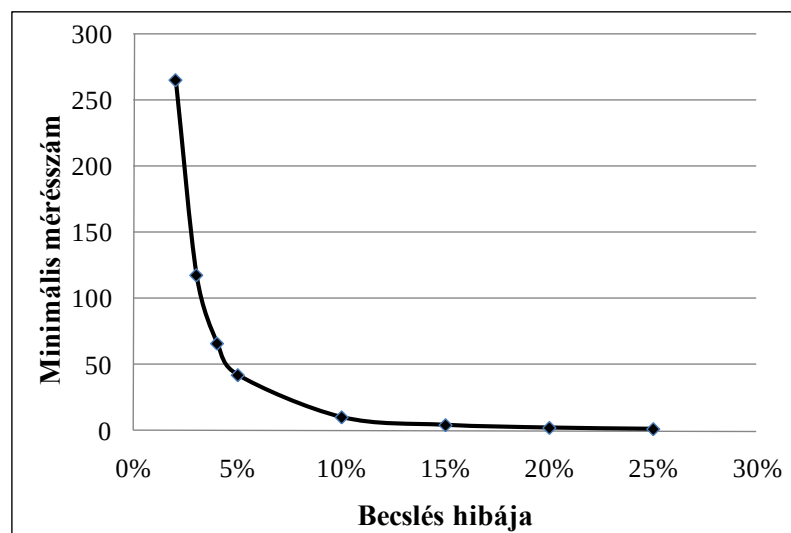
**6. táblázat:** A kalibrációs görbe elkészítéséhez felhasznált mérési eredmények

| Ismétlés | Tömegszázalékos nedvesség (t%) | Periódusidő (ms) | Térfogatszázalékos nedvesség (tf%) |
|----------|--------------------------------|------------------|------------------------------------|
| 1.       | 3,21                           | 2250             | 3,83                               |
| 2.       | 8,66                           | 2610             | 10,34                              |
| 3.       | 13,11                          | 2880             | 15,66                              |
| 4.       | 17,21                          | 3060             | 20,56                              |
| 5.       | 21,56                          | 3530             | 25,75                              |



**8. ábra** TDR 300 talajnedvesség-mérő szonda kalibrációs görbéje a kísérleti mintaterületre vonatkozóan

A 9. ábra a talajnedvesség meghatározásának becslési hibáját mutatja a mintaszám függvényében a térfogatszázalékos nedvességeredmények alapján.



**9. ábra** A talajnedvesség meghatározásának becslési hibája a mintaszám függvényében a térfogatszázalékos nedvességeredmények alapján



A 7. táblázatból látható, hogy a térfogatszázalékos nedvesség alapján meghatározott minimális mérésszám meghaladja a periódusidő alapján meghatározott minimális értéket. Látható, hogy az 5%-os becslési hiba eléréséhez a térfogatszázalékos nedvességtartalom alapján 42 mérés szükséges. Amennyiben a periódusidő alapján határozzuk meg a becslési pontosságot, úgy a fentebb ismertetett 8 mérésszám, mely a periódusidő alapján az 5%-os becslési hiba eléréséhez szükséges, a térfogatszázalékos nedvességtartalom becslési hibáját tekintve 10-15% között lenne. A térfogatszázalékos nedvesség pontosabb meghatározásához a minimális mérésszámot jelentősen növelni kell. Míg a periódusidő alapján 1%-os becslési hiba eléréséhez 202 mérést kell végezni, addig a térfogatszázalékos nedvességtartalom alapján meghatározva ez az érték 1060.

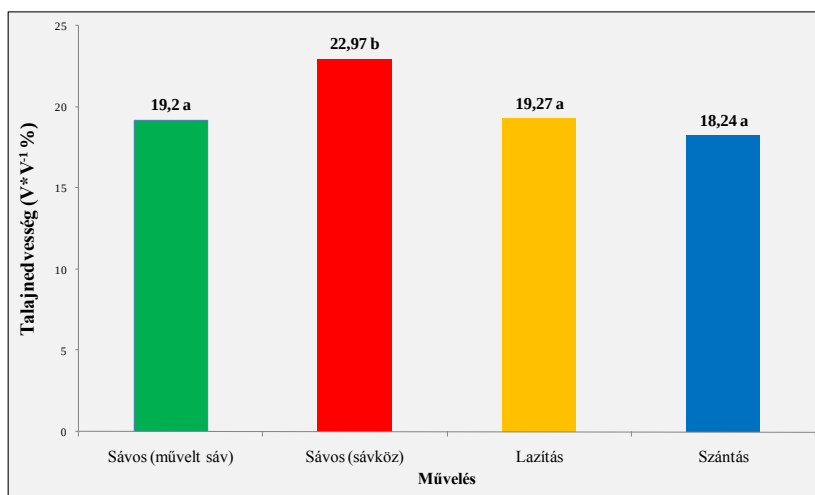
**7. táblázat:** Az egyes becslési hibahatárok eléréséhez szükséges mérésszám talajnedvesség meghatározás esetében a térfogatszázalékos nedvességeredmények alapján

| Becslési hiba (h%) | Becslési hiba (tf%) | Minimális mérésszám |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1%                 | 0,21                | 1060                |
| 2%                 | 0,41                | 265                 |
| 3%                 | 0,62                | 118                 |
| 4%                 | 0,82                | 66                  |
| <b>5%</b>          | <b>1,03</b>         | <b>42</b>           |
| 10%                | 2,06                | 11                  |
| 15%                | 3,08                | 5                   |
| 20%                | 4,11                | 3                   |
| 25%                | 5,14                | 2                   |

#### **4.2. A talaj vetés előtt mért nedvességtartalma a vizsgált talajművelési rendszerekben**

2012-ben a vetés előtti talajnedvesség-tartalom meghatározása bolygatatlan mintavételezés után történt a talaj 0-10 cm-es rétegéből. Az egyes talajművelési rendszerekben mért eredményeket a 10. ábra szemlélteti. A 2012-es évben mért talajnedvesség-értékek voltak a legalacsonyabbak a vizsgált három év közül, melynek oka az alpműveléstől a vetésig lehullott csapadék rendkívül kis mennyisége volt. A legalacsonyabb talajnedvesség az őszi szántásos alpművelésben volt megfigyelhető

(18,24%), majd ezt követte a sávós talajművelés művelt sávja (19,2%) és a lazítás (19,7%), azonban ezekben a kezelésekben a különbség nem volt szignifikáns. A legmagasabb talajnedvesség a sávós művelés sorközében volt mérhető (22,97%), mely statisztikailag igazolhatóan magasabb érték a többi kezeléshez képest. A sávós talajművelés művelés nélküli, szármagadvánnyal borított sorközében mintegy 25%-kal több nedvesség volt, mint az őszi szántás talajában.



Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )

**10. ábra** Az egyes talajművelési rendszerekben vetés előtt mért talajnedvesség-tartalom a 0-10 cm-es rétegben (Kenderes, 2012)

A talajművelési kísérlet második évében a talajnedvesség meghatározása TDR 300 talajnedvesség-mérő szondával történt. A 0-20 cm-es talajrétegre vonatkozó mérési eredmények főbb statisztikai mutatóit a 8. és 9. táblázat tartalmazza.

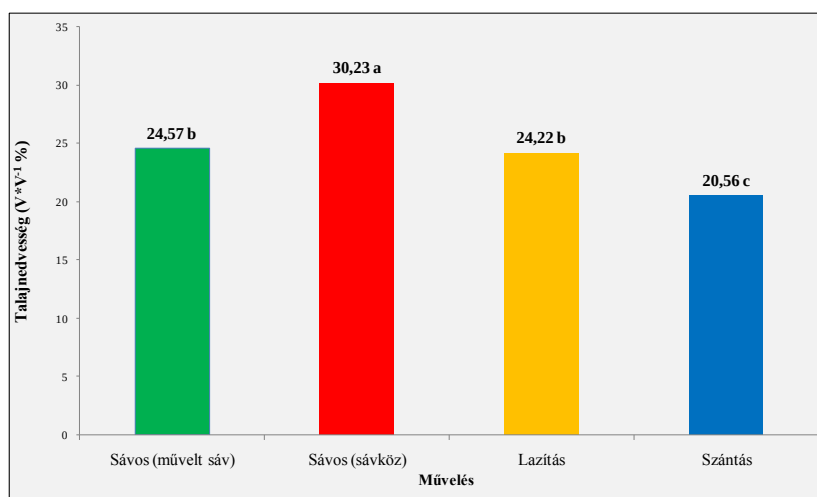
**8. táblázat:** A periódusidőre vonatkozó főbb leíró statisztikai jellemzők (Kenderes, 2013)

| Talajművelés       | Átlagos periódusidő (ms) | Minimum (ms) | Maximum (ms) | Szórás | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|--------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------|--------------------------------|-------|
|                    |                          |              |              |        | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 3404                     | 2960         | 3950         | 213    | 3344                           | 3465  |
| Sávós (sávköz)     | 3726                     | 3270         | 4070         | 225    | 3662                           | 3790  |
| Lazítás            | 3384                     | 2930         | 3860         | 222    | 3321                           | 3447  |
| Szántás            | 3176                     | 2800         | 3670         | 189    | 3122                           | 3230  |

**9. táblázat:** A talajnedvességre vonatkozó főbb statisztikai jellemzők a vizsgált 0-20 cm-es rétegben (Kenderes, 2013)

| Talajművelés       | Átlag nedvesség (tf%) | Minimum (tf%) | Maximum (tf%) | Szórás | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|--------------------|-----------------------|---------------|---------------|--------|--------------------------------|-------|
|                    |                       |               |               |        | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 24,57                 | 16,75         | 34,18         | 3,75   | 23,5                           | 25,64 |
| Sávós (sávköz)     | 30,23                 | 22,21         | 36,29         | 3,96   | 29,1                           | 31,36 |
| Lazítás            | 24,22                 | 16,23         | 32,59         | 3,89   | 23,12                          | 25,33 |
| Szántás            | 20,56                 | 13,94         | 29,25         | 3,33   | 19,61                          | 21,5  |

A 2013-as évben a betakarítástól a vetésig lehullott csapadék mennyisége jelentősen meghaladta a 2012-es esztendőét, melynek köszönhetően magasabb talajnedvesség-értékek figyelhetők meg az egyes művelésekben az előző évihez képest. A legalacsonyabb nedvesség-érték az őszi szántásban volt (20,56%), mely szignifikánsan kisebb a többi alpműveléshez viszonyítva. A lazításos alpművelés (24,22%), valamint a sávós talajművelés vetősávjának (24,57%) nedvességtartalma között nincs statisztikailag igazolható különbség. A legnagyobb nedvességtartalom a sávós talajművelés sávközében volt megfigyelhető (30,23%), mely szignifikánsan meghaladta a lazításos és forgatásos alpművelésben mért értékeket (11. ábra).



Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )

**11. ábra** Talajnedvesség-tartalom a 0-20 cm-es rétegben vetés előtt (Kenderes, 2013)

2014-ben az egyes talajművelési beállításokban mért talajnedvesség értékek tendenciáját követve megegyeznek a 2013-ban mért eredményekkel. A harmadik vizsgálati évben mért talajnedvesség méréssel kapcsolat főbb statisztikai mutatókat a 10. és 11. táblázat foglalja össze.

**10. táblázat:** A periódusidőre vonatkozó főbb leíró statisztikai jellemzők

(Kenderes, 2014)

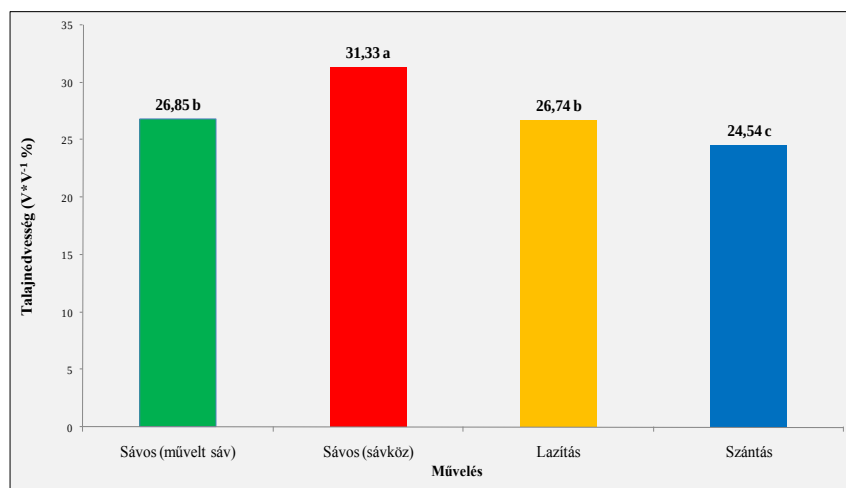
| Talajművelés          | Átlagos<br>periódusidő<br>(ms) | Minimum<br>(ms) | Maximum<br>(ms) | Szórás | 95%-os konfidencia<br>intervallum |       |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------------------------|-------|
|                       |                                |                 |                 |        | Alsó                              | Felső |
| Sávós<br>(művelt sáv) | 3353                           | 3250            | 3860            | 610    | 3490                              | 3577  |
| Sávós (sávköz)        | 3788                           | 3450            | 4120            | 140    | 3748                              | 2827  |
| Lazítás               | 3527                           | 3190            | 3860            | 152    | 3484                              | 3570  |
| Szántás               | 3402                           | 2960            | 3730            | 199    | 3346                              | 3459  |

**11. táblázat:** A talajnedvességre vonatkozó főbb statisztikai jellemzők a vizsgált

0-20 cm-es rétegben (Kenderes, 2014)

| Talajművelés          | Átlag<br>nedvesség<br>(tf%) | Minimum<br>(tf%) | Maximum<br>(tf%) | Szórás | 95%-os konfidencia<br>intervallum |       |
|-----------------------|-----------------------------|------------------|------------------|--------|-----------------------------------|-------|
|                       |                             |                  |                  |        | Alsó                              | Felső |
| Sávós<br>(művelt sáv) | 26,85                       | 21,86            | 32,59            | 2,66   | 26,09                             | 27,6  |
| Sávós (sávköz)        | 31,33                       | 25,68            | 37,17            | 2,46   | 30,62                             | 32,02 |
| Lazítás               | 26,74                       | 20,8             | 32,59            | 2,68   | 25,98                             | 27,5  |
| Szántás               | 24,54                       | 16,75            | 30,31            | 3,5    | 23,54                             | 25,53 |

2014-ben statisztikailag igazolható különbségek voltak az egyes talajművelési rendszerek 0-20 cm-es talajrétegének nedvességtartalmát tekintve. A szántásos talajművelés nedvességtartalmát (24,54%) szignifikánsan meghaladta a többi vizsgált művelési mód esetén mért értékek. A lazításos alapművelés (26,74%), valamint a sávós talajművelés művelt sávjának (26,85%) nedvességtartalma között nem volt valódi különbség. A sávós talajművelés sávközének nedvességtartalma (31,33%) a harmadik vizsgált évben is szignifikánsan meghaladta a lazításos és a szántásos talajművelését (12. ábra).



*Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )*

**12. ábra** Talajnedvesség-tartalom a 0-20 cm-es rétegben vetés előtt (Kenderes, 2014)

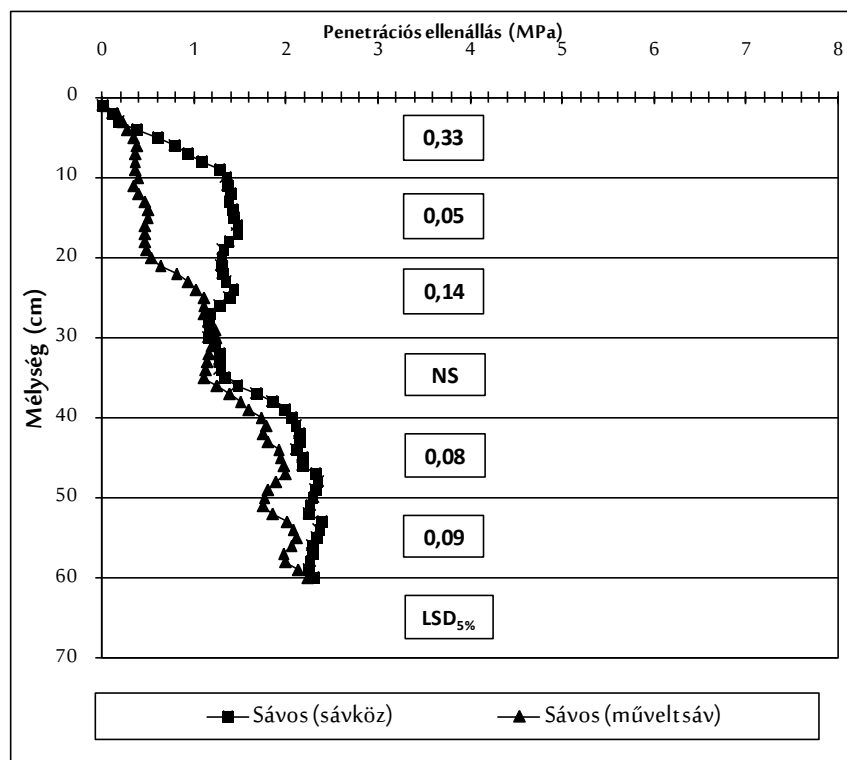
#### 4.3. A talaj penetrációs ellenállása a vizsgált talajművelési rendszerek alkalmazása esetén

A kenderesi vizsgálati helyszínen mért talajellenállás értékek között különbség van az egyes talajművelési rendszereket tekintve. A penetrációs értékek mérése a 0-60 cm-es talajrétegben történt, az elemzésben 10 cm-es talajrészek összehasonlítása látható. A sávok talajművelésben a sáv és a sávköz kezelése elkülönül egymástól, így a talajművelési rendszeren belül megkülönböztettük ezeket a mérések során. A legkisebb talajellenállást a 0-10 cm-es rétegben, míg a legnagyobbat az 51-60 cm-es talajrétegben mértük. A 2012-es évben a vetés előtti mérések főbb statisztikai mutatóit a sávok talajművelés művelt és bolygatás nélkül sávját tekintve rétegenként a 12. táblázat tartalmazza.

**12. táblázat:** A sávos talajművelés sávközének és művelt sávjának talajellenállásának talajrétegenkénti leíró statisztikája (Kenderes, 2012)

| 1-10 cm            |                   |        |         |         |                                |       |
|--------------------|-------------------|--------|---------|---------|--------------------------------|-------|
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 0,67 <sup>a</sup> | 0,5    | 0,01    | 1,48    | 0,53                           | 0,82  |
| Sávos (művelt sáv) | 0,29 <sup>b</sup> | 0,14   | 0,01    | 0,53    | 0,24                           | 0,33  |
| 11-20 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,4 <sup>a</sup>  | 0,18   | 1,09    | 1,81    | 1,34                           | 1,44  |
| Sávos (művelt sáv) | 0,46 <sup>b</sup> | 0,17   | 0,27    | 0,88    | 0,41                           | 0,51  |
| 21-30 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,27 <sup>a</sup> | 0,32   | 0,8     | 1,92    | 1,18                           | 1,36  |
| Sávos (művelt sáv) | 1,03 <sup>b</sup> | 0,26   | 0,37    | 1,85    | 0,96                           | 1,1   |
| 31-40 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,55 <sup>a</sup> | 0,39   | 0,79    | 2,27    | 1,44                           | 1,66  |
| Sávos (művelt sáv) | 1,32 <sup>a</sup> | 0,34   | 0,78    | 2,11    | 1,22                           | 1,41  |
| 41-50 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 2,22 <sup>a</sup> | 0,27   | 1,76    | 2,74    | 2,14                           | 2,3   |
| Sávos (művelt sáv) | 1,86 <sup>b</sup> | 0,3    | 1,19    | 2,51    | 1,78                           | 1,95  |
| 51-60 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 2,3 <sup>a</sup>  | 0,28   | 1,74    | 2,73    | 2,22                           | 2,38  |
| Sávos (művelt sáv) | 2,02 <sup>b</sup> | 0,37   | 1,41    | 2,74    | 1,92                           | 2,12  |

A sávos talajművelés sávjának és sávközének a vetés előtt mért penetrációs görbáját a 13. ábra szemlélteti. A 0-30 cm-es rétegben szignifikáns különbség van az egyes talajrétegek ellenállását tekintve. A sávközök talajellenállása a művelt rétegben statisztikailag igazolhatóan meghaladta a művelt sávét. A 31-40 cm-es réteg penetrációs ellenállásában nem volt statisztikailag igazolható különbség, ellenben e talajréteg alatt a különbség szignifikáns volt. A talajellenállás a művelési mélységgel növekszik. A sávos alapművelés művelt sávja nem tartalmaz tömör réteget (>3 MPa) sem a művelt rétegben, sem pedig a művelés mélysége alatt, mely kedvező feltételeket teremt a növény gyökérzetének zavartalan növekedéséhez.



**13. ábra** A sávos talajművelés sávközének és művelt sávjának penetrációs görbéi  
(Kenderes, 2012)

A 2013-as talajellenállás-mérés leíró statisztikáját a sávos talajművelés művelt sávjának és sávközének tekintetében a 13. táblázat tartalmazza. A legkisebb talajellenállás-értékeket a talajréteg felső 10 cm-es rétegében mértük, míg a legnagyobb átlagértékek a 41-50 cm-es rétegben voltak. A legnagyobb különbség a két kezelés között a 31-40 cm-es rétegben van (0,42 MPa).

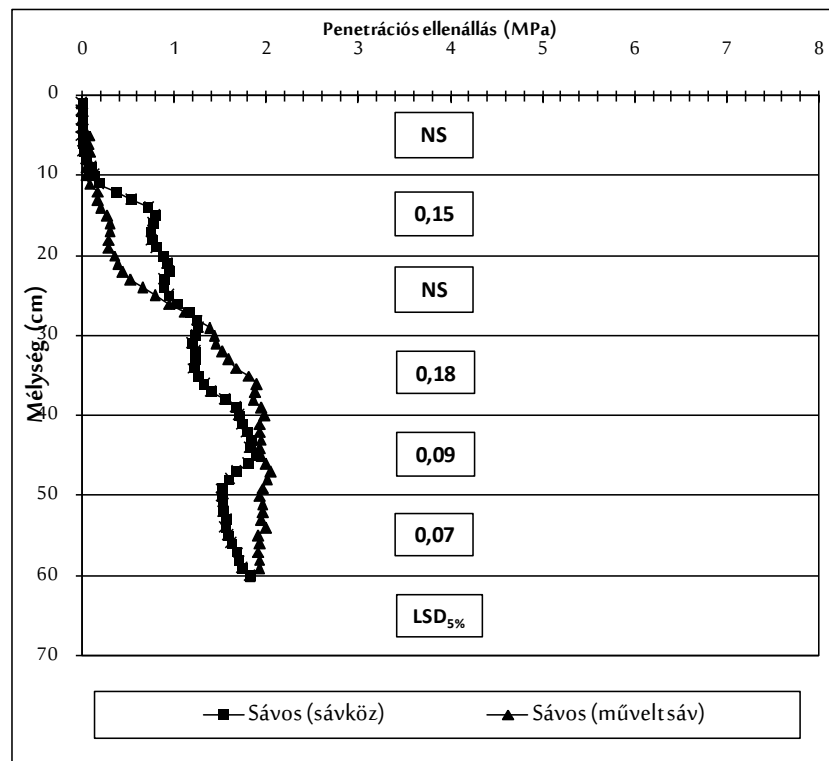
**13. táblázat:** A sávos talajművelés sávközének és művelt sávjának talajellenállásának talajrétegenkénti leíró statisztikája (Kenderes, 2013)

| 1-10 cm            |                   |        |         |         |                                |       |
|--------------------|-------------------|--------|---------|---------|--------------------------------|-------|
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 0,02 <sup>a</sup> | 0,09   | 0       | 0,52    | 0,01                           | 0,04  |
| Sávos (művelt sáv) | 0,03 <sup>a</sup> | 0,13   | 0       | 0,83    | 0,02                           | 0,06  |
| 11-20 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 0,65 <sup>a</sup> | 0,42   | 0       | 1,83    | 0,59                           | 0,72  |
| Sávos (művelt sáv) | 0,23 <sup>b</sup> | 0,35   | 0       | 1,56    | 0,18                           | 0,3   |
| 21-30 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,05 <sup>a</sup> | 0,6    | 0,06    | 2,15    | 0,95                           | 1,15  |
| Sávos (művelt sáv) | 0,89 <sup>a</sup> | 0,82   | 0       | 3,48    | 0,75                           | 1,02  |
| 31-40 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,37 <sup>a</sup> | 0,46   | 0,46    | 2,86    | 1,3                            | 1,45  |
| Sávos (művelt sáv) | 1,75 <sup>b</sup> | 0,45   | 0,58    | 2,67    | 1,69                           | 1,83  |
| 41-50 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,71 <sup>a</sup> | 0,53   | 0,68    | 3,6     | 1,63                           | 1,8   |
| Sávos (művelt sáv) | 1,96 <sup>b</sup> | 0,57   | 0,71    | 3,32    | 1,87                           | 2,05  |
| 51-60 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,63 <sup>a</sup> | 0,53   | 0,66    | 3,29    | 1,55                           | 1,72  |
| Sávos (művelt sáv) | 1,92 <sup>b</sup> | 0,67   | 0       | 3,48    | 1,82                           | 2,04  |

A sávos talajművelés művelt sávjának és sávközének talajellenállás görbéi közötti különbségek az 14. ábrán láthatóak. A művelt rétegben, a 11-20 cm-es réteget kivéve, nincs statisztikailag igazolható különbség a talajellenállást tekintve. A 11-20 cm-es rétegben a nem művelt talajrész ellenállása szignifikánsan nagyobb a vetősávhoz képest. Míg a művelt rétegben vagy nincs különbség az egyes kezelések között, vagy szignifikánsan nagyobb a sávköz talajellenállása, addig a művelt réteg alatti talajrétegekben a művelt sáv talajellenállása statisztikailag igazolhatóan meghaladja a sávközét. A kezelésekben nem található sem a művelt talajrétegben, sem a teljes vizsgált talajmélységben a gyökérnövekedést gátló, tömörnek tekinthető (>3 MPa)



talajréteg. A mélység növekedésével párhuzamosan a penetrációs ellenállás értékének fokozatos növekedése figyelhető meg.



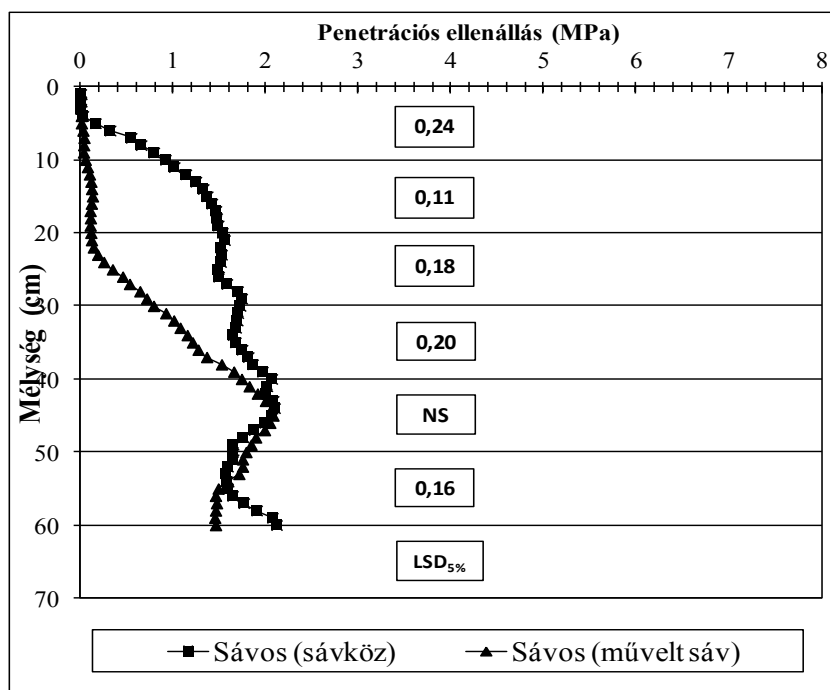
**14. ábra** A sávos talajművelés sávközének és művelt sávjának penetrációs görbéi  
(Kenderes, 2013)

A 2014-es vetés előtti mérési eredményeket a 14. táblázat tartalmazza. A legkisebb átlagos talajellenállás a talaj 0-10 cm-es rétegében található, míg a legnagyobb ellenállást a 41-50 cm-es mélységben mértük. A legnagyobb ellenállásbeli különbség a 11-20 cm-es rétegben található; a sávköz átlagos talajellenállása 1,24 MPa-al meghaladta a művelt sáv ellenállását. Egyik talajréteg átlagos ellenállása sem haladta meg a 2 MPa-t.

**14. táblázat:** A sávos talajművelés sávközének és művelt sávjának talajellenállásának talajrétegenkénti leíró statisztikája (Kenderes, 2014)

| 1-10 cm            |                   |        |         |         |                                |       |
|--------------------|-------------------|--------|---------|---------|--------------------------------|-------|
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 0,33 <sup>a</sup> | 0,45   | 0,01    | 1,55    | 0,27                           | 0,41  |
| Sávos (művelt sáv) | 0,02 <sup>b</sup> | 0,06   | 0,01    | 0,37    | 0,007                          | 0,027 |
| 11-20 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,34 <sup>a</sup> | 0,39   | 0,32    | 2,23    | 1,28                           | 1,4   |
| Sávos (művelt sáv) | 0,1 <sup>b</sup>  | 0,24   | 0,01    | 1,12    | 0,06                           | 0,14  |
| 21-30 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,57 <sup>a</sup> | 0,31   | 0,96    | 2,43    | 1,52                           | 1,62  |
| Sávos (művelt sáv) | 0,39 <sup>b</sup> | 0,51   | 0,01    | 2,12    | 0,3                            | 0,47  |
| 31-40 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,77 <sup>a</sup> | 0,45   | 0,75    | 3,23    | 1,7                            | 1,85  |
| Sávos (művelt sáv) | 1,22 <sup>b</sup> | 0,65   | 0,01    | 2,74    | 1,12                           | 1,33  |
| 41-50 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,91 <sup>a</sup> | 0,54   | 0,71    | 3,32    | 1,82                           | 2,01  |
| Sávos (művelt sáv) | 1,84 <sup>a</sup> | 0,74   | 0,1     | 3,12    | 1,72                           | 1,96  |
| 51-60 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávos (sávköz)     | 1,74 <sup>a</sup> | 0,5    | 0,46    | 3,16    | 1,66                           | 1,82  |
| Sávos (művelt sáv) | 1,43 <sup>b</sup> | 0,65   | 0,1     | 2,75    | 1,32                           | 1,54  |

A sávos talajművelés művelt sávjának és bolygatatlan sávközének penetrációs görbéje jól elkülönül egymástól (15. ábra). A 41-50 cm-es es talajréteget kivéve a két ellenállásgörbe szignifikánsan eltér egymástól. A művelt rétegben a lazított vetősáv talajellenállása statisztikailag igazoltan kisebb a sávközben mért talajellenálláshoz képest. Az alsó talajrétegben is igazolható a sávköz nagyobb ellenállása. 3 MPa-t meghaladó talajellenállás érték egyik kezelésben sem található. A penetrációs ellenállása 40 cm mélységig folyamatosan nő mindkét görbe esetén.

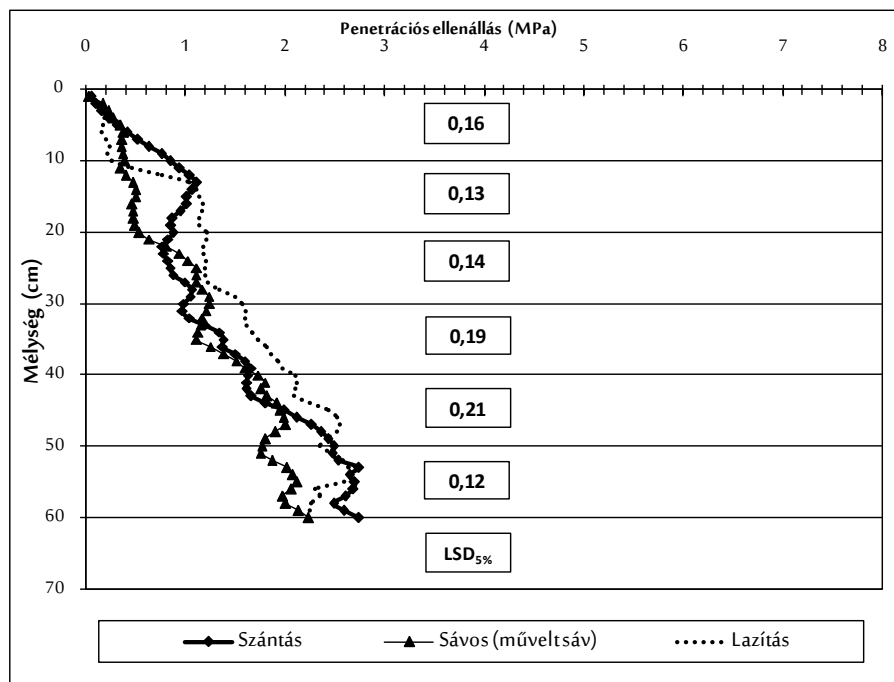


**15. ábra** A sávok talajművelés sávközének és művelt sávjának penetrációs görbéi  
(Kenderes, 2014)

A 15. táblázat az egyes talajművelési rendszerekre vonatkozó talajellenállásának rétegenkénti főbb statisztikai jellemzőit mutatja be. A sávok talajművelés esetén az összehasonlítás alapját a művelt sáv jelenti. Valamennyi alapművelésben mért talajellenállás-érték nem haladta meg a 3 MPa-t sem a művelt rétegben, sem pedig a művelt réteg alatti talajrétegben. A 2012-es év vetés előtti eredmények alapján a három vizsgált talajművelési mód között valamennyi talajszintben szignifikáns különbség volt. A legkisebb szignifikáns differencia rétegenkénti értékeiből tendenciára nem lehet következtetni az egyes talajművelési rendszerek talajellenállását tekintve. A legkisebb különbség az 50-60 cm-es rétegben mutatható ki. A penetrációs ellenállás a művelés mélységével párhuzamosan növekszik, tömör réteg a vizsgált 60 cm-es mélységben nem található. A legkisebb átlagos penetrációs érték a felső 10 cm-es (0,17 MPa), a legnagyobb az 50-60 cm-es talajrétegben található (2,61 MPa) (16. ábra).

**15. táblázat:** Az egyes talajművelési rendszerekben mért talajellenállás  
talajrétegenkénti leíró statisztikája (Kenderes, 2012)

| 1-10 cm            |                    |        |         |         |                                |       |
|--------------------|--------------------|--------|---------|---------|--------------------------------|-------|
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 0,29 <sup>ab</sup> | 0,14   | 0,01    | 0,53    | 0,24                           | 0,33  |
| Lazítás            | 0,17 <sup>b</sup>  | 0,11   | 0,01    | 0,46    | 0,14                           | 0,2   |
| Szántás            | 0,4 <sup>a</sup>   | 0,31   | 0,04    | 1,14    | 0,31                           | 0,49  |
| 11-20 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 0,46 <sup>b</sup>  | 0,17   | 0,27    | 0,88    | 0,41                           | 0,51  |
| Lazítás            | 1,03 <sup>a</sup>  | 0,45   | 0,13    | 1,8     | 0,9                            | 1,16  |
| Szántás            | 0,97 <sup>a</sup>  | 0,21   | 0,65    | 1,45    | 0,91                           | 1,03  |
| 21-30 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,03 <sup>a</sup>  | 0,26   | 0,37    | 1,85    | 0,96                           | 1,1   |
| Lazítás            | 1,27 <sup>b</sup>  | 0,44   | 0,36    | 1,97    | 1,15                           | 1,4   |
| Szántás            | 0,89 <sup>c</sup>  | 0,27   | 0,58    | 1,72    | 0,82                           | 0,97  |
| 31-40 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,32 <sup>b</sup>  | 0,34   | 0,78    | 2,11    | 1,22                           | 1,41  |
| Lazítás            | 1,79 <sup>a</sup>  | 0,4    | 1,32    | 2,64    | 1,67                           | 1,9   |
| Szántás            | 1,36 <sup>b</sup>  | 0,5    | 0,58    | 2,66    | 1,22                           | 1,5   |
| 41-50 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,86 <sup>b</sup>  | 0,3    | 1,19    | 2,51    | 1,78                           | 1,95  |
| Lazítás            | 2,33 <sup>a</sup>  | 0,3    | 1,65    | 2,64    | 2,24                           | 2,42  |
| Szántás            | 2,03 <sup>b</sup>  | 0,55   | 0,64    | 2,9     | 1,87                           | 2,19  |
| 51-60 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 2,02 <sup>c</sup>  | 0,37   | 1,41    | 2,74    | 1,92                           | 2,12  |
| Lazítás            | 2,43 <sup>b</sup>  | 0,42   | 1,05    | 2,64    | 2,3                            | 2,55  |
| Szántás            | 2,61 <sup>a</sup>  | 0,49   | 1,65    | 3,32    | 2,48                           | 2,75  |

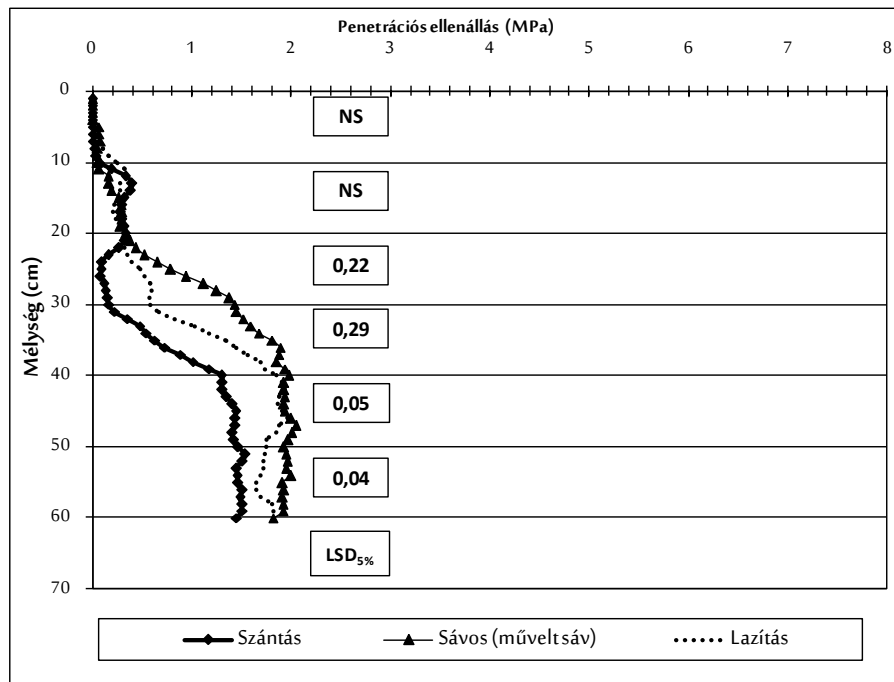


**16. ábra** Az egyes talajművelési rendszerekben mért talajellenállás (Kenderes, 2012)

A 2013-ban felvételezett penetrációs görbék jelentősen különböznek a 2012-es években mért görbékhez képest. Az ábrán látható, hogy a művelt réteg felső 20 cm-es rétegében az egyes talajművelési módok talajellenállását tekintve nincs szignifikáns különbség. A 20 cm-es réteg alatti talajrétegekben jól elkülöníthető talajellenállás-értékek figyelhetők meg az egyes művelési módok között; a legkisebb penetrációs ellenállása a szántásos művelésnek, míg a legnagyobb ellenállása a sávós talajművelés művelt sávjának van. A 20 cm-es réteg alatt valamennyi penetrációs görbe között szignifikáns különbség figyelhető meg (16. táblázat). A művelt (0-30 cm-es) talajréteg alatt az egyes penetrációs görbék közötti különbség a talajmélység növekedésével párhuzamosan csökken. A penetrációs ellenállás a talajmélység növekedésével párhuzamosan nő, azonban nem éri el a kritikus 3 MPa-os értéket. A legkisebb talajellenállás-érték a legfelső talajrétegben (0,01 MPa), a legnagyobb átlagérték a 40-50 cm-es rétegben (1,96 MPa) található. Az egyes talajművelési beállításokban mért penetrációs ellenállás görbéit a 17. ábra tartalmazza.

**16. táblázat:** Az egyes talajművelési rendszerekben mért talajellenállás  
talajrétegenkénti leíró statisztikája (Kenderes, 2013)

| 1-10 cm            |                   |        |         |         |                                |       |
|--------------------|-------------------|--------|---------|---------|--------------------------------|-------|
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 0,03 <sup>a</sup> | 0,13   | 0       | 0,83    | 0,02                           | 0,06  |
| Lazítás            | 0,07 <sup>a</sup> | 0,19   | 0       | 0,89    | 0,04                           | 0,1   |
| Szántás            | 0,01 <sup>a</sup> | 0,09   | 0       | 0,84    | 0,01                           | 0,03  |
| 11-20 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 0,23 <sup>a</sup> | 0,35   | 0       | 1,56    | 0,18                           | 0,3   |
| Lazítás            | 0,28 <sup>a</sup> | 0,38   | 0       | 1,64    | 0,21                           | 0,34  |
| Szántás            | 0,32 <sup>a</sup> | 0,4    | 0       | 2,08    | 0,25                           | 0,38  |
| 21-30 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 0,89 <sup>a</sup> | 0,82   | 0       | 3,48    | 0,75                           | 1,02  |
| Lazítás            | 0,48 <sup>b</sup> | 0,38   | 0       | 1,9     | 0,42                           | 0,54  |
| Szántás            | 0,16 <sup>c</sup> | 0,2    | 0       | 0,84    | 0,13                           | 0,2   |
| 31-40 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,75 <sup>a</sup> | 0,45   | 0,58    | 2,67    | 1,69                           | 1,83  |
| Lazítás            | 1,33 <sup>b</sup> | 0,7    | 0       | 3,06    | 1,22                           | 1,45  |
| Szántás            | 0,73 <sup>c</sup> | 0,65   | 0       | 2,29    | 0,63                           | 0,84  |
| 41-50 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,96 <sup>a</sup> | 0,57   | 0,71    | 3,32    | 1,87                           | 2,05  |
| Lazítás            | 1,87 <sup>b</sup> | 0,56   | 0,72    | 3,32    | 1,78                           | 1,96  |
| Szántás            | 1,4 <sup>c</sup>  | 0,46   | 0,11    | 2,32    | 1,32                           | 1,47  |
| 51-60 cm           |                   |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)       | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                   |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,92 <sup>a</sup> | 0,67   | 0       | 3,48    | 1,82                           | 2,04  |
| Lazítás            | 1,73 <sup>b</sup> | 0,53   | 0,15    | 3,05    | 1,65                           | 1,82  |
| Szántás            | 1,49 <sup>c</sup> | 0,45   | 0,4     | 2,48    | 1,42                           | 1,56  |



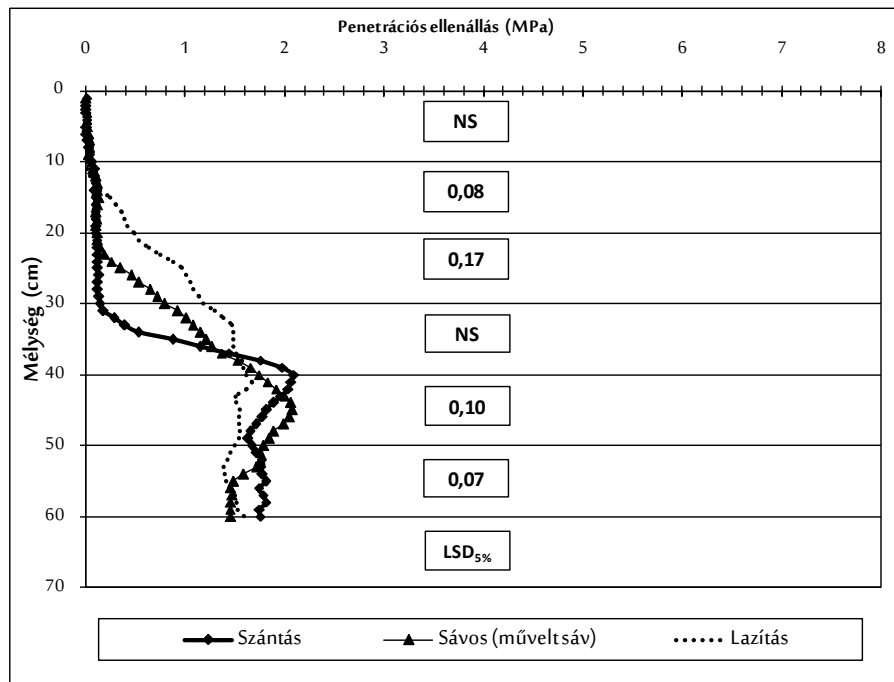
**17. ábra** Az egyes talajművelési rendszerekben mért talajellenállás (Kenderes, 2013)

A 17. táblázat a 2014-ben mért talajellenállás-értékeket mutatja be. A 0-10 cm-es, valamint a 30-40 cm-es talajrétegekben mért talajellenállás-értékek kivételével szignifikáns különbségek mutathatók ki az egyes talajművelési változatok között. A penetrációs görbe értékei a művelt rétegben az őszi szántásos technológiai változatban a legalacsonyabbak, míg ezt szignifikánsan meghaladja a sávós talajművelés és a lazításos technológiáé. A legkisebb talajellenállás érték az őszi szántás esetében a 0-10 cm-es rétegben (0,01 MPa), míg a legnagyobb érték a sávós talajművelés esetében a 40-50 cm-es rétegben (1,84 MPa) volt. A talajellenállás-értékek 45-cm-es mélységig a talaj mélységével párhuzamosan nőnek; az ez alatti talajrétegben az egyes talajművelési változatok közötti különbségek csökkenésével együtt a talajellenállás is csökken. A vizsgált rétegben 3 MPa-t meghaladó talajellenállás-érték nem volt (18. ábra).

**17. táblázat:** Az egyes talajművelési rendszerekben mért talajellenállás  
talajrétegenkénti leíró statisztikája (Kenderes, 2014)

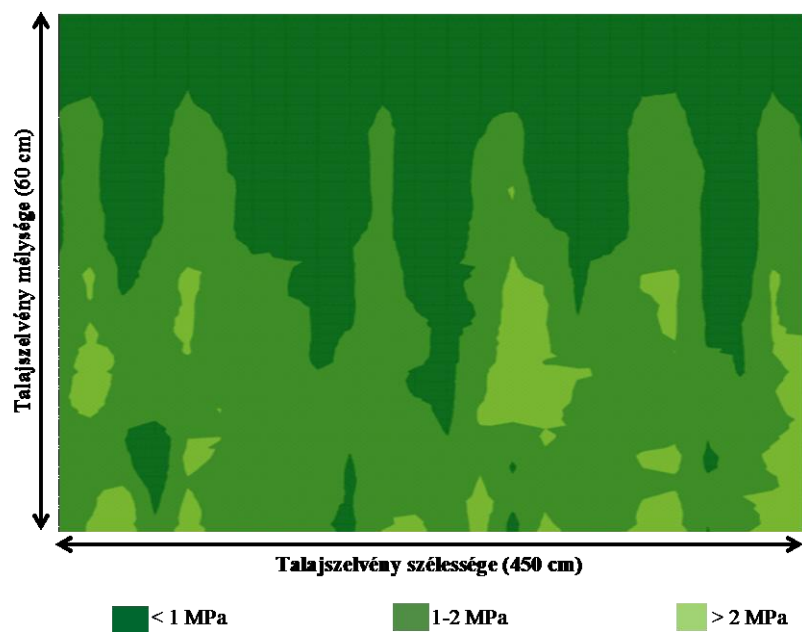
| 1-10 cm            |                    |        |         |         |                                |       |
|--------------------|--------------------|--------|---------|---------|--------------------------------|-------|
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 0,02 <sup>a</sup>  | 0,06   | 0,01    | 0,37    | 0,007                          | 0,027 |
| Lazítás            | 0,013 <sup>a</sup> | 0,058  | 0,01    | 0,53    | 0,003                          | 0,022 |
| Szántás            | 0,01 <sup>a</sup>  | 0,046  | 0,01    | 0,37    | 0,004                          | 0,019 |
| 11-20 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 0,1 <sup>b</sup>   | 0,24   | 0,01    | 1,12    | 0,06                           | 0,14  |
| Lazítás            | 0,25 <sup>a</sup>  | 0,28   | 0,01    | 1,09    | 0,2                            | 0,3   |
| Szántás            | 0,088 <sup>b</sup> | 0,13   | 0,01    | 0,37    | 0,07                           | 0,11  |
| 21-30 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 0,39 <sup>b</sup>  | 0,51   | 0,01    | 2,12    | 0,3                            | 0,47  |
| Lazítás            | 0,92 <sup>a</sup>  | 0,43   | 0,04    | 2,1     | 0,84                           | 0,99  |
| Szántás            | 0,12 <sup>c</sup>  | 0,13   | 0,01    | 0,47    | 0,1                            | 0,14  |
| 31-40 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,22 <sup>a</sup>  | 0,65   | 0,01    | 2,74    | 1,12                           | 1,33  |
| Lazítás            | 1,18 <sup>a</sup>  | 0,42   | 0,54    | 2,78    | 1,41                           | 1,55  |
| Szántás            | 1,06 <sup>a</sup>  | 0,92   | 0,01    | 2,92    | 0,91                           | 1,2   |
| 41-50 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,84 <sup>a</sup>  | 0,74   | 0,1     | 3,12    | 1,72                           | 1,96  |
| Lazítás            | 1,55 <sup>c</sup>  | 0,39   | 0,31    | 3,02    | 1,48                           | 1,61  |
| Szántás            | 1,81 <sup>b</sup>  | 0,37   | 0,91    | 2,72    | 1,75                           | 1,87  |
| 51-60 cm           |                    |        |         |         |                                |       |
|                    | Átlag (MPa)        | Szórás | Minimum | Maximum | 95%-os konfidencia intervallum |       |
|                    |                    |        |         |         | Alsó                           | Felső |
| Sávós (művelt sáv) | 1,53 <sup>b</sup>  | 0,65   | 0,1     | 2,75    | 1,42                           | 1,64  |
| Lazítás            | 1,46 <sup>c</sup>  | 0,57   | 0,53    | 2,84    | 1,37                           | 1,55  |
| Szántás            | 1,76 <sup>a</sup>  | 0,47   | 0,59    | 3,19    | 1,68                           | 1,83  |



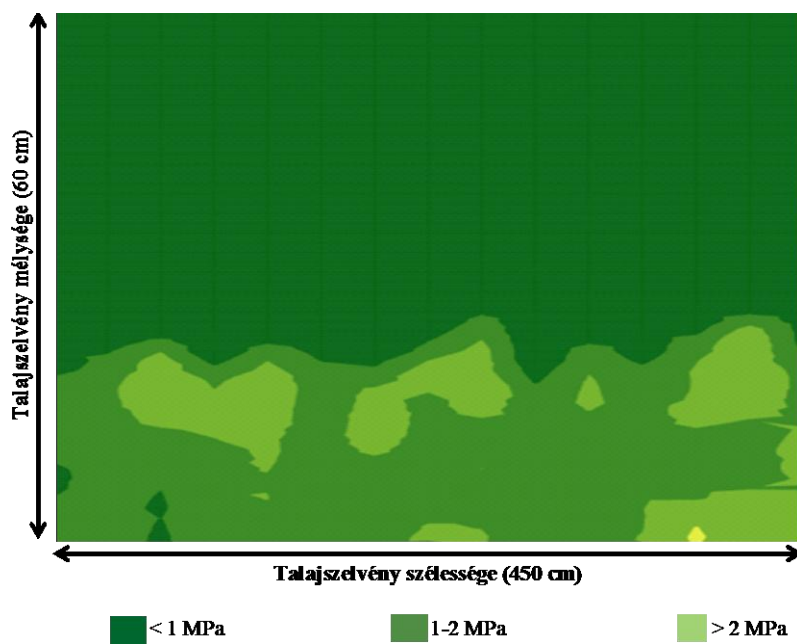


**18. ábra** Az egyes talajművelési rendszerekben mért talajellenállás (Kenderes, 2014)

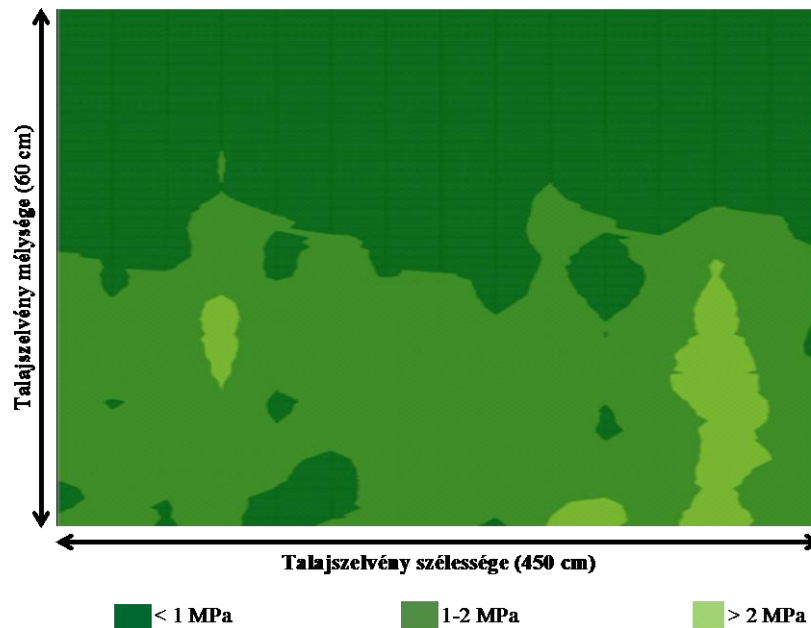
Valamennyi évben elkészítettük penetrométerrel az egyes alpművelési módok művelési keresztprofilját. A 19-21. ábrák a 2014-ben vetés előtt készült profilokat szemléltetik. A szántásos és lazításos alpművelés esetén a művelt réteg határán látható nagyobb talajellenállás, azonban nem figyelhető meg jelentős különbség a két művelési profil között. A sávós talajművelés felső 10-15 cm-es rétegében szintén nem tapasztalható különbség, azonban az ez alatti talajrétegben lényegesen elkülönülnek a művelt és a műveletlen talajsávok. A művelt sáv talajellenállása több sávban a művelt réteg alatti talajrétegben is lazult talajállapotot jelez, melyből a lazítókécek repesztő-hatására lehet következtetni.



**19. ábra** A sávos talajművelés talajellenállás keresztprofilja vetés előtt (Kenderes, 2014)



**20. ábra** Az őszi szántás talajellenállás keresztprofilja vetés előtt (Kenderes, 2014)

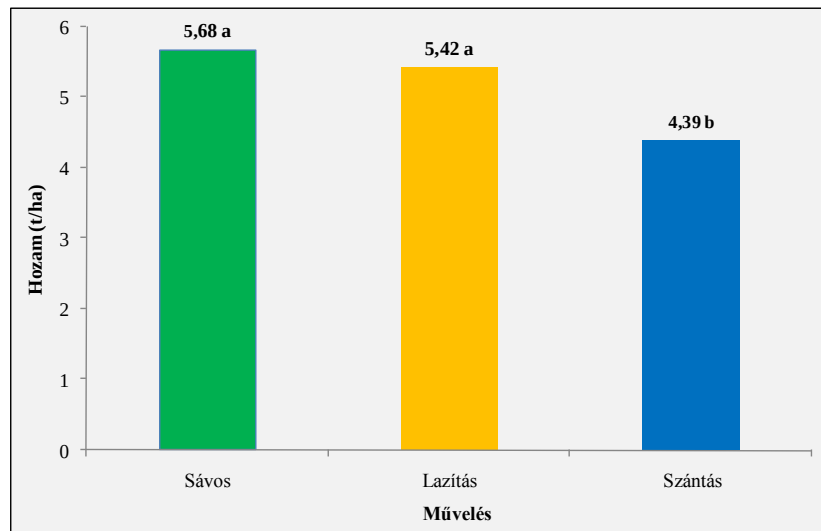


**21. ábra** A középmező lazítás talajellenállás keresztprofilja vetés előtt (Kenderes, 2014)

#### **4.4. A különböző talajművelési rendszerek alkalmazása esetén mért szemtermés hozama és szemnedvesség-tartalma**

A betakarítást követően meghatároztuk az egyes talajművelési rendszerekben mért kukorica termés hozamát, illetve a termés szemnedvesség-tartalmát. A termés hozam és szemnedvesség két olyan indikátora a kukoricatermesztésnek, mely alapvetően meghatározza az egyes talajművelési rendszerek hatékonyságát, valamint jövedelmezőségét.

A 2012-es év rendkívül aszályos volt, melyet jól reprezentálnak az egyes terméseredmények. A különböző talajművelési rendszerekben mért kukorica termés hozamot a 22. ábra mutatja be. A legnagyobb termés a sávos talajművelésben volt (5,68 t/ha), majd ezt követte a lazításos alpművelésben mért hozam (5,42 t/ha), azonban a két kezelés között nem volt statisztikailag igazolható különbség. A legalacsonyabb termés az őszi szántásos kezelésben volt (4,39 t/ha), ami mintegy 30%-kal maradt el a sávos talajműveléssel elérhető hozamtól, és 23%-kal kevesebb volt a lazításos alpműveléshez képest.

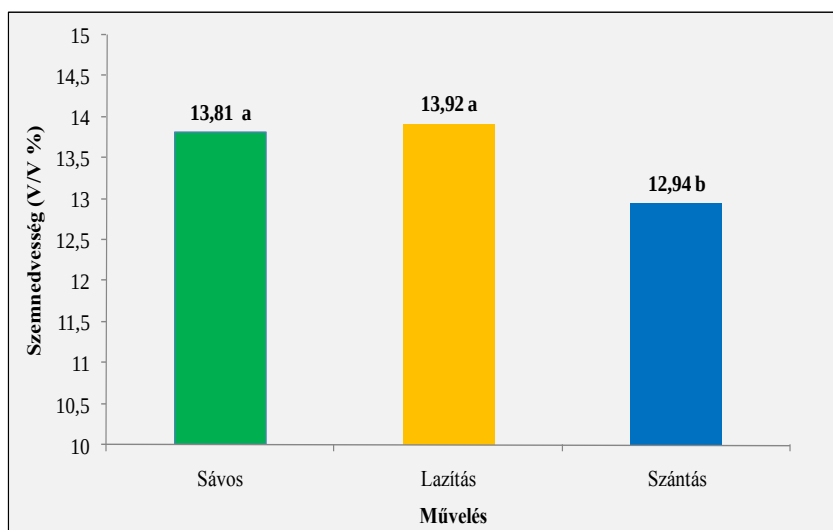


*Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )*

**22. ábra** A különböző talajművelési rendszerek alkalmazása esetén mért szemtermés hozama 14,5%-os standard nedvességtartalom mellett (Kenderes, 2012)

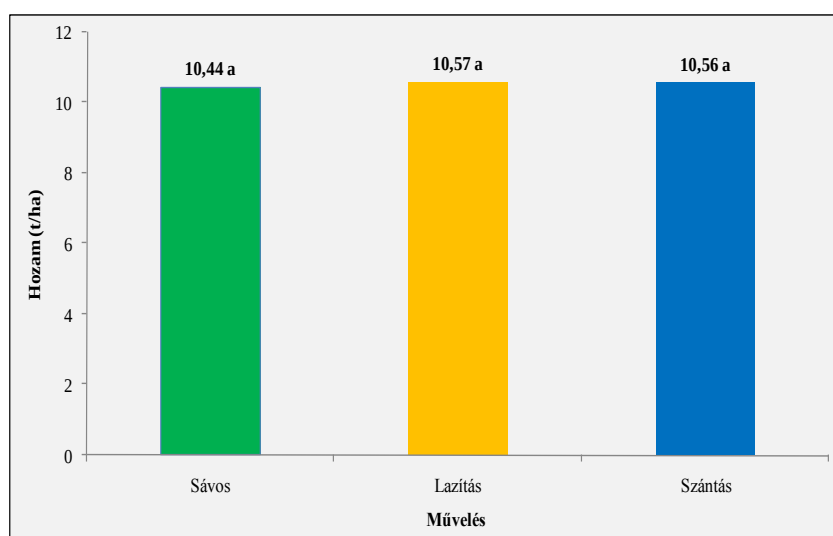
A kukoricát betakarítás után, a biztonságos tárolás érdekében szárítani szükséges. A betakarítást követően FOSS Infratec 1241 gabona analizátorral határoztuk meg az egyes művelési rendszerek kukoricatermésének nedvességtartalmát. A 2012-es aszályos év miatt a betakarításkori szemnedvesség-tartalom alulmaradt a gyakorlatban jellemző 18-20%-os értékhez képest. A legmagasabb nedvességtartalom a lazításos kezelésben volt (13,92%), ezt követte a sávós talajművelésben mért 13,81%, mely két érték között nincs szignifikáns különbség. A forgatásos művelésben mért szemnedvesség-tartalom szignifikánsan alacsonyabb volt a forgatás nélküli alpművelési módokhoz képest; a szántásos alpművelésben mért szemnedvesség-tartalom mintegy 1%-kal volt alacsonyabb (23. ábra).

A 2013-as év csapadékviszonyai sokkal kedvezőbbek voltak a kukoricatermesztés szempontjából a 2012-es évhez képest. Az egyes talajművelési rendszerekben elért kukorica terméshozam közel kétszerese volt a vizsgálat első évének terméseredményeihez képest. A legnagyobb termés a lazításos alpművelésben (10,57 t/ha), majd szántásos művelésben (10,56 t/ha) volt. A legalacsonyabb termés a sávós talajművelésben volt mérhető; az egyes kezelések közötti termésbeli különbség azonban nem szignifikáns (24. ábra).



*Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )*

**23. ábra** Az egyes talajművelési rendszerekben mért szemnedvesség-tartalom (Kenderes, 2012)

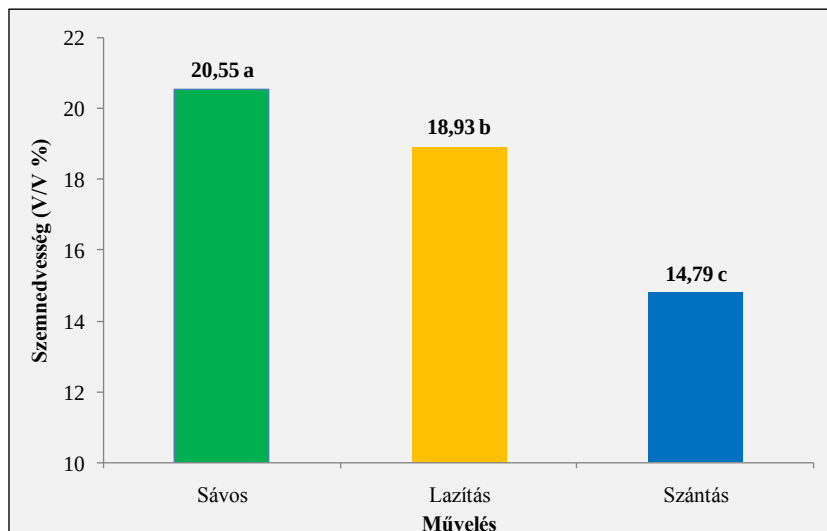


*Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )*

**24. ábra** A különböző talajművelési rendszerek alkalmazása esetén mért szemtermés hozama 14,5%-os standard nedvességtartalom mellett (Kenderes, 2013)

A terméshozammal ellentétben a kukorica szemnedvesség-tartalmát tekintve jelentős különbségek vannak az egyes talajművelési rendszerek között. Valamennyi kezelés esetén a különbség szignifikáns. A legnagyobb nedvességtartalom a sávok talajművelésben figyelhető meg (20,55%). A lazításos alapművelés szemnedvesség-

tartalma 1,6%-kal alacsonyabb (18,93%), míg a szántásos alpművelésben mért érték (14,79%) mintegy 5,6%-kal kisebb, mint a sávós talajművelésé (25. *ábra*).

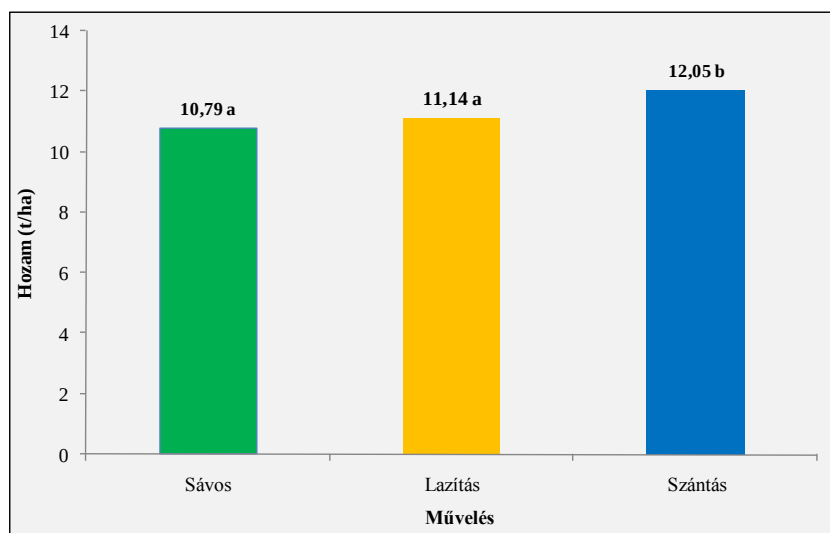


*Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )*

**25. ábra** Az egyes talajművelési rendszerekben mért szemnedvesség-tartalom  
(Kenderes, 2013)

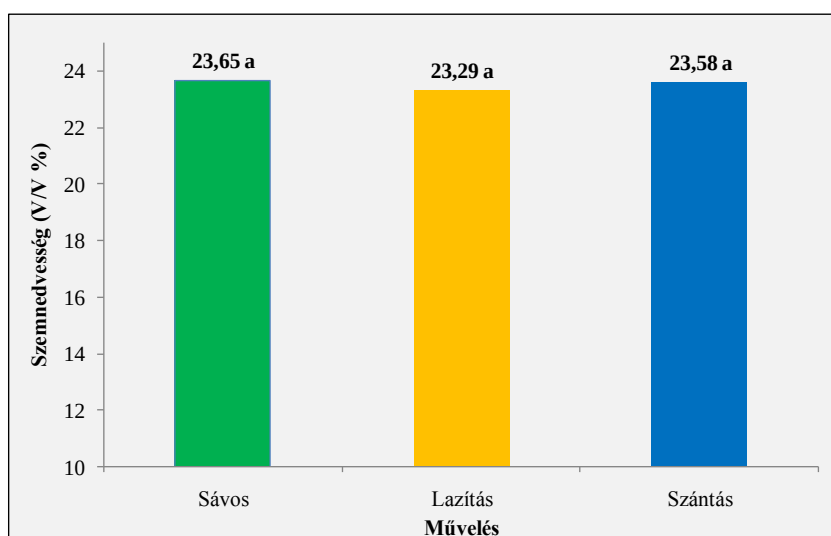
2014-ben a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben mért terméshozamok között nem volt kimutatható szignifikáns különbség, ellenben a forgatásos alpműveléssel realizálható terméshozam statisztikailag igazolhatóan meghaladta a sávós és a lazításos technológia hozamát. A legkisebb termés a sávós talajművelésben volt (10,79 t/ha), ezt meghaladta a szántásos technológia (12,05 t/ha) mintegy 11 %-kal (26. *ábra*).

Az egyes talajművelési változatok termésének szemnedvességét tekintve a 2014-es év eltérő volt az előző vizsgált évekhez képest. Bár az abszolút értékben vett szemnedvesség a sávós talajművelésben volt a legnagyobb, azonban az egyes talajművelési változatok között nem volt statisztikailag igazolható különbség. A vizsgált évek szemnedvesség-tartalmát tekintve a 2014-ben mért értékek meghaladták a korábbi évek értékeit (27. *ábra*).



*Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )*

**26. ábra** A különböző talajművelési rendszerek alkalmazása esetén mért szemtermés hozama 14,5%-os standard nedvességtartalom mellett (Kenderes, 2014)



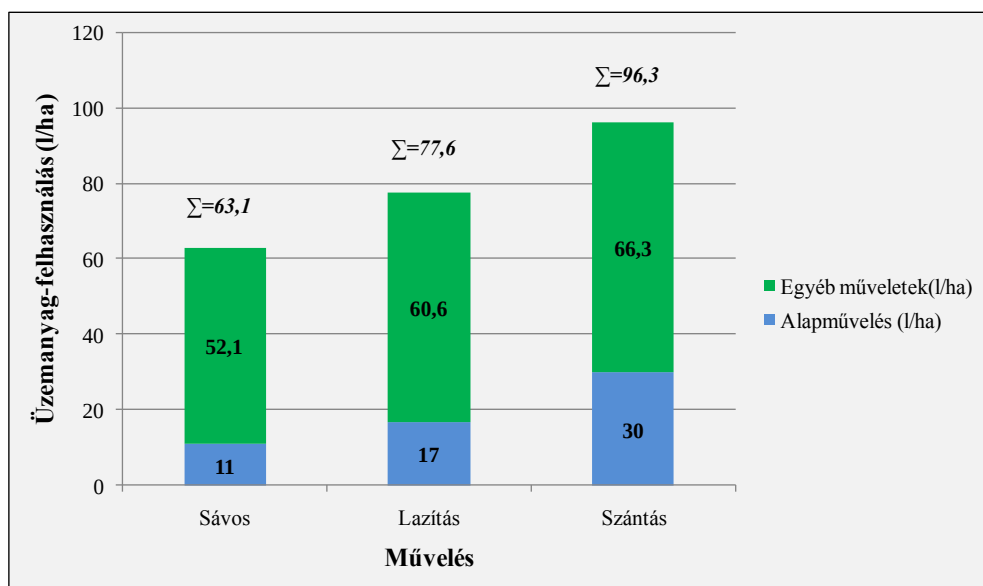
*Különböző betűvel jelzett kezelések esetén szignifikáns különbség (Duncan-teszt,  $\alpha=0,05$ )*

**27. ábra** Az egyes talajművelési rendszerekben mért szemnedvesség-tartalom (Kenderes, 2014)

## 4.5. Az egyes talajművelési rendszerek ökonómiai vizsgálata

### 4.5.1. Az egyes művelési rendszerekben mért üzemanyag-felhasználás

Az egyes talajművelési rendszerekben mért üzemanyag-felhasználást tekintve jelentős különbségek vannak mind az alapműveléshez, mind a teljes technológiához szükséges üzemanyag-mennyiséget tekintve, melyet a 28. ábra szemléltet. A sávos alapművelés üzemanyag-felhasználása (11 l/ha) több mint 60 %-kal kisebb, mint az őszi szántásé (30 l/ha), továbbá a középmedély lazítás során felhasznált üzemanyag mennyisége (17 l/ha) is mintegy 40%-kal kevesebb az ekével történő alapműveléshez képest. A teljes technológia üzemanyag-igényét tekintve a legkedvezőbb a sávos talajművelésé (63,1 l/ha), ezt követi a középmedély lazításé (77,6 l/ha). A legmagasabb gázolaj-felhasználás a szántásos technológia során volt. A forgatás nélküli talajművelési technológiák üzemanyag felhasználása mintegy 35%-kal (sávos talajművelés) és 20%-kal (középmedély lazítás) kisebb, mint a forgatásos művelésé. A különbség oka elsősorban az alapművelés energiaigénye miatti differencia, azonban további megtakarítást jelent a kisebb menetszámmal megvalósított termesztéstechnológiák alkalmazása.



28. ábra Az egyes talajművelési rendszerek erőgépeinek átlagos üzemanyag-felhasználása



#### 4.5.2. A vizsgált talajművelési rendszerek költség-jövedelem elemzése

A vizsgált talajművelési rendszerek költségelemzését és a hozzájuk kapcsolódó fontosabb ökonómiai mutatókat a 18. táblázat tartalmazza.

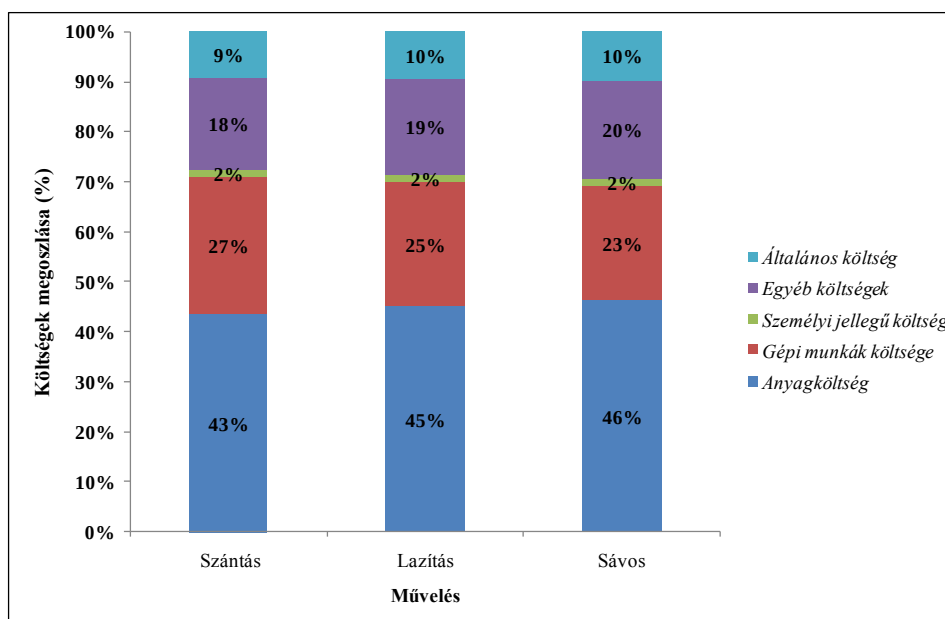
**18. táblázat:** Az egyes talajművelési rendszerek költségelemzése és fontosabb ökonómiai mutatói 2012-ben

|                                        | Őszi szántás      | Középmély lazítás | Sávós művelés  |
|----------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Megnevezés                             | Költségek (Ft/ha) |                   |                |
| <b>Anyagköltség</b>                    | <b>141 648</b>    | <b>141 648</b>    | <b>141 648</b> |
| Műtrágya költség                       | 93 519            | 93 519            | 93 519         |
| Őszi alaptrágya                        | 31 200            | 31 200            | 31 200         |
| Starter trágya                         | 23 800            | 23 800            | 23 800         |
| Folyékony műtrágya                     | 38 519            | 38 519            | 38 519         |
| Vetőmag költség                        | 30 178            | 30 178            | 30 178         |
| Növényvédőszer költség                 | 17 951            | 17 951            | 17 951         |
| <b>Gépi munkák költsége</b>            | <b>89 103</b>     | <b>78 154</b>     | <b>69 488</b>  |
| Tarlóhántás                            | 5 950             | 5 950             | 5 950          |
| Tarlóápolás                            | 6 200             | 6 200             | 6 200          |
| Műtrágyaszórás                         | 3 756             | 3 756             | -              |
| Alapművelés                            | 20 773            | 15 156            | 16 040         |
| Alapművelés elmunkálása                | 5 950             | -                 | -              |
| Magyágykészítés                        | 5 950             | 5 950             | -              |
| Vetés                                  | 9 300             | 9 300             | 9 300          |
| Növényápolás                           | 11 295            | 11 295            | 11 295         |
| Betakarítás                            | 17 295            | 17 295            | 17 295         |
| Szállítás                              | 2 634             | 3 252             | 3 408          |
| Szárítás                               | -                 | -                 | -              |
| <b>Személyi jellegű költség</b>        | <b>5 000</b>      | <b>5 000</b>      | <b>5 000</b>   |
| <b>Egyéb költség</b>                   | <b>60 000</b>     | <b>60 000</b>     | <b>60 000</b>  |
| <b>Közvetlen költség</b>               | <b>295 751</b>    | <b>284 802</b>    | <b>276 136</b> |
| Általános költség                      | 30 000            | 30 000            | 30 000         |
| <b>Termelési költség</b>               | <b>325 751</b>    | <b>314 802</b>    | <b>306 136</b> |
| Költségarányos jövedelem (%)           | 2,7%              | 26,9%             | 35,8%          |
| Költségszint                           | 97%               | 79%               | 74%            |
| <b>Önköltség (Ft/kg)</b>               | <b>74,2</b>       | <b>58,1</b>       | <b>53,9</b>    |
| Piaci ár (Ft/t)                        | 63 000            | 63 000            | 63 000         |
| Hozam (t/ha)                           | 4,39              | 5,42              | 5,68           |
| <b>Árbevétel (Ft/ha)</b>               | <b>276 570</b>    | <b>341 460</b>    | <b>357 840</b> |
| Támogatások (Ft/ha)                    | 58 000            | 58 000            | 58 000         |
| <b>Termelési érték (Ft/ha)</b>         | <b>334 570</b>    | <b>399 460</b>    | <b>415 840</b> |
| Jövedelem (Támogatások nélkül) (Ft/ha) | -49 181           | 26 658            | 51 704         |
| <b>Jövedelem (Ft/ha)</b>               | <b>8 819</b>      | <b>84 658</b>     | <b>109 704</b> |
| Fedezeti pont (t/ha)                   | 5,17              | 5,00              | 4,86           |

Az anyagköltségek valamennyi vizsgált technológiai változatban azonosak voltak, azonban jelentős különbségek voltak a gépi munka költségeinek tekintetében. A legjelentősebb differencia az alapművelés költségei között figyelhető meg. A gépi munka műveletek közül a lazításos technológia esetében az alapművelés

elmunkálásának elhagyása, a sávós technológia esetében pedig a műtrágyaszórás, az alpművelés elmunkálása, valamint a magágykészítés költségeinek megtakarítása képezte a gépi munka költségének csökkenését az őszi szántásos technológiához képest. A középmező lazítás gépi munka költsége több mint 10%-kal, a sávós technológia költsége pedig közel 30%-kal volt kisebb, mint a szántásos technológia esetén. A betakarítás és szállítás költsége a forgatás nélküli talajművelési technológia esetében a nagyobb terméshozam miatt nagyobb. 2012-ben a rendkívüli aszályos időjárás következtében a kukorica betakarítása olyan alacsony nedvességtartalom mellett történt, hogy nem merült fel egyik technológiai változat esetében sem szárítási költség. Összességében a termelési költség a szántásos technológiáé (325 ezer Ft/ha) a legnagyobb, ezt követi a lazításos művelés (314 ezer Ft/ha), míg a legkisebb költségvonzata a sávós talajművelésnek (306 ezer Ft/ha) van.

Valamennyi talajművelési rendszer költségarányos jövedelme, költségszintje kedvező értéket mutat. A termelés a szántásos technológia esetében veszteséges, amennyiben nem kalkulálunk a támogatással, támogatással viszont a forgatásos technológiában is realizálható jövedelem. A legnagyobb jövedelem a sávós talajművelési technológia esetében érthető el (109 ezer Ft/ha). Az elért jövedelmet leginkább két tényező befolyásolta; egyrészt a gépi munka költségének aránya a sávós talajművelésben a legkisebb (29. ábra), másrészt a sávós talajművelés terméshozama szignifikánsan meghaladta a szántásos és lazításos alpművelésben mért hozamokat.



**29. ábra** A költségek megoszlása az egyes talajművelési módok szerint a 2012-ben

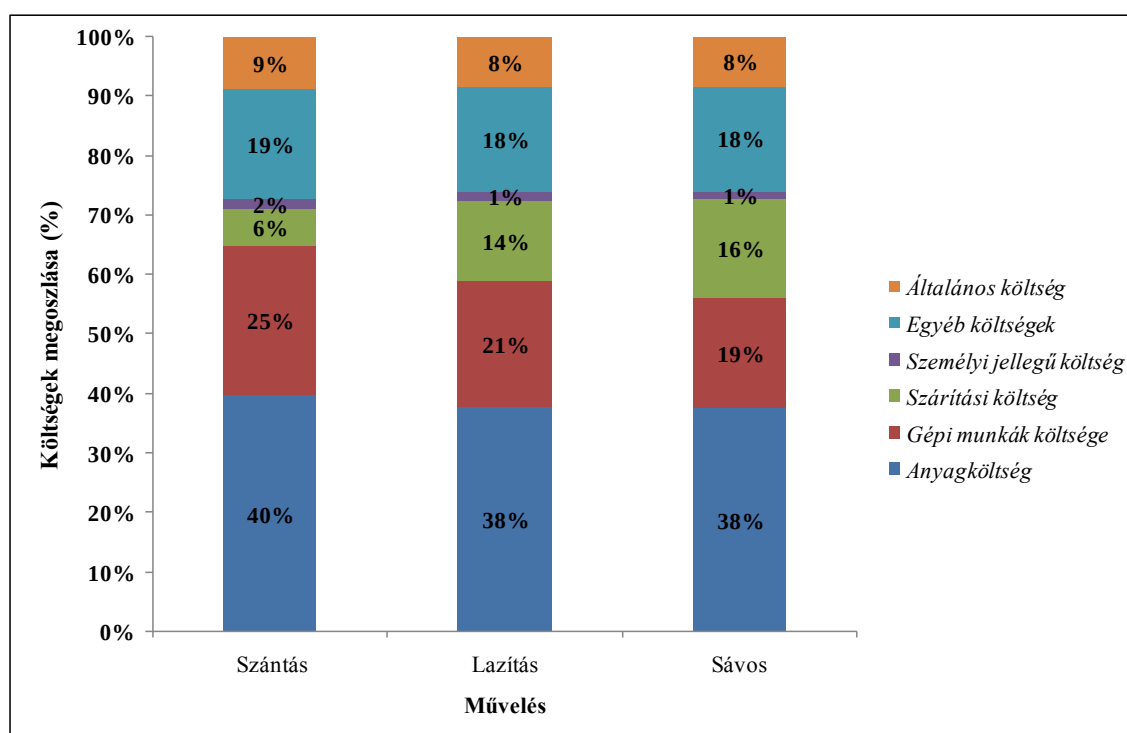
Bár hazai körülmények között ezek a terméshozamok nem számítanak kiugrónak, azonban az aszály miatt kialakult rendkívül magas kukorica ár lehetővé tette a jövedelem realizálását.

A 2013-as évben különbségek voltak a vizsgálatba vont talajművelési rendszerek költség-jövedelem viszonyainak tekintetében az előző évhez képest (19. táblázat).

**19. táblázat:** Az egyes talajművelési rendszerek költségelemzése és fontosabb ökonómiai mutatói 2013-ban

|                                        | Őszi szántás             | Középmély lazítás | Sávós művelés  |
|----------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|
| <b>Megnevezés</b>                      | <i>Költségek (Ft/ha)</i> |                   |                |
| <b>Anyagköltség</b>                    | <b>135 078</b>           | <b>135 078</b>    | <b>135 078</b> |
| Műtrágya költség                       | 86 400                   | 86 400            | 86 400         |
| Őszi alaptrágya                        | 29 600                   | 29 600            | 29 600         |
| Starter trágya                         | 20 300                   | 20 300            | 20 300         |
| Folyékony műtrágya                     | 36 500                   | 36 500            | 36 500         |
| Vetőmag költség                        | 30 178                   | 30 178            | 30 178         |
| Növényvédőszer költség                 | 18 500                   | 18 500            | 18 500         |
| <b>Gépi munkák költsége</b>            | <b>85 787</b>            | <b>74 630</b>     | <b>66 401</b>  |
| Tárcsázás                              | 5 438                    | 5 438             | 5 438          |
| Műtrágyaszórás                         | 3 300                    | 3 300             | -              |
| Alapművelés                            | 20 105                   | 14 380            | 14 970         |
| Alapművelés elmunkálása                | 5 438                    | -                 | -              |
| Magágykészítés                         | 5 438                    | 5 438             | -              |
| Vetés                                  | 8 493                    | 8 493             | 8 493          |
| Növényápolás                           | 10 034                   | 10 034            | 10 034         |
| Betakarítás                            | 20 941                   | 20 941            | 20 941         |
| Szállítás                              | 6 600                    | 6 606             | 6 525          |
| Száritás                               | 21 203                   | 48 638            | 59 117         |
| <b>Személyi jellegű költség</b>        | <b>5 250</b>             | <b>5 250</b>      | <b>5 250</b>   |
| <b>Egyéb költség</b>                   | <b>63 000</b>            | <b>63 000</b>     | <b>63 000</b>  |
| <b>Közvetlen költség</b>               | <b>310 318</b>           | <b>326 596</b>    | <b>328 846</b> |
| <b>Általános költség</b>               | <b>30 000</b>            | <b>30 000</b>     | <b>30 000</b>  |
| <b>Termelési költség</b>               | <b>340 318</b>           | <b>356 596</b>    | <b>358 846</b> |
| Költségarányos jövedelem (%)           | 45,0%                    | 38,5%             | 36,1%          |
| Költség szint                          | 69%                      | 72%               | 73%            |
| <b>Önköltség (Ft/kg)</b>               | <b>32,2</b>              | <b>33,7</b>       | <b>34,4</b>    |
| Piaci ár (Ft/t)                        | 40 500                   | 40 500            | 40 500         |
| Hozam (t/ha)                           | 10,56                    | 10,57             | 10,44          |
| <b>Árbevétel (Ft/ha)</b>               | <b>427 680</b>           | <b>428 085</b>    | <b>422 820</b> |
| Támogatások (Ft/ha)                    | 65 660                   | 65 660            | 65 660         |
| <b>Termelési érték (Ft/ha)</b>         | <b>493 340</b>           | <b>493 745</b>    | <b>488 480</b> |
| Jövedelem (Támogatások nélkül) (Ft/ha) | 87 362                   | 71 489            | 63 974         |
| <b>Jövedelem (Ft/ha)</b>               | <b>153 022</b>           | <b>137 149</b>    | <b>129 634</b> |
| Fedezeti pont (t/ha)                   | <b>8,40</b>              | <b>8,80</b>       | <b>8,86</b>    |

Valamennyi talajművelési mód esetében kedvező gazdaságossági mutatók figyelhetők meg, valamint mindhárom rendszerben jövedelmező volt a gazdálkodás, még a támogatások nélkül is. Az őszi szántásos művelésben elért jövedelem volt a legnagyobb (153 ezer Ft/ha), ezt követte a középmező lazítása (137 ezer Ft/ha), végül a sávós talajművelés jövedelme (129 ezer Ft/ha) volt a legalacsonyabb. Az önköltség mindhárom technológia esetén a piaci ár alatt volt. Annak ellenére, hogy a gépi munkák költsége kisebb volt a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben, a termelési költség mégis a szántásos művelésben volt a legalacsonyabb. Ennek oka az, hogy bár a termésmennyiség tekintetében nem volt szignifikáns különbség a kezelések között, a forgatás nélküli talajművelési rendszerek betakarításkori nedvességtartalma meghaladta a szántásét, mely jelentős többletköltséggel terheli a középmező lazítást (48 ezer Ft/ha) és a sávós művelést (59 ezer Ft/ha). Ez a szántásos technológiához képest a középmező lazítás esetén 120%-os, a sávós talajművelés esetén 180%-os szárítási többletköltséget jelent. A termelési költség szerkezetében a gépi munka költség és a szárítási költség közötti kontrasztot jól szemlélteti a 30. ábra.



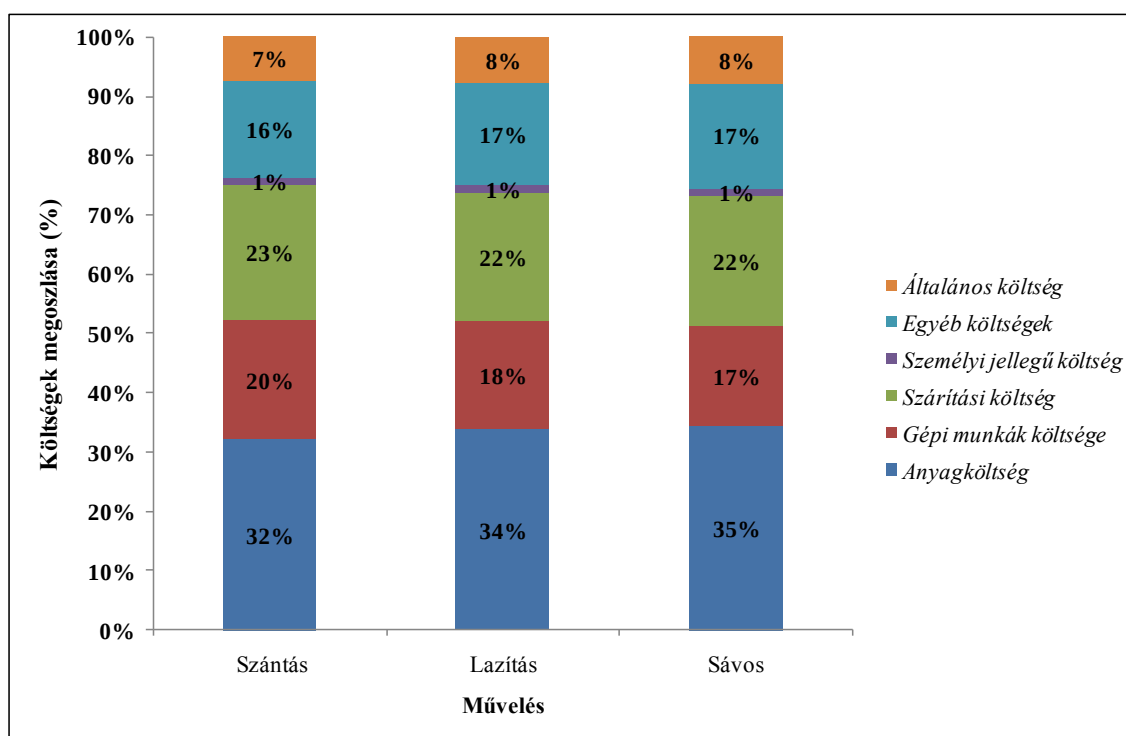
**30. ábra** A költségek megoszlása az egyes talajművelési módok szerint a 2013-as évben

A 2014-es év költségeit és főbb gazdaságossági mutatóit a 20. táblázat tartalmazza. 2014-ben a három vizsgált évhez viszonyítva a legalacsonyabb piaci ár jellemezte a kukoricatermesztést.

**20. táblázat:** Az egyes talajművelési rendszerek és fontosabb ökonómiai mutatói  
2014-ben

|                                        | Őszi szántás             | Középmély lazítás | Sávós művelés  |
|----------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|
| <b>Megnevezés</b>                      | <i>Költségek (Ft/ha)</i> |                   |                |
| <b>Anyagköltség</b>                    | <b>130 570</b>           | <b>130 570</b>    | <b>130 570</b> |
| Műtrágya költség                       | 81 522                   | 81 522            | 81 522         |
| Őszi alaptrágya                        | 28 000                   | 28 000            | 28 000         |
| Starter trágya                         | 18 522                   | 18 522            | 18 522         |
| Folyékony műtrágya                     | 35 000                   | 35 000            | 35 000         |
| Vetőmag költség                        | 30 178                   | 30 178            | 30 178         |
| Növényvédőszer költség                 | 18 870                   | 18 870            | 18 870         |
| <b>Gépi munkák költsége</b>            | <b>81 897</b>            | <b>69 613</b>     | <b>62 806</b>  |
| Tárcsázás                              | 4 876                    | 4 876             | 4 876          |
| Műtrágyaszórás                         | 2 826                    | 2 826             | -              |
| Alapművelés                            | 20 442                   | 13 580            | 14 685         |
| Alapművelés elmunkálása                | 4 876                    | -                 | -              |
| Magágykészítés                         | 4 876                    | 4 876             | -              |
| Vetés                                  | 7 813                    | 7 813             | 7 813          |
| Növényápolás                           | 8 586                    | 8 586             | 8 586          |
| Betakarítás                            | 20 372                   | 20 372            | 20 372         |
| Szállítás                              | 7 230                    | 6 684             | 6 474          |
| Szárítás                               | 92 148                   | 83 073            | 83 004         |
| <b>Személyi jellegű költség</b>        | <b>5 500</b>             | <b>5 500</b>      | <b>5 500</b>   |
| <b>Egyéb költség</b>                   | <b>66 000</b>            | <b>66 000</b>     | <b>66 000</b>  |
| <b>Közvetlen költség</b>               | <b>376 115</b>           | <b>354 756</b>    | <b>347 880</b> |
| <b>Általános költség</b>               | <b>30 000</b>            | <b>30 000</b>     | <b>30 000</b>  |
| <b>Termelési költség</b>               | <b>406 115</b>           | <b>384 756</b>    | <b>377 880</b> |
| Költségarányos jövedelem (%)           | 22,4%                    | 20,8%             | 19,8%          |
| Költségszint                           | 82%                      | 83%               | 84%            |
| <b>Önköltség (Ft/kg)</b>               | <b>33,7</b>              | <b>34,5</b>       | <b>35,0</b>    |
| Piaci ár (Ft/t)                        | 35 500                   | 35 500            | 35 500         |
| Hozam (t/ha)                           | 12,05                    | 11,14             | 10,79          |
| <b>Árbevétel (Ft/ha)</b>               | <b>427 775</b>           | <b>395 470</b>    | <b>383 045</b> |
| Támogatások (Ft/ha)                    | 69 500                   | 69 500            | 69 500         |
| <b>Termelési érték (Ft/ha)</b>         | <b>497 275</b>           | <b>464 970</b>    | <b>452 545</b> |
| Jövedelem (Támogatások nélkül) (Ft/ha) | 21 660                   | 10 714            | 5 165          |
| <b>Jövedelem (Ft/ha)</b>               | <b>91 160</b>            | <b>80 214</b>     | <b>74 665</b>  |
| Fedezeti pont (t/ha)                   | <b>11,4</b>              | <b>10,84</b>      | <b>10,64</b>   |

A legnagyobb termelési költsége az őszi szántásos (406 ezer Ft/ ha) technológiának volt, míg a legalacsonyabb termelési költség a sávos talajművelés (377 ezer Ft/ha) esetén figyelhető meg. Bár 2014-ben a kukorica betakarításkori szemnedvességtartalmát tekintve nem volt különbség az egyes talajművelési rendszerek között, a szárítási költségben kialakult differencia oka az hozamban keresendő. A gépi munka költségek aránya közötti különbség a forgatás nélküli talajművelési rendszerek esetén kisebb a szántásos technológiához képest, azonban a szárítási költség arányait tekintve gyakorlatilag nincs különbség (31. ábra). A hozamokból adódó többlet árbevétel szántásos alpművelés esetén és a gépi munkák költségeinek kisebb értéke a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben az eredményezte, hogy az egyes talajművelési rendszerek jövedelme között csekély különbség figyelhető meg. A támogatásoknak 2014-ben jövedelemkiegészítő szerepe volt; támogatások nélkül a jövedelem valamennyi talajművelési rendszer esetén a fedezeti pont körül lenne.



**31. ábra** A költségek megoszlása az egyes talajművelési módok szerint a 2014-es évben

#### 4.5.3. Az vizsgált talajművelési technológiák eszköz- és költségigénye

Az egyes talajművelési technológiák költség-jövedelem vizsgálatát követően a másik nagyon fontos szempont a mezőgazdasági gépberuházások esetén, hogy az adott technológia milyen költséggel valósítható meg, illetve mennyi idő alatt térül meg, ezért elvégeztem az adott talajművelési technológiák megvalósításának beruházás-elemzését. A 21. táblázat tartalmazza az adott technológiák megvalósításához szükséges eszközöket, valamint ezeknek a költségét. A mintagazdaság már rendelkezik RTK-val ellátott erőgéppel, valamint ekével, így ezek nem képeztek beruházási költségeket. Valamennyi technológia esetén szükséges egy szemenkénti vetőgép (15 millió Ft), valamint egy szántóföldi kultivátor (11,96 millió Ft) megvásárlása. A szántásos technológián kívül szükséges ezen kívül az alapművelő eszközök megvásárlása. Így a csökkentett menetszámú szántásos technológia beruházáshoz szükséges eszközigénye 26,96 millió Ft, a középmély lazítóra alapozott technológiáé 31,46 millió Ft, míg a sávós talajművelési technológiáé 36,96 millió Ft.

**21. táblázat:** Az egyes talajművelési technológiák eszközigénye és költsége

|                        | <b>Szántásos technológia</b> | <b>Középmély lazítás</b> | <b>Sávós talajművelés</b> |
|------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Vetőgép (Ft)           | 15 000 000                   | 15 000 000               | 15 000 000                |
| Kultivátor (Ft)        | 11 960 000                   | 11 960 000               | 11 960 000                |
| Sávós talajművelő (Ft) | -                            | -                        | 10 000 000                |
| Középmély lazító (Ft)  | -                            | 4 500 000                | -                         |
| <b>Összesen (Ft)</b>   | <b>26 960 000</b>            | <b>31 460 000</b>        | <b>36 960 000</b>         |

#### 4.5.4. Az egyes talajművelési technológiák beruházás-elemzése

A beruházás kezdő pénzáramát az egyes talajművelési technológiák megvalósításához szükséges eszközök költsége jelentette, míg a gépberuházás évenkénti pénzáramát a három vizsgált időszak jövedelem átlagának fele képezett (22. táblázat). Valamennyi esetben a beruházást 7 éves működési ciklus esetén vizsgáltam.

**22. táblázat:** A beruházások finanszírozásának éves pénzáramai az egyes technológiák esetében

|                           | <b>Szántásos technológia</b> | <b>Középmély lazítás</b> | <b>Sávos talajművelés</b> |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Átlagos jövedelem (Ft/ha) | 42 167                       | 50 337                   | 52 334                    |

A nettó jelenértéket, a belső megtérülési rátát, a jövedelmezőségi indexet és a dinamikus megtérülési időt 6 különböző megművelt területnagyság (50 ha, 100 ha, 150 ha, 200 ha, 250 ha, 300 ha) mellett vizsgáltam. Az egyes területméretek a vizsgált 7 éves ciklus alatt azt a területnagyságot jellemzik, mely esetben a kukorica talajművelését az adott alapművelési technológiával végzik.

A csökkentett menetszámú szántásos technológia megvalósításának beruházásához kapcsolódó gazdaságossági mutatókat a 23. táblázat tartalmazza. Amennyiben a technológiával a hét éves ciklus alatt évente csak 100 ha kerül megművelésre, negatív előjelű nettó jelenérték, a kalkulatív kamatlábnál alacsonyabb belső megtérülési ráta, valamint az 1-nél kisebb jövedelmezőségi index jelzi, hogy a beruházás nem térül meg.

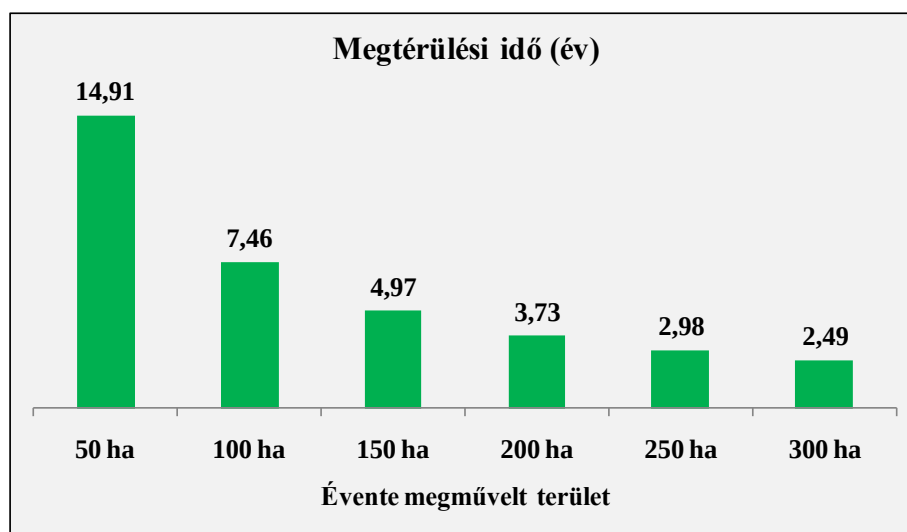
**23. táblázat:** A szántásos technológia beruházás-elemzésének főbb mutatói

|               | <b>NPV</b>     | <b>IRR</b> | <b>PI</b> |
|---------------|----------------|------------|-----------|
| <b>50 ha</b>  | -14 305 594 Ft | -13,13%    | 0,47      |
| <b>100 ha</b> | -1 651 188 Ft  | 2,32%      | 0,94      |
| <b>150 ha</b> | 11 003 218 Ft  | 14,20%     | 1,41      |
| <b>200 ha</b> | 23 657 624 Ft  | 24,56%     | 1,88      |
| <b>250 ha</b> | 36 312 030 Ft  | 34,08%     | 2,35      |
| <b>300 ha</b> | 48 966 436 Ft  | 43,10%     | 2,82      |

150 ha, vagy annál nagyobb évente megművelt terület esetén valamennyi gazdaságossági mutató kedvezően alakult, bár 150 ha-os területméret esetében a beruházás megtérülése kockázatos lehet. A forgatásos technológia évi 50 hektáron történő alkalmazása esetében a megtérülési idő közel 15 év, tehát a technológia alkalmazása ilyen üzemméret vagy területnagyság mellett nem javasolt. 150 hektáron történő alkalmazás esetében, vagy a fölött a beruházás 7 éven belül megtérül (32. ábra), habár a 150 hektáron történő alkalmazás esetén is közel 5 év szükséges a



megtérüléshez. Amennyiben az évente megművelt terület eléri a 200 hektárt, úgy 4 éven belül, ha pedig a 300 hektárt, úgy 3 éven belül megtérül a beruházás.



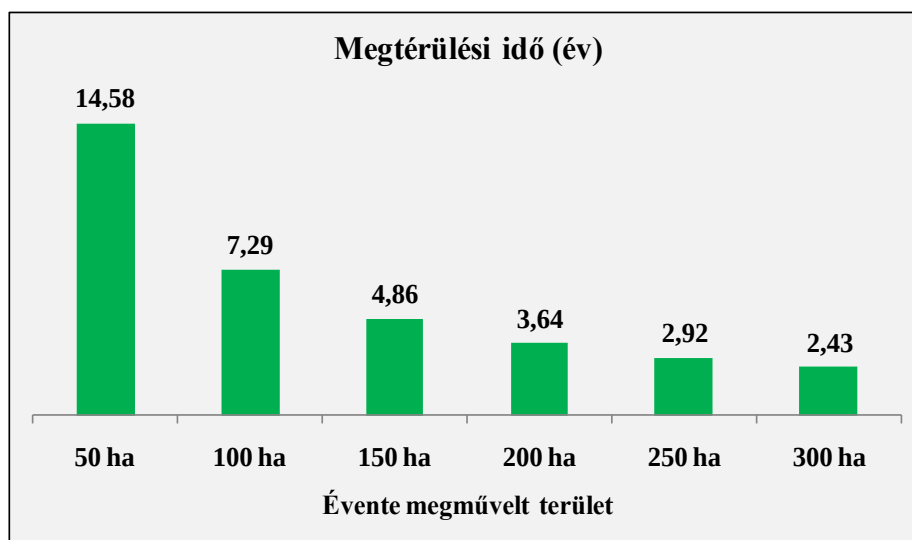
**32. ábra** A szántásos technológia megtérülési idejének alakulása az évente megművelt terület függvényében

A 24. táblázat a középmezőny lazítóra alapozott technológiához kapcsolódó beruházás-elemzés fontosabb mutatóit tartalmazza. A szántásos technológiához hasonlóan a középmezőny lazítóra alapozott technológia esetén sem biztosítja évenkénti 100 hektáron történő alkalmazása a beruházás megtérülését. Amennyiben 150 hektáron, vagy ennél nagyobb területen alkalmazható a technológia évente, abban az esetben a gazdaságossági mutatók valamennyi scenárióban kedvezően alakulnak.

**24. táblázat:** A lazításos technológia beruházás-elemzésének főbb mutatói

|               | NPV            | IRR     | PI   |
|---------------|----------------|---------|------|
| <b>50 ha</b>  | -16 353 767 Ft | -12,70% | 0,48 |
| <b>100 ha</b> | -1 247 534 Ft  | 2,92%   | 0,96 |
| <b>150 ha</b> | 13 858 699 Ft  | 14,95%  | 1,44 |
| <b>200 ha</b> | 28 964 931 Ft  | 25,46%  | 1,92 |
| <b>250 ha</b> | 44 071 164 Ft  | 35,14%  | 2,40 |
| <b>300 ha</b> | 59 177 397 Ft  | 44,32%  | 2,88 |

A megtérülési idők tekintetében a lazításos technológia a szántásos technológiához hasonlóan jellemezhető. Az 50 hektáron történő alkalmazása 14 év feletti, míg a 300 hektáron 3 év alatti megtérüléssel kalkulálható (33. ábra). A három vizsgált technológia közül a középmező lazítás megtérülési idejének értékei, még ha csekély mértékben is, de a legkedvezőbbek.



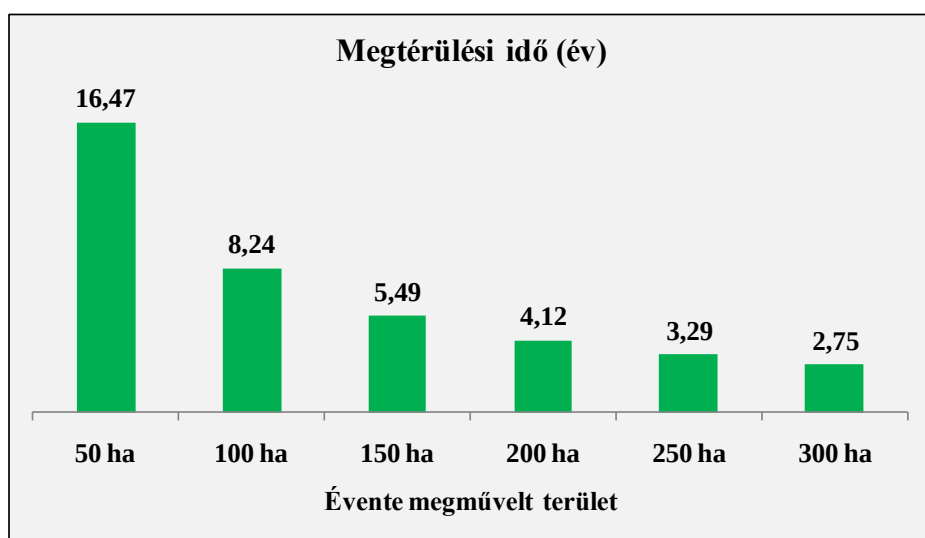
**33. ábra** A lazításos technológia megtérülési idejének alakulása az évente megművelt terület függvényében

A 25. táblázat a sávos talajművelés megtérülés-vizsgálatának értékeléséhez szükséges mutatókat tartalmazza. Évi 100 hektár, vagy annál kisebb területen történő üzemeltetés esetén a sávos talajművelési technológia nem rentábilis.

**25. táblázat:** A sávos technológia beruházás-elemzésének főbb mutatói

|               | NPV            | IRR     | PI   |
|---------------|----------------|---------|------|
| <b>50 ha</b>  | -21 254 449 Ft | -14,99% | 0,42 |
| <b>100 ha</b> | -5 548 899 Ft  | -0,22%  | 0,85 |
| <b>150 ha</b> | 10 156 652 Ft  | 11,03%  | 1,27 |
| <b>200 ha</b> | 25 862 202 Ft  | 20,76%  | 1,70 |
| <b>250 ha</b> | 41 567 753 Ft  | 29,65%  | 2,12 |
| <b>300 ha</b> | 57 273 303 Ft  | 38,03%  | 2,55 |

A 150 hektár, vagy ennél nagyobb területen való alkalmazása a technológia beruházás megtérülését eredményezi (34. ábra). A 100 hektár vagy ennél kisebb területen történő alkalmazása során a megtérülési ideje meghaladja a beruházás tervezett időtartamát (7 év), így ekkora területméret esetén nem javasolt a technológia alkalmazása. 200 hektáron történő alkalmazás esetén a technológia a beruházás tervezett megtérülési időszakának közel a felénél megtérül.



**34. ábra** A sávos technológia megtérülési idejének alakulása az évente megművelt terület függvényében

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A vizsgálatok elvégzése után a meghatározott célkitűzések alapján az alábbi következtetések vonhatóak le:

*(1): A vizsgált talajművelési rendszerekben mért talajnedvesség-tartalom összehasonlítása.*

A hipotézissel ellentétben a mérési eredmények alapján szignifikáns különbségek vannak az egyes talajművelési rendszerekben mért talajnedvesség tekintetében, tehát az alpműveléssel alapvetően befolyásolható a talaj felső 20 cm-es rétegének nedvességtartalma. Valamennyi vizsgált időszakban a sávos talajművelés sávközének volt a legnagyobb nedvességtartalma, mely bizonyítja a bolygatatlan, szármaradvánnyal borított talajfelszín nedvességmegőrző szerepét. A lazítás és elmunkálás mindkét technológiai változatban hasonlóan befolyásolta a talajnedvességet, hiszen a középmező lazításos alpművelésben mért nedvességértékek és a sávos talajművelés művelt sávja között nem volt statisztikailag igazolható különbség egyik vizsgált évben sem. A vizsgált években az őszi szántásos technológia esetén mért nedvességtartalom volt a legkisebb, bár ez a vizsgálat első évében nem volt szignifikánsan kisebb a lazításos technológiához és a sávos talajművelés művelt sávjához képest. A vizsgálati eredményeim több hazai és külföldi szerző (RÁTONYI, 2003; GYURICZA et al., 2004; LICHT és AL-KAISI, 2006) megállapítását igazolják, mely szerint a forgatás nélküli talajművelési rendszerek jobban elősegítik a talajnedvesség megőrzését a forgatásos talajművelési rendszerekhez képest.

*(2): A TDR talajnedvesség-mérővel történő talajnedvesség-méréshez szükséges minimális mérésszám meghatározásakor annak a megállapítása, hogy a mérési eredményeket befolyásolja-e, hogy a minimális mérésszám meghatározása visszatérési idő, vagy a térfogatszázalékos talajnedvesség alapján történik.*

A réti csernozjom talajon végzett vizsgálati eredmények alapján alapvetően befolyásolja a mérés becslési hibáját a minimális mérésszám meghatározásához alapul vett tényező. A TDR talajnedvesség-mérő szondával végzett visszatérési idő alapján meghatározott mérésszám alapján kevesebb mérésszám is elegendő az adott becslési hiba eléréséhez. A vizsgálati helyszínre elkészített kalibrációs görbe alapján

meghatározott térfogatszázalékos nedvesség-értékek alapján viszont az 5%-os becslési hiba eléréséhez több mérés szükséges az előző módszerhez képest. A egyes talajművelési rendszerek talajnedvességének összehasonlításának alapját a térfogatszázalékos nedvesség képezi, ezért a minimális mérésszám meghatározásának alapját ezen értékek jelentik.

*(3): Az egyes talajművelési rendszerekben mért penetrációs ellenállást tekintve, a művelési mélységben a talajtömörödés vizsgálata.*

A három vizsgált év mindegyikében a talajellenállás mérése tavasszal, vetés előtt történt meg. Talajellenállás-mérés a három vizsgált talajművelési változatban volt, a sávos talajművelésen belül megkülönböztetve a művelt sorokat és műveletlen sorközoeket. Valamennyi alpművelési módban történt mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a növény fejlődése szempontjából károsan tömör réteg ( $> 3\text{ MPa}$ ) egyik kezelésben sem található a 0-60 cm-es talajrétegben.  $3\text{ MPa}$ -t meghaladó érték sem a sávos talajművelés műveletlen sorjában, sem pedig a művelt réteg alatt sem volt mérhető. A vizsgált alpművelési módok három egymást követő évben történő alkalmazása sem befolyásolta károsan a talaj tömörségi állapotát. Mindhárom alpművelési mód alkalmas a növény számára megfelelő minőségű magágy készítésére. Míg a szántásos és a lazításos alpművelés elvégzését követően elmunkálásra és felszínalakításra került sor, addig a sávos talajműveléssel egy menetben, őszi alpműveléskor került sor a magágy létrehozására, így a művelés menetszámát tekintve a sávos talajművelés tekinthető a legelőnyösebbnek.

*(4): Az egyes talajművelési rendszerekben mért talajellenállás-értékek közötti különbségek vizsgálata.*

A vizsgált években a 0-60-cm-es talajréteg penetrációs ellenállását elemeztük az egyes talajművelési beállításokban. Az adott években a forgatásos (őszi szántás) és a forgatás nélküli (középmély lazítás, sávos talajművelés) talajművelési rendszerek, továbbá a sávos talajművelés művelt és műveletlen sávjának összehasonlítása történt meg. Az összehasonlítás alapját a 0-60 cm-es réteg 10 centiméterenkénti talajréteg átlagos talajellenállása képezte. Valamennyi évben igazolható volt a sávos talajművelés művelt sávjának és bolygatatlan sávközének penetrációs ellenállásbeli különbsége, azonban a differencia értéke évenként változó volt. A művelési mélységben szignifikánsan nagyobb volt a sávos talajművelésben a sorköz ellenállása, mint a művelt

sáv. A szántásban, középmező lazításban és sávos talajművelésben mért talajellenállás-értékek között évenként változó mértékben statisztikailag igazolható különbségek voltak. Valamennyi vizsgált talajművelési rendszer talajellenállása alapján nem vonható le egyértelmű következtetés a tekintetben, hogy az egyes talajművelési eljárások milyen módon változtatják meg a talaj tömörségi állapotát. A talajellenállás minden kezelésben növekedett a talajmélységgel párhuzamosan, azonban nem érte el a 3 MPa-os kritikus értéket. A talajellenállás-értékekből levonható információtartalom korlátozott, hiszen a talajellenállást erősen befolyásolja a talaj nedvességi állapota és térfogattömege. Standardizálással összehasonlíthatóvá válna a különböző nedvességtartalmú és térfogattömegű művelési módok összehasonlítása, azonban az ilyen jellegű vizsgálatok meghaladják a dolgozat tartalmi keretét.

*(5): A vizsgált talajművelési rendszerekben elérhető kukorica terméshozamok összehasonlítása.*

A kukorica terméshozamát tekintve jelentős különbségek voltak mind a vizsgált évek között, mind a vizsgált években belül a talajművelési rendszerek között. A terméseredményekből általánosságban megállapítható, hogy a vizsgált évek egyikében sem volt szignifikáns különbség a sávos talajművelés, valamint a középmező lazítóra alapozott alpművelés tekintetében, tehát az eredmények alapján a két forgatás nélküli alpművelési rendszerrel azonos hozamok érhetőek el. 2013-ban a forgatásos alpművelés és a forgatás nélküli alpművelés hozama között nem volt szignifikáns különbség, ellenben 2012-ben és 2014-ben a szántásos művelés hozama eltért a forgatás nélküli rendszerekétől. 2012-ben a forgatásos művelésben mért hozam szignifikánsan kisebb, míg 2014-ben szignifikánsan nagyobb volt a forgatás nélküli műveléshez képest. Bár a kísérlet mindössze 3 évet ölelt fel, ennek az eredménye alapján a forgatás nélküli talajművelési rendszerek előnye az aszályos években mutatkozik meg. A vizsgálati eredményeim megerősítik LARSON (1964) azon álláspontját, mely szerint általános érvényű megállapítás nem vonható le a talajművelési rendszerekben elérhető terméshozamokat tekintve. BERZSENYI és GYÖRFFY (1995) tartamkísérleti adatsora alapján a talajművelés termésre gyakorolt hatását mindössze 3%-ban határozta meg. A vizsgálati eredményeim azonban jobban közelítik NAGY (1995) eredményeit, mely szerint talajművelés szerepe a tartamkísérleti adatai alapján meghaladja a 17%-ot. 2012-ben a szántásos művelés termését mintegy 30%-kal haladta meg a sávos talajművelésé, míg 2014-ben a forgatásos művelésben elért eredmény 12%-kal felülmúlta a forgatás

nélküli rendszer hozamát, azaz az évjárat függvényében talajműveléssel jelentős mértékben befolyásolható a kukorica terméshozama.

*(6): A vizsgált talajművelési rendszerekben a kukorica azonos időben történő betakarításkor a szemnedvesség-tartalom összehasonlítása.*

A vizsgált három év mindegyikében eltérő szemnedvesség-tartalom mellett történt az egyes talajművelési változatok betakarítása. 2012-ben történt meg legkorábban a kukorica betakarítása a rendkívüli száraz időjárási körülmények miatt. Valamennyi talajművelési rendszer termésének szemnedvesség-tartalma sem haladta meg a 14,5%-ot, így szárítási költség egyik beállításban sem merült fel. A sávos talajművelés és a középmély lazítás nedvességtartalma között nem volt szignifikáns különbség, ellenben a szántásos alapművelésben mért nedvességérték statisztikailag igazolhatóan kisebb volt. 2013-ban és 2014-ben már ennél magasabb nedvességtartalom mellett történt a betakarítás. A vizsgálat második évében szignifikáns különbségek voltak az egyes kezelésekben mért nedvességértékeket tekintve. A legnagyobb nedvességtartalommal a sávos talajművelés (20,55%), a legkisebb nedvességtartalommal az őszi szántásos talajművelés (14,79%) betakarítása történt meg. A lazításos művelésben mért nedvességtartalom mintegy 4%-nyi nedvességtartalommal haladta meg a szántásos talajművelést. A 2014-es betakarítás során a beállított talajművelési módok között nem volt statisztikailag igazolható különbség a kukorica nedvességtartalmában. A három vizsgált év közül kettő esetében a vízleadás dinamikát erőteljesen befolyásolták az időjárási körülmények. Míg 2012-ben az aszály miatt volt kiegyenlített a nedvességtartalom, addig 2014-ben a csapadékmennyiség több mint 2/3-a a nyári és őszi időszakban hullott le, ami akadályozta a kukorica vízleadását. A vizsgálati eredményeim összhangban vannak DEJONG-HUGHES és VETSCH (2007), valamint VYN és RAIMBAULT (1992) kutatási eredményeivel. A vizsgálat tárgyát nem képezte, de fontos megemlíteni, hogy a kelés után a szántásos talajművelésben a kukorica növekedési erélye jóval nagyobb volt, mint a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben. Az első két vizsgált évben a forgatás nélküli talajművelési rendszerekben mért kukorica szemnedvesség-tartalma meghaladta a szántásos technológiáét azonos időben történő betakarítás esetén. Ez esetben a betakarítási idő kitolásának elkerülése érdekében célszerű lehet korábbi érésidejű hibridek vetése a sávos talajművelésbe, vagy pedig a vetést a sávos művelésben célszerű először elkezdeni.

*(7): Az egyes talajművelési rendszerek alkalmazása során felmerülő költségek, a realizálható jövedelmek, valamint az egyes technológiák beruházás-elemzéséhez kapcsolódó ökonómiai mutatók vizsgálata.*

A vizsgálatba bevont talajművelési rendszerek költség-jövedelem viszonyait tekintve megállapítható, hogy jelentős különbségek voltak az egyes alapművelési módok esetében. A forgatás nélküli technológiák kevesebb menetszámmal, és üzemanyag-ráfordítással valósíthatók meg a szántásos technológiához képest. Mindhárom vizsgált évben a forgatás nélküli talajművelési rendszerek gépi munka költsége mind abszolút értékben, mind pedig költségek arányában kisebb volt, mint a szántásos technológiáé. Az első vizsgált évben szárítási költség nem merült fel egyik talajművelési változat esetében sem, azonban a 2013-as és 2014-es évben jelentős költségtényezőként jelent meg. 2013-ban a forgatás nélküli rendszerek szárítási költsége jóval meghaladta a forgatásos művelését, mivel a szántásos technológiához képest szignifikánsan magasabb nedvességtartalom mellett történt a betakarítása. 2014-ben a kukorica betakarításkori nedvességtartalmában nem volt különbség, a szárítási költség tekintetében azonban különbségek voltak. Ez a differencia a terméshozam miatti különbséggel magyarázható.

A vizsgált éveket tekintve megállapítható, hogy mind a forgatásos, mind a forgatás nélküli talajműveléssel jövedelmező kukoricatermesztés valósítható meg. 2012-ben a jövedelmek közötti nagy különbséget az elért hozambeli különbségek okozták, mely kiugróan magas kukoricaárral párosult. Ebben az évben, amennyiben nem lett volna támogatás, a szántásos alapművelésre alapozott rendszer veszteséges lett volna. 2013-ban és 2014-ben a jövedelmek közötti különbség kiegyenlítettebb volt. Ezekben az években a támogatásnak jövedelemkiegészítő szerepe volt. Az egyes talajművelési rendszerekben az elért jövedelmet elsősorban az alapművelés költsége, a szárítási költség, valamint a hozamérték befolyásolta.

Bár a jövedelemviszonyok kedvezők voltak a vizsgált technológiák esetén, az ökonómiai szempontból fenntartható növénytermesztés kardinális kérdése az alkalmazott technológia megvalósításának költségigénye, illetve annak a megtérülése. A sávos talajművelés beruházási költsége a legnagyobb, még a legkisebb csökkentett menetszámú szántásos technológiáé. A vizsgálatba bevont alapművelés technológiák megtérülési mutatói közel azonosak voltak. Az egyes művelési rendszerek alkalmazásához szükséges gépcsoportokba történő beruházás a vizsgálati eredmények



alapján olyan gazdaságokban rentábilis, melyek évente átlagosan legalább 150 hektáron tudják alkalmazni az egyes technológiákat.

Az egyes technológiákra vonatkozó gazdaságossági eredmények a helyi gazdaság költség-jövedelem viszonyaira vonatkozik, így jelentős eltérések lehetnek más gazdaságok esetében vizsgálva. Az eredményeket továbbá jelentősen befolyásolja számos tényező, mint például a hitelfelvétel, a géptámogatás, a kalkulatív kamatláb mértéke, az elért jövedelem visszaforgatásának mértéke, stb. Éppen ezért feltétlen szükséges minden egyes beruházás előtt a helyi adottságokhoz illeszkedő ökonómiai vizsgálatokat végezni.

Számos externális tényező is befolyásolhatja a technológiák megítélését. A talaj szervesanyag-tartalmának befolyásolása, a szén-dioxid emisszió, a művelés erózióvédelmi szerepe, a gyomszabályozás mind olyan tényező, amely befolyással lehet az egyes művelési rendszerek megvalósításának döntéshozatali folyamatára.

## 6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy a TDR (Time Domain Reflectometry) elven alapuló mérési módszer esetében talajnedvesség-tartalom mérése során, a minimális mérésszám meghatározásakor a visszatérési időt alapul véve, nagyobb a becslés hibája, mint a térfogatszázalékos nedvesség alapján történő minimális mérésszám meghatározásakor.
2. Bizonyítottam a forgatás nélküli (sávos talajművelés és középmély lazítás) talajművelési rendszerek nedvességmegőrző szerepét a szántásos technológiához képest. A forgatás nélküli talajművelési rendszerekben, évjárattól függően, 10-50%-kal nagyobb talajnedvesség-tartalom volt kimutatható a szántásos művelésben mért értékekhez képest a talaj felső 20 cm-es rétegében.
3. Talajjellenállás-mérésekkel bebizonyítottam, hogy mind a forgatás nélküli, mind a forgatásos talajművelési rendszerek alkalmasak a kukorica számára optimális, talajtömörödéstől mentes talajállapot létrehozására. A vizsgált talajművelési technológiák egyikében sem volt mérhető 3 MPa-nál nagyobb talajjellenállás-érték a vetést megelőzően.
4. Talajjellenállás mérésekre alapozva, keresztshelvény-profil ábrázolási módot alkalmaztam, mellyel szemléltethető a talajművelő-eszközök talajlazító- és repesztő hatása.
5. Számításaimmal bebizonyítottam a forgatás nélküli talajművelési rendszerek (sávos talajművelés és középmély lazítás) költséghatékonyságát a szántásos alpműveléshez képest. A forgatás nélküli talajművelési rendszerek gépi munkáinak költsége mintegy 15-30%-kal kisebb, mint a forgatásos technológiáé.
6. Vizsgálataim alapján a betakarításkori magasabb szemnedvesség-tartalom miatt felmerülő szárítási többletköltség kedvezőtlenül befolyásolhatja a talajművelési rendszerek költséghatékonyságát. A forgatás nélküli talajművelési rendszerekben betakarított kukorica szárítási költsége 20-270%-kal is meghaladhatja a hagyományos művelésből betakarított termés szárítási költségét.

7. Komplex agronómiai és ökonómiai vizsgálatokkal igazoltam a kukorica sávos termesztéstechnológiájának alkalmazhatóságát réti csernozjom talajon, hazai termesztési körülmények között.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai gazdálkodók jelentős része nap, mint nap szemben találja magát a növénytermesztést érintő problémákkal. A kiszámíthatatlan, ingadozó felvásárlási árak, az időszakos túltermelés, az időjárási szélsőségek növekedése, a termőföld állapotának romlása (fizikai, kémiai és biológiai degradáció), a szigorodó jogszabályi háttér és a magas költségek mind olyan tényezők, melyek befolyásolják a növénytermesztés jövedelmezőségét.

A jövőt tekintve alapvető fontosságú olyan agrotechnikai megoldások fejlesztése, melyek növelik a mezőgazdasági vállalkozások versenyképességét, melynek alapja a növénytermesztési ágazat rövid-, és hosszútávú gazdaságossága és hatékonysága. A helymeghatározáson alapuló precíziós mezőgazdasági technológiai fejlesztéseknek köszönhetően olyan alkalmazások váltak elérhetővé a gazdálkodók számára, melyek segítségével jelentősen növelhető a gazdálkodás hatékonysága.

Napjainkban folyamatosan növekszik a kukorica élelmiszeripari, ipari és energetikai célú felhasználásának a jelentősége, mindamelllett a kukoricatermesztésben elért eredmények jelentősen hozzájárulnak a mezőgazdaság más ágazatainak fejlődéséhez és az ország biztonságos élelmiszer-ellátásához. Éppen ezért kiemelt fontossággal bír olyan termesztéstechnológiák kidolgozása és adaptálása, melyek megteremtik hazánkban a versenyképes kukoricatermesztést, melyben jelentős szerepe van a talajművelési technológiák hatékonyságnövelésének.

Doktori értekezésemben csökkentett menetszámú talajművelési rendszereket hasonlítottam össze agronómiai és ökonómiai szempontok alapján. Dolgozatomban 3 év (2012-2014) adatai alapján végeztem a sávos talajművelés, a középmedély lazításos és az őszi szántásos talajművelési rendszerek adott paraméterek szerint történő összehasonlító elemzését.

A kísérleti mérések adatai több-kevesebb hibával terhelt, azaz egy adott mérést, egymás után többször megismételve az eredmények bizonyos mértékben eltérnek egymástól, vagyis a mérési eredmények szóródást mutatnak. Ennek érdekében a vizsgált paraméter becsült értékének hibáját egy adott érték alá kell csökkenteni. A TDR 300 talajnedvesség-mérő szondával történő talajnedvesség-meghatározásakor ezért meghatároztam az a mérésszámot, mellyel a becslési hibát 5%-os érték alá lehet vinni a mérések során. A TDR talajnedvesség-mérő szondával végzett visszatérési idő

alapján meghatározott mérésszám alapján kevesebb mérésszám is elegendő az adott becslési hiba eléréséhez. A térfogatszázalékos nedvesség-értékek alapján viszont az adott becslési hiba szinthez több mérés szükséges az előző módszerhez képest, így minimális mérésszám meghatározását a térfogatszázalékos nedvesség érték alapján kell meghatározni.

A vizsgálati eredmények alapján szignifikáns különbségek vannak az egyes talajművelési rendszerekben mért vetés előtti talajnedvesség tekintetében a 0-20 cm-es talajrétegben. Valamennyi vizsgált időszakban a sávos talajművelés sávközében volt a talajnak a legnagyobb a nedvességtartalma. A középmezőny lazításos alpművelésben mért nedvességértékek és a sávos talajművelés művelt sávja között nem volt statisztikailag igazolható különbség egyik vizsgált évben sem. A vizsgált években az őszi szántásos technológia esetén mért nedvességtartalom volt a legkisebb, bár ez a vizsgálat első évében nem volt szignifikánsan kisebb a lazításos technológiához és a sávos talajművelés művelt sávjához képest. A vizsgált periódus eredményei megerősítik azon hipotézist, mely szerint a forgatás nélküli talajművelési rendszerek elősegítik a talajnedvesség megőrzését a forgatásos talajművelési rendszerekhez képest.

A három vizsgált év mindegyikében a talajellenállás mérést végeztünk tavasszal, vetés előtt. Talajellenállás-mérés mindhárom talajművelési rendszerben történt, a sávos talajművelésen belül megkülönböztetve a művelt sorokat és műveletlen sorközeteket. Valamennyi alpművelési módban történt mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a növény fejlődése szempontjából károsan tömör réteg ( $>3$  MPa) egyik kezelésben sem volt a 0-60 cm-es rétegben.

A kukorica terméshozamát tekintve jelentős különbségek voltak mind a vizsgált évek között, mind a vizsgált években belül a talajművelési rendszerek között. A terméseredményekből általánosságban megállapítható, hogy a vizsgált évek egyikében sem volt szignifikáns különbség a sávos talajművelés, valamint a középmezőny lazítóra alapozott alpművelés tekintetében, tehát az eredmények alapján a két forgatás nélküli alpművelési rendszerrel azonos hozamok érhetőek el. 2013-ban a forgatásos alpművelés és a forgatás nélküli alpművelés hozama között nem volt szignifikáns különbség, ellenben 2012-ben és 2014-ben a szántásos művelés hozama eltért a forgatás nélküli rendszerekétől. 2012-ben a forgatásos művelésben mért hozam szignifikánsan kisebb, míg 2014-ben szignifikánsan nagyobb volt a forgatás nélküli műveléshez képest.

A vizsgált három év mindegyikében eltérő szemnedvesség-tartalom mellett történt az egyes talajművelési változatok betakarítása. A 2012-es év kivételével a szárítási költségek jelentősen befolyásolták a talajművelési változatok termelési költségét.

A vizsgálatba bevont talajművelési rendszerek költség-jövedelem viszonyait tekintve megállapítható, hogy jelentős különbségek voltak az egyes alpművelési módok esetében. A forgatás nélküli technológiák kevesebb menetszámmal, és üzemanyag-ráfordítással valósíthatók meg a szántásos technológiához képest. Mindhárom vizsgált évben a forgatás nélküli talajművelési rendszerek gépi munka költsége mind abszolút értékben, mind pedig költségek arányában kisebb volt, mint a szántásos technológiáé.

A vizsgált éveket tekintve megállapítható, hogy mind a forgatásos, mind a forgatás nélküli talajműveléssel jövedelmező kukoricatermesztés valósítható meg. Az egyes művelési rendszerek alkalmazásához szükséges gépcsoportokba történő beruházás a vizsgálati eredmények alapján olyan gazdaságokban rentábilis, melyek évente átlagosan legalább 150 hektáron tudják alkalmazni az egyes technológiákat.

## SUMMARY

A significant proportion of domestic agricultural producers face problems involving crop production every day. Unforeseeable, fluctuating purchase prices, periodic overproduction, increase of meteorological extremities, degradation of arable land (physical, chemical and biological degradation), strict legal background and high costs are all factors which influence the profitability of crop production.

In terms of the future, it is essential to develop agro-technological solutions which improve the competitiveness of agricultural enterprises; this is based on the short and long term thrift and effectiveness of the crop production sector. As a result of precision farming related technological developments which are based on positioning, such applications became available for producers which are able to significantly contribute to the effectiveness of production.

The importance of food industrial, industrial and energetic use of maize is constantly growing. Besides, the results achieved in maize production greatly contribute to the development of other agricultural sectors and the secure food supply of the country. Therefore, the elaboration and adaptation of production technologies which establish competitive maize production in Hungary and in which the efficiency improvement of tillage technologies has a significant role is of essential importance.

In my doctoral thesis, reduced pass tillage systems have been compared on the basis of agronomical and ecological standpoints. In my thesis a selected parameter-based comparative analysis of strip tillage, medium deep loosening and winter ploughing systems has been carried out on the basis of the data of 3 years (2012-2014).

The data of the trial measurements contain more or less errors, namely the results of certain multiple times repeated measurements are slightly different; the results show deviation. Therefore, the error of the estimated value of the analysed parameter needs to be decreased below a certain level. Consequently, a number of measurements have been determined with the TDR 300 soil moisture probe, which is capable to bring the estimation error below 5% during the measurements. Based on the return time applied by the TDR soil moisture probe, a lower number of measurements are sufficient for achieving the desired estimation error. However, based on the volume percentage moisture values, more measurements are required for achieving the estimation error compared to the previous method. Therefore, the determination of the minimal number

of measurements has to be carried out on the basis of the volume percentage moisture value.

On the basis of the analytic data, there are significant differences in terms of the soil moisture of 0-20 cm soil layers measured in certain cultivation systems. In every analysed period, soil humidity was the highest in the area between the strips. There was no statistically verifiable difference in any of the analysed years between the moisture values measured in the case of medium deep loosening and the cultivated strip of strip tillage. During the analysed years, the moisture content measured for winter ploughing technology was the lowest; however in the first year of the analysis it was not significantly low compared to the loosening technology and the cultivated strip of strip tillage. The results of the analysed period verify the hypothesis according to which cultivation systems without ploughing facilitate the preservation of soil moisture compared to tillage systems that include ploughing.

Soil penetration resistance has been measured in the case of all three years in spring, prior to sowing. The measurement of soil penetration resistance took place in all three tillage systems, drawing a distinction between cultivated strips and the uncultivated areas between them. On the basis of the results of every cultivation method it was found that there were no harmfully compacted layers ( $>3$  MPa) within the 0-60 cm layer in any of the treatments.

In terms of the yield of maize there were significant differences amongst both the analysed years and the applied tillage methods within these years. The yield values generally indicate that there was no significant difference in any of the analysed years in the case of strip tillage and medium deep subsoiler-based cultivation, so identical yields can be achieved with the two plough-less systems. There was no significant difference between the yields of ploughing-based and plough-less tillage; however in 2012 and 2014 the yield of the plough-based tillage was different. In 2012 it was significantly lower while in 2014 it was significantly higher than in the case of the plough-less tillage.

Harvesting of the given tillage variations took place with different grain moisture content in all three years. Except for 2012, drying costs influenced the production cost of the tillage variations.

In terms of the cost-income conditions of the tillage systems involved in the analyses it was found that there were significant differences amongst the tillage methods. Plough-less technologies can be realised with less number of passes and fuel



consumption in comparison to the ploughing technology. In all three of the analysed years the cost of mechanic labour of plough-less systems was lower – both in terms of absolute value and cost proportion – than that of the ploughing-based technology.

Considering the analysed years it was found that both ploughing-based and plough-less tillage can result in profitable maize production. Investing into machinery that is required by the different tillage systems is only profitable in farms which are able to use the certain technologies at least on 150 hectares.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Abidine, A. Z. - Heidman, B. C. - Upadhyaya, S. K. - Hills, D. J.: 2004. Autoguidance system operated at high speed causes almost no tomato damage. *California Agriculture* 58. 1: 44-47.
- Antal J.: 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Árendás T. - Marton L. Cs. - Berzsenyi Z. - Szundy T. - Bónis P.: 2004. Lábon szárítás, lábon nedvesítés? *Martonvásár*. 16. 1: 14-15.
- ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers): 2004. Terminology and Definitions for Soil Tillage and Soil-Tool Relationships. [In: American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASABE Standards.]. St. Joseph Michigan, USA, Ep. 291. 2.
- Ball, B.: 1989. Reduced Tillage in Great Britain: Practical Research Experience. [In: Bäumer, K., Ehlers, W. (Eds.) EC Workshop: Agriculture: Energy Saving by Reduced Soil Tillage]. Luxembourg. Commission of the European Communities, 10-11: 29-40.
- Barber, R.: 2000. Principal tillage methods. [In: Food and Agriculture Organization (FAO) (Eds.) Manual on integrated soil management and conservation practices.]. Rome, 55-80.
- Baross L. 1909. Tárcsás borona és szuperfoszfát. *Köztelek*. 19. 75: 2108-2109.
- Bartholy, J. - Pongrácz, R. – Gelybó, Gy.: 2007. Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied ecology and environmental research*. 5. 1-17.
- Berzsenyi Z. - Györffy B.: 1995. Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésstabilitására. *Növénytermelés*. 44. 507-517.
- Birkás M. - Gyuricza Cs. (szerk.): 2004. Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft., SZIE, Gödöllő.
- Birkás, M. – Szalai, T. – Nyárai, H.F.: 1996. Problems of the soil physical condition and the soil tillage in Hungary. *Hungarian Agricultural Research*. 5.1. Crop Production. 8-12.
- Birkás M. (szerk.): 2006a. Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft., Budapest. 14-22.
- Birkás M.: 1996. A talaj tömörödöttsége növeli a növénytermesztés kockázatát. *Gyakorlati Agroforum*. 7. 12-14.
- Birkás M.: 1997. A talajhasználat és talajművelés EU-konform fejlesztésének területei, rövid és hosszú távú teendői. [In: Kerekes S., Kiss S. (szerk.) Magyarország az ezredfordulón. MTA stratégiai kutatások]. Budapest.
- Birkás M.: 2002. Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft., Szent István Egyetem, Gödöllő.

- Birkás M.*: 2004. A talajtömörödéssel összefüggő gazdálkodási veszteségek – a kár enyhítése. [In: Birkás M., Gyuricza Cs. (szerk.) Talajhasználat. Műveléshatás. Talajnedvesség.]. Quality Press Nyomda & Kiadó, Gödöllő, 84.
- Birkás M.*: 2006b. Talajművelés. [In: Birkás M. (szerk.) Földművelés és földhasználat]. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Birkás M.*: 2010. Talajművelők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Bíró T. – Pucsek J. – Sztanó I.*: 1997. A vállalkozások tevékenységének komplex elemzése. Perfekt Pénzügyi Szakoktató és Kiadó Rt., Budapest.
- Blanka, V. – Mezősi, G. – Meyer, B.*: 2013. Projected changes in the drought hazard in Hungary due to climate change. *Időjárás*. 117. 2: 220.
- Blevins, R. L. – Thomas, G. W. - Smith, M. S. – Frye, W. W. - Cornelius. P. L.*: 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil and Tillage Research*. 3. 135-146.
- Bocz E. - Nagy J.*: 2003. A kukorica nagy termésének feltételei. *Agrofórum*. 14. 2-4.
- Bocz E.*: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Boguslawski, E. V. – Lenz, K. O.*: 1958. Untersuchungen über mechanische Widerstandsmessungen mit einer Rammsonde auf Ackerböden. *Acker- und Pflanzenbau*. 106. 245-256.
- Bosch, D. D. – Potter, T. L. – Truman, C. C. – Bednarz, C. W. – Strickland, T. C.*: 2005. Surface runoff and lateral subsurface flow as a response to conservation tillage and soil-water conditions. *Transactions of the ASAE*. 48. 2137-2144.
- Bottenberg, H. – Masiunas, J. – Eastman, C.*: 1999. Strip-tillage reduces yield loss of snap bean planted in rye mulch. *HortTechnology*. 9. 235-240.
- Bronick, C.J. - Lal, R.*: 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*. 124. 3-22.
- Campbell, H. W.*: 1907. Soil Culture Manual. Okszerű talajművelés. Pátria Rt., Budapest.
- Cannell, R. Q. - Hawes, J. D.*: 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil and Tillage Research*. 30. 245-282.
- Celik, A. – Altikat, S. – Way, T. R.*: 2013. Strip tillage width effects on sunflower seed emergence and yield. *Soil and Tillage Research*. 131. 20.
- Celik, A. – Altikat, S.*: 2010. Effects of various strip widths and tractor forward speeds in strip tillage on soil physical properties and yield of silage corn. *Journal of Agricultural Sciences*. 16. 169-179.
- Csajbók J.*: 2004. A növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzés jegyzet. Gödöllő.

- Cserhádi S.: 1896. Az okszerű talajművelés alapelvei. ONGE Pátria Kiadó, Budapest.
- Csete L. - Várallyay Gy. (szerk.): 2004. Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). „AGRO-21” Füzetek. 37.
- DeJong-Hughes V. – Vetsch J. A.: 2007. On-Farm Comparison of Conservation Tillage Systems for Corn Following Soybeans. University of Minnesota Extension.
- Drimba P. – Nagy J.: 1998. A talajművelés hatásának eredményei a kukoricatermesztésben a kockázat figyelembe vételével. *Növénytermelés*. 47. 1: 59-70.
- Dvoracsek M.: 1968. Penetrométer a talaj mechanikai ellenállásának szabadföldi méréséhez. *Agrokémia és talajtan*. 17. 319.
- Erbach, D. C. – Benjamin, J. G. – Cruse, R. M. – Elamin, M. A. – Mukhtur, S. – Choi, C. H.: 1992. Soil and corn response to tillage with paraplow. *Trans. ASAE*. 35. 1347-1354.
- Fenyves T.: 1997. A talajművelés és a trágyázás hatás a talaj állapotára és a kukorica termésére gödöllői barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 46. 289-298.
- Fortin, M. C.: 1993. Soil temperature, soil water, and no-till corn development following in-row residue removal. *Agronomy Journal*. 85. 571-576.
- Führer, E. – Jadics, A. – Juhász, I. – Marosi, Gy. – Horváth, L.: 2013. Ecological and economical impacts of climate change on Hungarian forestry practice. *Időjárás*. 117. 2: 160.
- Gajri, P. R. - Arora, V. K. - Prihar, S. S.: 2002. Tillage for Sustainable Cropping. Food Products Press, Imprint of The Haworth Press, New York.
- Gencsoylu, I. - Yalcin, I.: 2004. Advantages of different tillage systems and their effects on the economically important pests, *Thrips tabaci* Lind. and *Aphis gossypii* Glov. in cotton fields. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 190. 381-388.
- Godwin, R. J.: 2007. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. *Soil and Tillage Research*. 97. 331-340.
- Grenoble, D. W. – Bergrnan, E. L. – Orzolek, M. D.: 1989. Effects of tillage methods and soil cover crops on yield and leaf elemental concentrations of snap bean. *Applied Agricultural Resources*. 4. 81-85.
- Griffith, D. R. – Mannering, J. V. – Galloway, H. M. – Parsons, S. D. – Richey, C. B.: 1973. Effect of eight tillage-planting systems on soil temperature, percent stand, plant growth, and yield of corn on five Indiana soils. *Agronomical Journal*. 65. 321-326.
- Groenevelt, P. H. – Grant, C. D. – Semesta, S.: 2001. A new procedure to determine water availability. *Australian Journal of Soil Research*. 39. 577-598.

- Gruber, S. – Möring, J. – Claupein, W.: 2011. On the way towards conservation tillage- soil moisture and mineral nitrogen in a long-term field experiment in Germany. *Soil and Tillage Research*. 115-116. 80-87.
- Gyárfás J.: 1925. Sikeres gazdálkodás szárazságban. Pátria Kiadó, Budapest.
- Győrffy B.: 1995. Különböző nézetek a talajművelés céljáról és hatásairól. *Agrofórum*. 6. 10. 1-4.
- Győrffy B. – Szabó J. L.: 1968. Tavaszi szántás, minimum tillage és a direktvetés lehetősége a kukoricatermesztésben. Kukoricatermesztési Kísérletek 1965-1968. Akadémiai Kiadó, Budapest. 143-156.
- Győrffy B.: 2002. A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. *Agrártudományi Közlemények*. 9. 83.
- Gyuricza Cs. – Liebhard P. – Rosner J.: 2004. Talajökológiai tényezők vizsgálata talajművelési tartamkísérletekben [In: Birkás M., Gyuricza Cs. (szerk.) Talajhasználat. Műveléshatás. Talajnedvesség.]. SZIE, Gödöllő.
- Gyuricza Cs.: 2000. Az értékörző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori értekezés. Gödöllő.
- Hamza, M. A. - Anderson, W. K.: 2005. Soil compaction in cropping systems review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*. 82. 121-148.
- Harnos Zs.: 1996. Modelling crop response in Hungary. [In: Harrison, P. A., Butterfield, R. E., Cowning, T. E. (szerk.) Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe. Annual Report. Environmental Change Unit]. University of Oxford, 179-189.
- Hegedűs I.: 1984. Tavaszi talajművelési módok vizsgálata kukorica monokultúrában. *Növénytermelés*. 33. 2: 171-177.
- Herdovics M. – Csermely J.: 2003. Üzemmérettől függő gabonaszárítási technológiák elemzése. 5. Magyar Szárítási Szimpózium, Szeged. 38-39.
- Hidvégi Sz. (szerk.): 2007. Növénytermesztés. DE AMTC AVK, Debrecen.
- Hollinger, S. E. – Changnon, S. A.: 1994. Response of Corn and Soybean Yields to Precipitation Augmentation and Implications for Weather Modification in Illinois. Illinois State Water Survey, Champaign. 4.
- Horváth A.: 2010. Helymeghatározással támogatott növénytermesztési technológiák. *Mezőgazdasági Technika*. 11. 36-38.
- Husti I.: 2007. A gépesítés ökonómiája. [In: Nábrádi A., Pupos T., Takácsné Gy. K. (szerk.) Üzemtan I.]. DE AMTC AVK, Debrecen.
- Huzsvai L. – Nagy J.: 2003. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélkül és öntözéssel termesztésben. *Növénytermelés*. 52. 533-541.

- Huzsvai L. – Sulyok D. – Ferencsik S.: 2012. Optimális erőgép és munkagép-szükséglet meghatározása a növénytermesztésben (Visual Basic és R alkalmazások). Agrárinformatika 2012 Konferencia. CD kiadvány. Debrecen.
- Ide, G. - Hofman, G.: 1990. The influence of subsoiling a plough-sole on the yield of agricultural crops. *Soil Technologies*. 3. 259-268.
- Iványi K. – Kismányoki T. – Ragasits I.: 1994. Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Jolánkai M.: 2002. Crop production. Akaprint, Budapest.
- Jones, R. J. A. – Zdruli, P. – Montanarella, L.: 2000. The estimation of drought risk in Europe from soil and climatic data [In: Vogt J. V., Somma F. (Eds.) Drought and Drought Mitigation in Europe.]. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Jones, C. A. - Basch, G. - Baylis, A. D. - Bazzoni, D. - Bigs, J. - Bradbury, R. B. - Chaney, K. - Deeks, L. K. - Field, R. - Gomez, J. A. - Jones, R. J. A. - Jordan, V. - Lane, M. C. G. - Leake, A. - Livermore, M. - Owens, P. N. - Ritz, K. - Sturny, W. G. - Thomas, F.: 2006. Conservation Agriculture in Europe: An Approach to Sustainable Crop Production by Protecting Soil and Water? SOWAP, Jealott's Hill, Bracknell, UK.
- Jones, R. J. A. - Le Bissonnais, Y. - Bazzoffi, P. - Díaz, S. J. - Düwel, O. - Loj, G. - Oygarden, L. - Prasuhn, V. - Rydell, B. - Strauss, P. - Üveges, J. B. - Vandekerckhove, L. - Yordanov Y.: 2004. Nature and extent of soil erosion in Europe. [In: Van-Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile, A. R., Jones, R. J. A., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S. K. (Eds.) Reports of the technical working groups established under "Thematic strategy for soilprotection"]. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg, EUR 21319 EN/2, 150-190.
- Kapocsi I.: 1981. Idő- és energiatakarékosabb talajművelés nehéz kultivátorok alkalmazásával. I. MÉM Agroiinform kiadvány. 48.
- Karlen, D. L. – Wollenhaupt, N. C. – Erbach, D. C. – Berry, E. C. – Swan, J. B. – Eash, N. S. – Jordahl, J. L.: 1994. Long-term tillage effects on soil quality. *Soil and Tillage Research*. 32. 313-327.
- Kemenessy E.: 1956. Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kerpely K.: 1910. Az okszerű talajművelés szerepe a szárazság elleni küzdelemben. Pátria Rt., Budapest.
- Ketcheson, J. W.: 1980. Effect of tillage on fertilizer requirements for corn on a silt loam soil. *Agronomical Journal*. 72. 540-542.
- Lal, R.: 1989. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropic versus temperate environments. *Advances in Agronomy*. 42. 85-197.
- Lal, R. - Reicosky, D. C. - Hanson, J. D.: 2007. Evolution of the plough over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research*. 93. 1-12.

- Lamm, F. – Aiken, R.: 2007. Tillage and irrigation capacity effects on corn production. ASAE Paper 072283. ASAE, St. Joseph Michigan, USA.
- Lampurlanes, J. - Angas, P. - Cantero-Martinez, C.: 2002. Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region in Spain. *Soil and Tillage Research*. 65. 207-220.
- Láng G.: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Láng I. – Csete L. – Jolánkai M.: 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Láng I.: 1993a. Környezetvédelmi lexikon I. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Láng I.: 1993b. Bevezetés. [In: Baráth Cs.-né – Györffy B. – Harnos Zs. (szerk.). Az aszály.]. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Matematikai és Számítástechnikai Tanszéke. Budapest. 5-7.
- Larson, W.E.: 1964. Effect of tillage systems on the variability of soil water tensions and soil water content. *Transaction of ASAE*. 32. 605-610.
- László P. – Gyuricza Cs.: 2008. Talajvédő művelési rendszerek hatása a talaj vízgazdálkodására. *Talajvédelem különszám*. 131-140.
- Licht, M. A. – Al-Kaisi, M.: 2005. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil and Tillage Research*. 80. 233-249.
- Lipiec, J. - Simota, C.: 1994. Crop responses in Central and Eastern Europe. [In: Soane, B. D., van Ouwerkerk, C. (szerk.) Soil Compaction in Crop Production.]. Elsevier, Amsterdam, 365-389.
- Loy, S. J. - Peirce L. C. - Wells O. S.: 1987. Productivity in a strip tillage vegetable production system. *HortScience*. 22. 415-417.
- Luna J. M. – Staben M. L.: 2002. Strip Tillage for Sweet Corn Production: Yield and Economic Return. *HortScience*. 37. 1040-1044.
- Manninger G. A.: 1938. A különböző nyári talajművelési eljárások összehasonlító vizsgálata. Mezőgazdasági kutatások. Budapest. 11. 91-100.
- McKeown, A. W. – Cerkauskas, R. F. - Potter, J. W.: 1988. Influence of strip tillage on yield, diseases, and nematodes of tomatoes. *HortScience*. 113. 328-331.
- Mendiburu F.: 2013. Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.1-4. URL <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Menyhért Z.: 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Milics, G.: 2008. A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben. PhD értekezés. Pécs. 14.
- Moitzi, G. – Haas, M. – Wagentristl, H. – Boxberger, J. – Gronauer, A.: 2013. Energy consumption in cultivating and ploughing with traction improvement system and

- consideration of the rear furrow wheel-load in ploughing. *Soil and Tillage Research*. 134. 56-60.
- Molnár Zs. – Sárvári M.: 2007. Az évjárat és a vetésidő hatása a kukorica vízleadás dinamikájára és termésére. *Agrártudományi Közlemények. Különszám*. 26. 257.
- Morris, N. L. – Miller, P. C. H. – Orson, J. H. – Froud-Williams, R. J.: 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment - A review. *Soil and Tillage Research*. 108. 1-15.
- Morrison, Jr. J. E. – Gerik, T. J.: 1983. Wide beds with conservation tillage. *Journal Soil Water Conservation*. 38. 231-232.
- Morrison, J. E.: 2002. Strip tillage for “no-till” row crop production. *Applied Engineering Agriculture*. 18. 277-284.
- Mulla, J. D.: 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*. 114. 358-371.
- Mullins, G. L. - Alley, S. E. - Reeves, D. W.: 1998. Tropical maize response to nitrogen and starter fertilizer under strip and conventional systems in southern Alabama. *Soil and Tillage Research*. 45. 1: 1-15.
- Nábrádi A.- Felföldi J.: 2007. A mezőgazdasági vállalkozások eredményének mérése. [In: Nábrádi A., Pupos T., Takácsné Gy. K. (szerk.) Üzemtan I.]. DE AMTC AVK, Debrecen.
- Nagy J.: 1995. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays L.*) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 44. 493-506.
- Nagy J.: 1996. A növényszám és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*. 45. 5-6: 543-552.
- Nagy J.: 2006. A debreceni kukorica tartamkísérlet kutatási eredményei. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen.
- Nagy J.: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Nagy J.: 2010. A hazai kukoricatermesztés eredményeinek értékelése. [In: Nagy J. (szerk.) Az öntözés vállalati szintű elemzése.]. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen, 9.
- Nagy J. – Megyes A.: 2009. A kukoricatermesztés kritikus agrotechnikai elemei. *Agrofórum extra*. 32. 36-40.
- Neményi M. – Milics G.: 2007. Precision agriculture technology and diversity. *Cereal Research Communications*. 2. 829-832.
- Németh T. - Harnos Zs. - Neményi M.: 2004. Precíziós növénytermesztés - Hatékonyság növelés és környezetterhelés csökkentés. NKPI kutatási jelentés. Budapest.
- Nyíri L.: 1993. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.



- Nyíri L.: 2004. Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Opoku, G. – Vyn, T. J. – Swanton, C. J.: 1997. Modified no-till systems for corn following wheat on clay soils. *Agronomy Journal*. 89. 549-556.
- Pálfai I.: 2005. Belvizek és aszályok Magyarországon. (Hidrológiai Tanulmányok) Közlekedési Dokumentum Kft., Budapest.
- Pastorino, R. – Naya, A. M. – Pérez, A. J. – Cuadrado, J.: 2011. Geared PM coreless motor modelling for driver's force feedback in steer-by-wire systems. *Mechatronics*. 21. 1043-1054.
- Pepó P.: 2005. A kukoricatermesztés fejlesztési lehetőségei és feladatai Magyarország Európai Unió csatlakozása után. Wellmann Oszkár Tudományos Tanácskozás. Hódmezővásárhely. CD-ROM kiadvány.
- Petersen, K. L. – Mack, H. J. – Booster, D. E.: 1986. Effect of tillage on sweet corn development and yield. *HortScience*. 111. 3942.
- Pethe F.: 1805. Pallérozott mezei gazdaság. Sopron.
- Pfau E. – Széles Gy.: 2001. Mezőgazdasági üzemtan II. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Phillips, R. E. - Kirkham, D.: 1962. Soil compaction in the field and corn growth. *Agronomy Journal*. 54. 29-34.
- R Core Team: 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Radke, J. K.: 1982. Managing early season soil temperatures in the northern corn belt using configured soil surfaces and mulches. *Soil Science Society of America Journal*. 46. 1067-1071.
- Rajkó R. – Harmati Zs.: 2003. Kukorica nedvességtartalmának gyors meghatározása mikrohullámú kezeléssel. 4. Magyar Szárítási Szimpózium. Mosonmagyaróvár. CD-ROM kiadvány.
- Randall, G. W. - Vetsch, J. A.: 2005. Optimum tillage systems for corn and soybean production and water quality protection in South Central Minnesota - Minnesota River Basin. University of Minnesota, Extension Service publication.
- Rátonyi T. – Huzsvai L. – Nagy J. – Megyes A.: 2005. Evaluation of soil tillage systems in maize production. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 53-57.
- Rátonyi T. – Megyes A. – Nagy J.: 2003. Talajvédő termesztéstechnológiai rendszerek értékelése. [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása.]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 141-148.
- Rátonyi T.: 1999. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Doktori értekezés. Debrecen.

- Rátonyi T.: 2006. Termőhelyi tényezők szerepe a szántóföldi növénytermesztésben. [In: Birkás M. (szerk.) Földművelés és földhasználat.]. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Reeder, R.: 2000. Conservation Tillage Systems and Management. MidWest Plan Service, Ames.
- Reister J.: 1971. Electric Penetrometer for Site Investigations. *Journal of SMFE Division*. 97. 457-472.
- Ruzsányi L. – Csajbók J.: 2001. Termésstabilitás és az évjárat kölcsönhatása a fontosabb szántóföldi növényeknél. *Agrártudományi közlemények*. 2. 41-46.
- Ruzsányi L.: 2000. Hidrometeorológiai szélsőségek növénytermesztési értékelése. [In: Nagy J., Pepó P. (szerk). Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai.]. IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium, Debrecen. 145-161.
- Samuelson P. A. – Nordhaus W. D.: 1992. Közgazdaságtan. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- Sárközy P.: 1980. Termelési függvények és hatékonyság a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Schneider E. C. - Gupta S. C.: 1985. Corn emergence as influenced by soil temperature, matric potential, and aggregate size distribution. *Soil Science Society of America Journal*. 49. 415-422.
- Sembery P.: 1989. Energiatakarékosság a mezőgazdaságban. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Sessiz A. - Sogut T. - Alp A. - Esgici R.: 2008. Tillage effects on sunflower (*Helianthus annuus*, L.) emergence, yield, quality and fuel consumption in double cropping system. *Journal of Central European Agriculture*. 9. 4: 697-709.
- Sims A. L. – Schepers J. S. – Oldon R. A. – Power J. F.: 1998. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-till and conventional till. *Agronomy Journal*. 90. 630-637.
- Sinóros-Szabó B.: 1992. Talajfizikai és művelésenergetikai kölcsönhatások. Akadémiai doktori értekezés. Nyíregyháza.
- Sipos G.: 1972. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sipos S.: 1968. Talajművelési és trágyázási rendszerek hatása a kukorica termésére [In: I'so I. (szerk.) Kukoricatermesztési Kísérletek 1965-1968.]. Akadémiai Kiadó, Budapest. 156-158.
- Soane B. D. – Ourwerkerk C.: 1995. Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. *Soil and Tillage Research*. 35. 5-22.
- Sörös I. – Soós S.: 1994. Szántás nélküli kukoricatermesztés. *Mezőgazdasági technika*. 35. 3-6.
- Sprague, M. - Triplett, G.: 1986. No-tillage and Surface-tillage Agriculture: The Tillage Revolution. John Wiley & Sons, New York.

- Sulyok D.: 2005a. Az alternatív talajművelési rendszerek eredményességének vizsgálata. Doktori értekezés. Debrecen.
- Sulyok D.: 2005b. Különböző talajművelési rendszerek agronómiai és ökonómiai értékelése. *Agrártudományi Közlemények. Különszám.* 16. 255.
- Sulyok D.: 2011. Földhasználat c. tantárgy előadásanyaga. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma. Debrecen.
- Sun H. – Slaughter D. C. - Pérez Ruiz M. – Gliever C. - Upadhyaya S. K. - Smith R. F.: 2010. RTK GPS mapping of transplanted row crops. *Computers and Electronics in Agriculture.* 71. 32-37.
- Surányi J.: 1957. A kukorica és termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Sváb J.: 1981: Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 50-51.
- Szabó J. – Bakos L. – Pásztor L. – Cservenák R. - Pogrányi K.: 2002. GPS és internet alapú térinformatikai alkalmazás a mezőgazdasági szaktanácsadás támogatására. *Acta Agraria Kaposvariensis.* 39. 3-13.
- Szász G.: 2000. A termesztett növények természetes vízhasznosulásának trendje Magyarországon a XX. században. [In: Nagy J., Pepó P. (szerk.) Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai.]. IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium. Debrecen. 176-186.
- Szász G.: 2004. A magyar növénytermesztés fejleszthetőségének klimatikus előfeltételei. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen.
- Szász G.: 2010. A kukorica vízforgalmát szabályozó tényezők szerepe az öntözésben. [In: Nagy J. (szerk.) Az öntözés vállalati szintű elemzése.]. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma. Debrecen. 48.
- Székelly Cs. – Kovács A.: 2006. A precíziós gazdálkodás hatása a növényvédelem költségeire. [In: Takácsné Gy. K. (szerk.) Növényvédő szer használat csökkentés gazdasági hatásai.]. SZIE, Gödöllő.
- Széll E.: 2004. Kukorica. [In: Izsáki Z., Lázár L. (szerk.). Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme.]. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 242.
- Szűcs I. - Nábrádi A.: 2003. Üzleti tervezés. Előadás jegyzet. Debreceni Egyetem AVK. Debrecen.
- Takácsné Gy. K. – Barkaszi L.: 2005. A precíziós gyomszabályozás lehetőségének gazdasági értékelése, mint gyomirtási technológiai alternatíva. XLVII. Georgikon Napok. Keszthely. Konferencia Kiadvány.
- Takácsné-György K.: 2008. Economic aspects of chemical reduction on farming: role of precision farming – will the production structure change? *Cereals Research Communication. Suppl.* 36. 19-22.

- Tamás J. – Lénárt Cs.: 2002. Terepi Térinformatika és a GPS gyakorlati alkalmazása. Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar.
- Tamás J.: 2001: Precíziós mezőgazdaság. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Temesgen, M. - Rockstrom, J. – Savenije, H. H. G. – Hoogmoed, W. B.: 2007. Assessment of strip tillage systems for maize production in semi-arid Ethiopia: effects on grain yield and water balance. *Hydrology Earth System Science Data*. 4. 2229-2271.
- Trevini, M. – Benincasa, P. – Guiducci, M.: 2013. Strip tillage effect on seedbed tilth and maize production in Northern Italy as case-study for the Southern Europe environment. *European Journal Agronomy*. 48. 50-56.
- Uri, N.: 1999. Energy and the use of conservation tillage in US agriculture. *Journal of Energy Policy*. 27. 299-306.
- Várallyay Gy.: 1996. Magyarország talajainak érzékenysége a szerkezetromlásra és tömörödéssre. Környezet és Tájgazdálkodási Füzetek. Szada. Konferencia Kiadvány. 15-30.
- Várallyay Gy.: 2005. Magyarország talajainak vízraktározó képessége. *Agrokémia és Talajtan*. 54. 5-24.
- Várallyay Gy.: 2012. A talajnedvesség szerepe a növény vízellátásában. Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest. Konferencia Kiadvány. 17-22.
- Varga-Haszonits Z.: 1997. Agrometeorológia. PATE Mezőgazdaságtudományi Kar, Mosonmagyaróvár.
- Vyn, T. J – Raimbault, B. A.: 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. *Agronomy Journal*. 85. 1074-1079.
- Vyn, T. J. – Raimbault, B. A.: 1992. Evaluation of strip tillage systems for corn production in Ontario. *Soil and Tillage Research*. 23. 163-176.
- Vyn, T. J. – Daynard, T. B. – Ketcheson, J. W.: 1982. Effect of reduced tillage systems on soil physical properties and maize grain yield in Ontario. [In: Butorac A. (Ed.). Proceedings of the 9th Conference of ISTRO.]. 22-27. June 1982. Osijek, Yugoslavia. 151-161.
- Whitmore, J. S.: 2000. Drought management on farmland. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Wilhelm, W. W. – Wortmann, C. S.: 2004. Tillage and Rotation Interactions for Corn and Soybean Grain Yield as Affected by Precipitation and Air Temperature. *Agronomy Journal*. 96. 425-432.
- Wilhoit, J. H. – Morse, R. D. – Vaughan, D. H.: 1990. Strip tillage production of summer cabbage using high residue levels. *Applied Agricultural Resources*. 5. 338-342.

- Wittmuss, H. D. – Lane, D. E. – Somerhalder, B. R.: 1971. Strip till-planting of row crops through surface residue. *Trans. ASAE*. 14. 60-68.
- Wysocki, D.: 1986. A strip-till planting system for no-till fallow. PNW Conservation Tillage Handbook Series. 2. System and Equipment 3.
- Zsembeli J.: 2001. A felszínalakítás és takarás hatása a talaj vízmérlegére és hőmérsékletére liziméterekben. Doktori értekezés. Debrecen.
- Zsembeli J.: 2003. Súlyliziméteres vízmérleg vizsgálatok a nedvességtakarékos és talajvédő talajművelés tudományos megalapozására. [In: Pepó P., Jávorski A. (szerk.) Talajjavítás-Talajvédelem.]. DE ATC, Debrecen. 85-90.



Nyilvántartási szám: DEENK/114/2015.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Ferencsik Sándor  
Neptun kód: EUWQCE  
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Növénytermesztési- és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10037408

### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Magyar nyelvű könyvrészlet(ek) (2)

1. **Ferencsik S.:** A precíziós tápanyag-gazdálkodás gyakorlati alkalmazása.  
In: Interdiszciplináris kutatás a Debreceni Egyetem Regionális Tehetségpontjában. Szerk.: Münnich Ákos, Mező Ferenc, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 147-157, 2010. ISBN: 9789633180808
2. Sulyok D., Megyes A., **Ferencsik S.:** A precíziós tápanyag-gazdálkodás technológiai és gazdaságossági vizsgálata.  
In: Az öntözés vállalati szintű elemzése. Szerk.: Nagy János, Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen, 162-188, 2010. ISBN: 9789639732940

#### Idegen nyelvű, külföldi könyvrészlet(ek) (1)

3. Sulyok, D., Megyes, A., **Ferencsik, S.:** Evaluation of Precision Nutrient Management and Crop Protection in Northern Hungary.  
In: Pollution and water resources: Columbia University seminar proceedings 41. vol., Impact of anthropogenic activity and climate changes on the environment of Central Europe and USA. Ed.: George J. Halasi-Kun, Columbia University Seminars, Slovakia, 57-70, 2012.  
ISBN: 9789639899599





Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (11)

4. **Ferencsik S.**, Rátónyi T., Fejér P., Harsányi E.: A kukorica talajművelési rendszereinek összehasonlító elemzése réti csernozjom talajon.  
*Agrártud. Közl.* 60, 21-24, 2014. ISSN: 1587-1282.
5. **Ferencsik S.**: Különböző talajművelési rendszerek agronómiai és ökonómiai értékelése réti talajon.  
*Agrártud. Közl.* 51, 103-106, 2013. ISSN: 1587-1282.
6. Sulyok D., Huzsvai L., **Ferencsik S.**: Túl sok víz - túl kevés víz, probléma a szántóföldön II..  
*Agrárunió.* 13 (4), 22-25, 2012. ISSN: 1589-6846.
7. Sulyok D., Huzsvai L., **Ferencsik S.**: Túl sok víz - túl kevés víz, probléma a szántóföldön I..  
*Agrárunió.* 13 (3), 42-43, 2012. ISSN: 1589-6846.
8. **Ferencsik S.**, Megyes A.: Az őszi káposztarepce termesztéstechnológiai és gazdaságossági kérdései.  
*Östermelő.* 15 (2), 44-47, 2011. ISSN: 1418-088X.
9. **Ferencsik S.**: A precíziós tápanyag-visszapótlás alkalmazása a gyakorlatban.  
*Östermelő.* 15 (2), 124-127 -, 2011. ISSN: 1418-088X.
10. **Ferencsik S.**: Precíziós tápanyag-gazdálkodás a gyakorlatban.  
*Gazdálktud. Közl.* 2 (1), 17-22, 2010. ISSN: 2061-2443.
11. **Ferencsik S.**: A differenciált tápanyaggazdálkodás jelentősége napjaink kukoricatermesztési gyakorlatában.  
*Gazdálktud. Közl.* 1 (1), 29-33, 2009. ISSN: 2061-2443.
12. Sulyok D., **Ferencsik S.**: Megtérül-e a precíziós tápanyag-gazdálkodás?  
*Agrárunió.* 10 (6-7), 38-39, 2009. ISSN: 1589-6846.
13. Sulyok D., **Ferencsik S.**: A differenciált tápanyag-gazdálkodás alkalmazásának megtérülési vizsgálata.  
*Agrárunió.* 10 (2), 40-41, 2009. ISSN: 1589-6846.
14. Sulyok D., **Ferencsik S.**: A differenciált tápanyag-gazdálkodás gazdaságossági kérdései.  
*Agrárunió.* 9 (8-9), 26-27, 2008. ISSN: 1589-6846.



Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (4)

15. **Ferencsik, S.**, Rátonyi, T.: Evaluation of strip-tillage and conventional tillage in maize production.  
*Agrártud. Közl.* 59, 37-40, 2014. ISSN: 1587-1282.
16. **Ferencsik, S.**: Agronomical And Economic Evaluation Of Various Cultivation Systems On Meadow Chernozem Soil.  
*Növénytermelés.* 62 (Suppl.), 417-420, 2013. ISSN: 0546-819.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.62.2013.suppl>
17. Sulyok, D., **Ferencsik, S.**, Rátonyi, T., Huzsvai, L., Nagy, J.: Agronomical And Agro-Economic Evaluation Of Maize Production In Various Cultivation Systems.  
*Növénytermelés.* 62, 33-36, 2013. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.62.2013.suppl>
18. Huzsvai, L., Megyes, A., Rátonyi, T., Bakó, K., **Ferencsik, S.**: Modelling the soil-plant water cycle in maize production: A case study for simulation of different sowing dates on chernozem soil.  
*Növénytermelés.* 61 (Suppl.), 279-282, 2012. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/Novenyterm.61.2012.Suppl.3>

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (3)

19. Huzsvai L., Sulyok D., **Ferencsik S.**: Optimális erőgép és munkagép-szükséglet meghatározása a növénytermesztésben (Visual Basic és R alkalmazások).  
In: Agrárinformatika 2012 Konferencia : Innovatív információtechnológiák az agrárgazdaságban 21-22. September, 2012, Debrecen, Hungary. Szerk.: Miklós Herdon, Róbert Szilágyi, Hungarian Association of Agricultural Informatics, Debrecen, 99-105, 2012. ISBN: 9786155094088
20. **Ferencsik S.**, Sulyok D., Huzsvai L.: Precíziós tápanyag-gazdálkodás gyakorlati alkalmazása.  
In: Agrárinformatika 2011 = Agricultural Informatics 2011. Szerk.: Herdon Miklós, Rózsa Tünde, Szilágyi Róbert, Hungarian Association of Agricultural Informatics, Debrecen, 196-204, 2011. ISBN: 9786155094057







21. Sulyok D., Dobos A., Deák L., **Ferencsik S.**: A differenciált tápanyag-gazdálkodás és növényvédelem gazdasági kérdései.  
In: Gazdaság és Társadalom : Tudomány és innovatív környezet : Nemzetközi Konferencia a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából, Sopron, 2009. november 3. Szerk.: Székely Csaba, NYME, Sopron, 101, 2009.

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (2)

22. Rátonyi, T., **Ferencsik, S.**, Sulyok, D., Hagymássy, Z., Harsányi, E.: Conventional and conservation tillage effects on soil conditions and yield of maize.  
*Növénytermelés. 64 (Suppl.)*, 27-30, 2015. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl>
23. Sulyok, D., Rátonyi, T., Huzsvai, L., **Ferencsik, S.**, Harsányi, E.: Precision farming and economic questions of fertilisation.  
*Növénytermelés. 60 (Suppl. 1)*, 251-254, 2011. ISSN: 0546-8191.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/Novenyterm.60.2011.Suppl.2>

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

Debrecen, 2015.05.29.



## MELLÉKLET



1. ábra Őszi szántás (bal oldal) és középmély lazítás (jobb oldal) felszíne



2. ábra Sávossal alapművelés felszíne





**3. ábra** Sávos alapművelő eszköz



**4. ábra** Középmély lazító elmunkáló hengerrel





5. ábra Központi magtartályos vetőgép magágykészítő egységgel



6. ábra Sorközművelő kultivátor sorvédő tárcsával





7. ábra Patronos talajmintavétel



8. ábra FOSS Infratec 1241 gabona analízátor



**9. ábra** Ohaus MB45 nedvesség analízátor



**10. ábra** Penetronik penetrométer

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, **Dr. Rátonyi Tamásnak**, aki folyamatosan irányította és hasznos tanácsaival segítette kutatómunkámat, elősegítve e disszertáció létrejöttét.

Köszönetemet fejezem ki **Prof. Dr. Nagy Jánosnak**, a Kerpely Kálmán Doktori Iskola vezetőjének, a Debreceni Egyetem Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet igazgatójának, aki szakmai tapasztalataival segítette munkámat, megteremtette a kutatások elvégzéséhez szükséges műszaki és anyagi feltételeket.

Köszönettel tartozom opponenseimnek, **Dr. Gyuricza Csabának** valamint **Dr. Zsembeli Józsefnek**, a munkahelyi és a nyilvános vitára elkészült dolgozatom lelkiismeretes és körültekintő bírálatáért, ami hozzájárult ahhoz, hogy a disszertáció jelenlegi formájában elkészülhessen.

Külön köszönettel tartozom **Dr. Sulyok Dénesnek**, a KITE Zrt. talajművelési koordinátorának áldozatos segítségéért, amellyel egyetemi éveim során megalapozta doktori tanulmányaimat, valamint aktívan közreműködött a vizsgálatok elvégzésében, illetve a dolgozat létrejöttében.

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

Hálával tartozom továbbá a **Debreceni Egyetem Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet**, a **Kenderes 2006 Kft.**, valamint a **KITE Zrt.** azon munkatársainak, akik hasznos tanácsaikkal, önzetlen segítségükkel, támogatásukkal hozzájárultak a disszertáció létrejöttéhez.

Végül, de nem utolsósorban hálás köszönettel tartozom **feleségemnek**, **szüleimnek**, **testvéremnek**, **barátaimnak** az értekezés elkészítéséhez nyújtott anyagi és lelki támogatásukért, türelmükért.

## NYILATKOZATOK

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2015.

.....  
a jelölt aláírása

## NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Ferencsik Sándor** doktorjelölt 2012-2015 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2015.

.....  
a témavezető aláírása