A PRECÍZIÓS SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMESZTÉS ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

Szerkesztette: Kemény Gábor
Lámfalusi Ibolya
Molnár András

Szerzők: Gaál Márta
Péter Krisztina
Takácsné György Katalin
Illés Ivett
Kiss Andrea
Sulyok Dénes
Domán Csaba
Keményné Horváth Zsuzsanna

Opponensek: Dr. Szabó József (MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet)
Dr. Milics Gábor (SZE Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar)

Felelős kiadó: Juhász Anikó

Szerkesztőbizottság: Biró Szabolcs
Dublecz Károly
Felföldi János
Fertő Imre
Herdon Miklós
Illés B. Csaba
Kapronczai István
Káposzta József
Kemény Gábor
Kertész Róbert
Keszthelyi Szilárd
Lámfalusi Ibolya
Pető Károly
Potori Norbert
Rieger László
Stummer Ildikó
Szakály Zoltán
Szűcs István
Takács István
Tóth József
Tóth Tamás
Vágó Szabolcs

Kiadó:
Agrárgazdasági Kutató Intézet
H-1093 Budapest, Zsil utca 3-5.
Postacím: H-1463 Budapest, Pf.: 944
Telefon: (+36 1) 217-1011
Fax: (+36 1) 217-4469
www.aki.gov.hu
aki@aki.gov.hu

DOI: <http://dx.doi.org/10.7896/ak1703>
ISBN 978-963-491-601-7
ISSN 2061-8204 (Agrárgazdasági Könyvek sorozat)

Nyomda, kötészet: Primerate Kft.
© Agrárgazdasági Kutató Intézet

Minden jog fenntartva. A kiadvány bármely részének sokszorosítása, adatainak bármilyen formában (nyomtatva vagy elektronikusan) történő tárolása vagy továbbítása, továbbá bármilyen elven működő adatbázis kezelő segítségével történő felhasználása csak a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

Tartalomjegyzék

Vezetői összefoglaló	7
Problémafelvetés	7
Módszer	7
Eredmények	7
Rövidítések jegyzéke	11
Bevezetés	13
1. A precíziós és a talajkímélő gazdálkodás fogalma és tartalma	15
1.1. Precíziós gazdálkodás meghatározása, jellemzői	15
1.2. A precíziós növénytermesztés technikai háttere	16
1.2.1. Helymeghatározás	16
1.2.2. A jármű-navigáció segítése	17
1.2.3. Gépüzemeltetés	18
1.2.4. Szenzorok, távérzékelés	18
1.2.5. Térinformatika	19
1.2.6. A változékonyság kezelése	20
1.2.7. Vezérlési technikák	21
1.3. Szántóföldi növénytermesztésben alkalmazott technológiák	21
1.3.1. Talajterképezés	21
1.3.2. Erózió és belvíz elleni védelem	22
1.3.3. Tápanyag-visszapótlás	22
1.3.4. Vetés	22
1.3.5. Növényvédelem	23
1.3.6. Öntözés	23
1.3.7. Hozamtérképezés	24
1.4. Precíziós kertészet és szőlészet	24
1.4.1. Szántóföldi zöldségtermesztés	24
1.4.2. Szőlő- és gyümölcsültetvények	25
1.4.3. Üvegházak	26
1.5. Precíziós állattenyésztés	26
1.5.1. Technikai háttér	26
1.5.2. Tejelő szarvasmarha	27
1.5.3. Sertés	29
1.5.4. Baromfi	30
1.6. Talajkímélő gazdálkodás	30
2. A precíziós növénytermesztés elterjedtsége	33
2.1. Kezdetek	33
2.2. Jelenlegi helyzet	33
2.2.1. Világ	33
2.2.2. Európa	35
2.2.3. Magyarország	36
2.3. Várható jövő	37
2.3.1. Nemzetközi trendek	37
2.3.2. Európa	39
2.3.3. Magyarország	40

3. A szántóföldi precíziós gazdálkodás közgazdasági hatásai	41
3.1. A precíziós növénytermesztés közgazdasági előnyei, hátrányai	41
3.2. A precíziós gazdálkodás bevezetéséhez szükséges többletberuházás megtérülésének vizsgálata és az életképes fedezeti méret	47
3.3. A szántóföldi növénytermesztésben alkalmazott precíziós technológia makrogazdasági hatásai	48
4. Anyag és módszer	51
4.1. Kérdőíves felméréshez és az ökonómiai vizsgálatokhoz kapcsolódó módszertani megjegyzések	51
4.2. A mintaüzemek vizsgálatához kapcsolódó módszertani megjegyzések	54
4.3. A makrobeclslés és a beruházásmegtérülési vizsgálatok módszertana	54
5. A precíziós és a talajkímélő gazdálkodás elterjedtsége, alkalmazásának színvonala és termelői megítélése	57
5.1. Általános kérdések	57
5.2. Precíziós gazdálkodást végző üzemekre vonatkozó adatok	60
5.3. A talajkímélő művelési elemeket használó gazdaságok adatai	67
6. A precíziós gazdálkodást végző és a hagyományosan gazdálkodó üzemek összehasonlítása	69
6.1. A precíziós technológia előnyei a KITE Zrt. adatai alapján	69
6.2. A mintaüzemek főbb jellemzői és gazdálkodási tapasztalataik	75
6.3. A mintaüzemek és a kontrollcsoportok összehasonlítása	78
6.3.1. Átlagos hozam és termelési érték alakulása	78
6.3.2. Költségek alakulása	81
6.3.3. Jövedelem és jövedelmezőség alakulása	84
7. A precíziós és talajkímélő gazdálkodást folytató termelők körében végzett statisztikai vizsgálatok	87
7.1. A precíziós technológia gazdasági hatásainak kimutatása a 45 üzem körében, a kontrollcsoport adataihoz viszonyítva	87
7.2. A precíziós technológia gazdasági hatásainak kimutatása a 17 üzem körében a kontrollcsoport adataihoz viszonyítva	89
7.3. A precíziós technológia gazdasági hatásainak kimutatása a 17 üzem körében a kontrollcsoport megválasztásának módosításával	90
7.4. Eredmények igazolása statisztikai módszerekkel	93
7.5. A precíziós technológia gazdasági hatásainak kimutatása a 17 üzem körében 6 év (3 precíziós előtti, 3 utáni) adatai alapján	96
8. A precíziós gazdálkodás becsült makrogazdasági hatásai	103
8.1. A precíziós gazdálkodást folytató üzemek és a kontrollcsoport vizsgálatának eredményei	103
8.2. A precíziós gazdálkodás hatásai ágazati szinten	108
8.3. A precíziós gazdálkodás beruházási költségei	114
9. A precíziós gazdálkodás elterjedését befolyásoló tényezők és a korlátok megszüntetésére tett javaslatok	119
9.1. Az elterjedést korlátozó, illetve segítő tényezők	119
9.1.1. Agroökológiai tényezők és gazdaságméret	119
9.1.2. Technikai tényezők	119
9.1.3. Gazdasági tényezők	120
9.1.4. Társadalmi tényezők	121
9.1.5. Oktatás, szaktanácsadás	122

9.1.6. Szabályozás, támogatás	123
9.2. Javaslatok	124
9.2.1. Kutatás, fejlesztés	124
9.2.2. Oktatás, szaktanácsadás	125
9.2.3. Támogatások	126
9.2.4. Adatpolitika	127
10. Összefoglalás	129
10.1. Megállapítások	129
10.2. Következtetések	131
10.3. Javaslatok	132
11. Summary	135
11.1. Findings	135
11.2. Conclusions	137
11.3. Recommendations	138
12. Kivonat	141
13. Abstract	142
14. Mellékletek	143
14.1. Mellékletek jegyzéke	143
15. Hivatkozások jegyzéke	159

Vezetői összefoglaló

Problémafelvetés

A precíziós mezőgazdasági technológia használata Magyarországon jelenleg még nem általánosan elterjedt, azonban a helyspecifikus növénytermesztést alkalmazó termelők számának növekedése az utóbbi két-három évben felgyorsult. A helyspecifikus gazdálkodás a mezőgazdaságon belül azért éppen a szántóföldi növénytermesztésben növekszik elsősorban, mert az ágazat jövedelempozíciójából adódóan itt állnak rendelkezésre azok a források, amelyek az egyébként jelentős beruházási költségű technológia bevezetéséhez szükségesek. A precíziós gazdálkodás gyakorlata szorosan összekapcsolódik a talajkímélő és kisebb környezetterheléssel járó művelésmódokkal.

Tanulmányunk célja a helyspecifikus gazdálkodás és a talajkímélő művelés gazdasági eredményességre gyakorolt hatásának kimutatása. E cél érdekében a magyarországi tesztüzemi hálózat szántóföldi növénytermesztő üzemeinek bevonásával megvizsgáltuk a precíziós gazdálkodás magyarországi elterjedtségét, illetve felmértük az alkalmazott technológia színvonalát. A felmérés eredményei és a tesztüzemi rendszerben rendelkezésre álló adatok felhasználásával összehasonlító vizsgálatokat végeztünk a precíziós gazdálkodás előnyeinek/hátrányainak kimutatására a hozamváltozás, inputanyag-felhasználás, termelési érték, jövedelem és jövedelmezőség vonatkozásában.

Módszer

A precíziós gazdálkodás és talajkímélő művelés elterjedtségének, valamint az alkalmazott technológia színvonalának felmérése érdekében primer adatgyűjtést végeztünk a tesztüzemi gazdaságok körében. A felmérés eredményeit összekapcsoltuk a gazdálkodási adatokkal és alternatív tesztüzemi kontrollcsoportok segítségével végeztünk összehasonlító vizsgálatokat a precíziós gazdálkodás előnyeinek/hátrányainak kimutatására a hozamváltozás, az inputanyag-felhasználás, a termelési érték, a jövedelem vonatkozásában. Mélyinterjúkat folytattunk a vizsgált mutatókat befolyásoló tényezők és a precíziós gazdálkodás általános sajátosságainak megismerése érdekében. Megvizsgáltuk a precíziós technológia alkalmazásához szükséges beruházások különböző intenzitási szintű bevezetésének megtérülését. Végül makrogazdasági becslést végeztünk a főbb szántóföldi ágazatok és azon gazdálkodói kör figyelembevételével, amelyek esetében igazolni tudtuk a precíziós gazdálkodás többletjövedelmezőségét.

Eredmények

A gazdálkodói percepciók kimutatása érdekében folytatott kérdőíves felmérés eredményei igazolták azt a hipotézisünket, hogy a termelők mindkét technológia terjedésének legnagyobb gátját a magas beruházás költségekben látják. A válaszadók szerint elterjedésüket leginkább az alkalmazás hatására realizálható magasabb jövedelmezőség segítené elő, de a termelők számára nyújtott több, illetve részletesebb információ is nagy jelentőséggel bírna, valamint ha a technológia alkalmazását valamilyen támogatási konstrukcióval is segítené az agrárirányítás.

A precíziós technológiát az első üzem (a válaszadók körében) 2004-ben kezdte el alkalmazni. A technológia terjedését kezdetben lassú felfutás jellemezte 2012-ig, azt követően lényegesen dinamikusabbá vált a folyamat. Általában véve az alkalmazott technológiai elemek közül a precíziós talajminta-vételezés, valamint a tápanyagkijuttatási terv készítése a leggyakoribb.

A precíziós növénytermesztő tesztüzemeknél a növénykultúrák között az őszi búza mind a művelt terület mérete (4161 hektár), mind a termesztők száma tekintetében élen jár a precíziós technológia alkalmazásában, majd azt követi a kukorica, a napraforgó és a repce. Míg a búzánál és a repcénél a tápanyag-utánpótlásban volt leginkább jellemző a precíziós technológia alkalmazása, addig a kukori-

cánál és a napraforgónál a vetésben. A növények többségénél ez a két művelési elem szerepelt az első két helyen, miközben a növényvédelemben és a talajművelésben már kisebb mértékben alkalmaztak precíziós technológiát, a betakarításban pedig elenyésző részben. Ez utóbbi alól csak a repce képez kivételt, a precíziós módon végzett betakarítás aránya 35,0 százalékot tett ki.

A talajkímélő művelés hatásai a megkérdezettek szerint korlátozottabbak a precíziós gazdálkodásénál. A hozam tekintetében a talajkímélő művelést végzők több mint egyharmada nem tapasztalt változást, 29,5 százaléka pedig kisebb mértékű növekedést figyelt meg, továbbá viszonylag sokan számoltak be a hozam kisebb mértékű csökkenéséről is.

A vizsgálatok eredményeit összegezve megállapítható, hogy átlagosan a búza hozamánál 7-17 százalékos, a kukoricánál 2-9 százalékos, a napraforgónál 6-10 százalékos többlet eredményez a technológiaváltás, miközben a repcénél és az őszi árpánál nem sikerült a rendelkezésre álló adatok birtokában ilyen megállapítást tenni. A termelési érték tekintetében magasabbak az említett arányszámok, a búzánál 8-38 százalékos, a kukoricánál 11-42 százalékos, a napraforgónál 3-32 százalékos többletérték mutatkozik.

A többletértéket jellemző – esetenként széles – intervallumokat az magyarázza, hogy a precíziós technológia előnyei nagyban függenek az adott év időjárásától, illetve a talajadottságoktól, valamint a gazdálkodás színvonalától. A helyspecifikus gazdálkodás előnyei elsősorban a kedvezőtlenebb adottságú időszakokban és heterogén, kisebb és nagyobb termőképességű területeket egyaránt tartalmazó táblákon gazdálkodók esetében mutathatók ki, ahol a hagyományos műveléssel a hozampotenciálhoz viszonyítva csak korlátozott eredmények érhetők el.

A precíziós technológia eredményes alkalmazásához nem elegendő a precíziós képességekkel rendelkező erő- és munkagépek beszerzése, illetve a megfelelő inputanyagok felhasználása. Nem homogén technológiáról van szó, amely bármely körülmények között ugyanúgy működik, hanem az egyes technológiai műveleteket a helyi természeti adottságokhoz (pl. talajadottságok, domborzati viszonyok) szükséges adaptálni. A kívánatos eredmények eléréséhez komoly szakismeret szükséges (pl.: a termesztett növénykultúra tekintetében megfelelő elővetemény megválasztása), mindenképpen szaktanácsadás mellett javasolt a technológia bevezetése, hiszen a remélt előnyök megjelenése is csak a technológia megfelelő alkalmazását követően várható.

A precízebb technológia, a ráfedés- és kihagyásmentes művelés eredményeként általában véve azt várnánk, hogy az áttéréssel csökken az inputfelhasználással összefüggő költség. Vizsgálataink ennek éppen az ellenkezőjét támasztották alá, a hozamokhoz hasonlóan az inputfelhasználáshoz köthető költségek szintjében is jellemzően többlet mutatkozott. A búzánál –3 és +47 százalék, a kukoricánál –5 és +30 százalék, a napraforgónál –8 és +26 százalék között változott az egy hektárra vetített termelési költség a hagyományos technológiához képest. Ennek a szakirodalommal egyébként összecsengő megállapításnak a magyarázata az, hogy Magyarországon az inputfelhasználás szintje egyébként is jellemzően alacsony, így a modern művelési módra való áttéréssel a kívánatos hozamok elérése érdekében az inputfelhasználás intenzitását növelni szükséges. Ezen felül megfigyelhető, hogy a fajtaválasztás során előtérbe kerülnek értékesebb, magasabb genetikai potenciával bíró fajták, amelyek gyakran magasabb költséget eredményeznek. Ez egyben azt is jelenti, hogy az inputforgalmazóknak is érdeke a technológia terjesztése.

A nagyobb inputfelhasználás és a környezeti fenntarthatóság nem áll ellentétben egymással, ugyanis precíziós kijuttatással (a megfelelő inputot a megfelelő kultúrának, a megfelelő időpontban és fizikai helyen) a tápanyagot a növény nagyobb valószínűséggel képes felvenni és hasznosítani, ezáltal környezeti károsodás nélkül folyhat a termelés. Ezt figyelembe véve a precíziós gazdaságok számára érdemi termelési korlátozást nem okozva is lehetséges a környezetterhelési határértékek szigorítása, amely többletteljesítményt viszont szükséges valamilyen formában elismerni.

A búzánál és a napraforgónál vizsgálataink szerint egyértelműen nőtt az átlagos ágazati jövedelmezőség, előbbinél 23-123 százalékos többlet, utóbbinál 28-52 százalékkal nagyobb eredmény realizálható. A kukoricánál nem minden kontrollsoporthoz képest mutatható ki jövedelemnövekedés, így itt előfordulhat akár 17 százalékos kiesés, de akár 105 százalékkal magasabb jövedelem is.

A rendelkezésünkre álló adatok birtokában ágazati szinten becsléseket végeztünk a precíziós tevékenységre való áttérés makroszintű hatásaira. Megnéztük, hogy hogyan alakul ágazati szinten a hozam, a termelési érték, a termelési költség és az eredmény, amennyiben a vizsgált eredményesen áttérő üzemekhez hasonló paraméterekkel (termelési költség, vetésterület mérete) bíró gazdaságok végrehajtják a technológiaváltást.

A kiválasztott üzemek áttérésével a jövőbeni precíziós területek a vizsgálatba vont főbb szántóföldi növények teljes 2,9 millió hektárnyi vetésterületéből 1,4 millió hektárt, azaz 46,9 százalékot tennének ki. A búza esetében a precíziós területek a teljes búzatermő terület 59 százalékát, kukoricánál a teljes kukoricatermő terület 40 százalékát, napraforgónál a teljes napraforgó-terület 38 százalékát jelentenék. Az őszi árpa és őszi káposztarepce precíziós technológiával művelt területe külön-külön 15-17 százalékát adná a két ágazat összes vetésterületének.

A precíziós gazdálkodást választó több mint 21 ezer üzem átlagosan 2,4 százalékkal nagyobb (+342,7-858,9 ezer tonna) termésmennyiséget produkálna a vizsgált növényeknél az országos 14,3 millió tonna termésmennyiséghez képest. A termelési érték az öt növénykultúrájánál együttesen a jelenlegit 32,0-142,0 milliárd forinttal múlná felül, azaz az értékük 826,2-936,2 milliárd forintot jelentene.

A termelési költségek összességében 606,2 milliárd forintról 10,4 milliárd forinttal 595,9 milliárd forintra csökkennének, amennyiben az általunk kiválasztott üzemek precíziós gazdálkodásra váltanának. Ezen belül a vetőmagköltség 2,4 milliárd forinttal csökkenne, a műtrágyaköltség 3,8 milliárd forinttal emelkedne, a növényvédőszer-költség 1,8 milliárd forinttal mérséklődne.

Az ágazati eredmény a precíziós gazdálkodásra váltók esetében jelentősen, 15,2-88,5 milliárd forinttal bővülne, azaz 187,9 milliárd forintról 203,1-276,4 milliárd forintra emelkedne.

Végezetül azt is megvizsgáltuk, hogy hogyan alakulna a beruházási költség megtérülése a technológiát váltó üzemeknél. Az eszközállomány elhasználódottsága alapján egyes üzemeknél komplett gépparkcserét feltételeztünk, másoknál a precíziós eszközökkel való felszerelést láttuk indokoltnak, megint másoknál szerkezeti elemek és precíziós szoftverek beszerzését. A beruházási költség a három kategóriában együttesen mintegy 325 milliárd forint lehetne, melynek legnagyobb részét (mintegy 300 milliárd forintot) a teljes gépparkcsere adná.

Számításaink igazolták, hogy a gazdálkodóknak – az 1000 ha alatti és feletti területtel rendelkezőknek egyaránt – mind a szerkezeti elemekkel és szoftverekkel történő felszerelés, mind pedig a precíziós eszközökkel való felszerelés megéri, mert annak költsége bőven megtérül a technológia eredményeként keletkező többletjövedelmekben. A megtérülés egyedül a teljes gépparkcserénél nem igazolódott. Ennek kapcsán azonban meg kell jegyezni, hogy mivel a gépek az üzem teljes területén használatosak, illetve nem csak a többleteredmények elérésében játszanak szerepet, így nem is várható a beruházási költségüknek a precíziós többletjövedelmekben való megtérülése. Ugyanezen üzemeknél a precíziós eszközökkel való felszerelés már gazdaságosnak bizonyult.

A tanulmány egyik fontos erénye, hogy a precíziós technológia előnyeit a Közös Agrárpolitika gazdasági hatásainak bemutatására használt, ötvenéves múltra visszatekintő FADN-adatbázis adatainak felhasználásával bizonyítottuk. Ez lényeges elem úgy szakpolitikai szempontból, mint a termelői döntéshozatal oldaláról, mivel a tesztüzemi rendszer üzei olyan mintaként tekinthetők, amely megfelelően képes reprezentálni a meghatározó ártermelő gazdálkodókat.

A technológia elterjedésének legfőbb gátjaként a megkérdozett tesztüzemi precíziós gazdálkodók a jelentős beruházási igényt és az ehhez kapcsolható pénzügyi nehézségeket azonosították. Ezt követte a tudás, az ismeretek hiánya, illetve az új ismeretek elsajátításától való félelem. Ennek jelentőségét jól mutatja, hogy a technológia elterjedését támogató tényezők között az információk, ismeretek megosztása a többletjövedelem mellett másodikként szerepelt a válaszok száma alapján. A megfelelő ismeretek, a technológia biztos kezelésének képessége a mélyinterjúkban is kulcsfontosságúként szerepelt a precíziós technológia sikeres alkalmazásának kritériumai között. Figyelembe véve a technológia által realizálható makrogazdasági hatásokat, úgymint a többlettermés, a többlethozam és -jövedelem, a precíziós technológia elterjedését az agrárirányításnak is érdemes volna prioritásként kezelnie.

Ennek megfelelően javasolt a mezőgazdasági szakiskolák és az agrárképzést is nyújtó egyetemek oktatóinak képzése piaci szolgáltatást nyújtó precíziós szaktanácsadók által. Fontos a szakiskolák és az egyetemek felszerelése a precíziós gazdálkodásra alkalmas gépekkel és szoftverekkel, amelyek működtetéséhez szintén igénybe kell venni a piaci precíziós szaktanácsadási segítséget. Tovább szükséges erősíteni a duális képzést, ahol kiemelt szerepet kell kapjanak a precíziós gazdálkodást végző termelők.

Nemzeti forrásból elkülönített alapot kell biztosítani a precíziós gazdálkodással foglalkozó, azt témájával választó alap- és alkalmazott kutatási témáknak, mely utóbbiak esetében törekedni kell a technológiát a gyakorlatban használó kulcsszereplők (termelők, szaktanácsadók, gépgyártók, informatikai vállalkozások) szoros bevonására. Ezáltal biztosítható, hogy a kutatási források gyakorlati problémák megoldását segítsék elő, és a hazai agrár- és gépipari, valamint informatikai vállalkozások növekedésnek indulva képesek legyenek betörni a jövőben várhatóan drasztikusan bővülő, a mezőgazdasági digitalizációhoz köthető rés piacokra.

Jogsabályi háttérrel szükséges biztosítani a precíziós gazdálkodás minél zökkenőmentesebb fejlődését. Ezen belül célszerű biztosítani, hogy a precíziós gazdálkodás során keletkező adatállományokról a termelők rendelkezhessenek, azokat a gépgyártóktól, illetve az adatok rögzítőitől megkaphassák és ezáltal hazai kutatási célokra is fel lehessen használni. A modern technológiák életszerű használatát (pl.: drónok, pilóta nélküli repülőgépek repülésének engedélyezése) lehetővé kell tenni, illetve szükséges a technológia alapját képező talajminta-vételezés precíziós helymeghatározása és külső szakértő általi validálása. Meg kell oldani az állami adatbázisokban tárolt termelői, valamint táblaszintű adatok jogosultságkezelését (pl.: örökös, vevő vagy új bérlő hozzáférhessen a tábla korábbi adataihoz).

Amennyiben a hazai és/vagy az uniós támogatási rendszer – szubvenciók vagy akár visszatérítendő támogatás, kamattámogatott hitel formájában – forrást biztosítana a gazdák számára a precíziós technológiai elemek adaptálására, a helyspecifikus módon végzett gazdálkodás rohamos terjedésnek indulna Magyarországon. Mivel a precíziós gazdálkodás hozzájárul a környezeti fenntarthatósághoz, akár a Vidékfejlesztési Program Agrár-környezetgazdálkodási Programján keresztül is igényelhetnének a gazdálkodók a technológia bevezetéséhez szükséges forrást.

A kérdőíves felmérések, valamint a kapcsolódó vizsgálatok megismétlése szükséges a néhány éven belül, hiszen a technológiát bevezető üzemek száma folyamatosan nő, illetve az alkalmazás „mélysége” is várhatóan javul. A jelenlegi kutatási eredmények a technológia felfutási szakaszában keletkeztek, így könnyen előfordulhat, hogy néhány év múlva markánsabb hatások mutathatók ki.

Rövidítések jegyzéke

- CAN-bus (Controller Area Network)** – A járművek különböző szabályozó egységeit összekötő hálózat. Segítségével gépüzemeltetési adatok gyűjthetők.
- CEMA (Comité Européen du machinisme agricole, European Agricultural Machinery Association)** – Európai Mezőgazdasági Gépforgalmazók Szövetsége.
- DGPS (Differential Global Positioning System)** – Differenciális GPS-rendszer. Földi referenciaállomások segítségével korrigálja a műholdas GPS mérési hibáit.
- EC (Electrical Conductivity)** – Elektromos vezetőképesség. A talaj elektromos vezetőképessége alapján – nem szikes talajok esetén – következtetni lehet a talajok összetételére, tömörödöttségére és a szervesanyag-tartalomra.
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System)** – A GPS navigációs rendszer szolgáltatásait kiegészítő európai rendszer. Az ingyenes korrekciós jelekkel 1-2 méteres vízszatérési pontosság és 20-30 centiméteres csatlakozási pontosság érhető el.
- EIP-AGRI (European Innovation Partnership for Agricultural Productivity and Sustainability)** – A mezőgazdaság termelékenységét és fenntarthatóságát célzó Európai Innovációs Partnerség.
- FADN (Farm Accountancy Data Network)** – A mezőgazdasági üzemek pénzügyi, vagyoni helyzetét felmérő európai uniós reprezentatív információs rendszer. Magyarországi alrendszere az Agrárgazdasági Kutató Intézetben készített tesztüzemi rendszer.
- FÖMI** – Földmérési és Távérzékelési Intézet. (Jelenleg: Budapest Főváros Kormányhivatala, Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főosztály)
- GNSS (Global Navigation Satellite System)** – Globális navigációs műholdrendszer, amely az amerikai GPS, az orosz GLONASS, az európai Galileo és a kínai Compass rendszerek közös elnevezése. A GNSS-infrastruktúrához sorolják azokat a földi vagy műholdas kiegészítő rendszereket is, amelyek a nagyobb pontosságú helymeghatározást segítik (korrekciós jelek).
- GOFR-növények** – Gabonafélék, olaj-, fehérje- és rostonövények.
- GPS (Global Positioning System)** – Globális helymeghatározó rendszer. Az USA Védelmi Minisztériuma által fejlesztett és üzemeltetett, időjárástól és napszaktól függetlenül működő műholdas helymeghatározó rendszer, ami háromdimenziós helymeghatározást tesz lehetővé. A hétköznapi szóhasználatban általánosan a műholdas helymeghatározásra utal.
- ISOBUS (ISO Binary Unit System)** – Lehetővé teszi a különböző szenzorok, az adatfeldolgozó és vezérlőegységek közötti szabványos adatcserét. Ezáltal egyetlen univerzális terminállal megoldható bármelyik gyártó ISOBUS-t támogató eszközének ellenőrzése és vezérlése. A protokoll alapját a nemzetközi ISO 11783 szabvány (*Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network*) írja le.
- IVSZ** – Informatikai, Távközlési és Elektronikai Vállalkozások Szövetsége.
- JD SF-1** – A John Deere StarFire antennához biztosított ingyenes korrekció, ami egy méter körüli vízszatérési és 30 centiméteres csatlakozási pontosságot biztosít.
- JD SF-2** – A John Deere fizetős StarFire korrekciós jele, ami 10-15 centiméteres csatlakozási pontosságot biztosít.
- LIDAR (Light Detection and Ranging)** – Lézeralapú távérzékelés. Alkalmazható többek közt távolságmérésre, a vizsgált objektumról háromdimenziós modell készítésére, légköri vizsgálatokra.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – Normalizált differenciál vegetációs index.

A növényzet állapotának jellemzésére szolgál, számítási módja: $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$, ahol *NIR* a közeli infravörös és *R* a látható vörös tartományban mért visszaverődés.

QR-kód (Quick Response-kód) – Kétdimenziós vonalkód. Csak számokból max. 7089, alfanumerikus karakterekből 4296, bináris adatokból 2953 bájtnyi képes tárolni. Ingyenesen felhasználható nyílt szabványon alapszik. Értelmezéséhez szükség van valamilyen kamerával rendelkező eszközre (lehet mobiltelefon vagy tablet is) és egy QR-kód-olvasó alkalmazásra. Több weboldalon ingyenesen generálhatók QR-kódok.

RFID (Radio Frequency Identification) – Rádiófrekvenciás azonosítás. Az automatikus azonosításhoz és adatközléshez használt technológia, melynek alapja a rádiófrekvenciás adóvevő egység kommunikációja a megfigyelt objektumokon elhelyezett RFID-címkével. Az RFID-címke (más néven tag) egy apró tárgy, amely rögzíthető vagy beépíthető az azonosítani kívánt objektumba.

RTK (Real Time Kinematik) – Korrekciós jelek alkalmazásával elérhető ± 2 cm pontosságú, valós idejű helymeghatározás mozgó járműveknél. A korrekció alapulhat egy ismert bázisállomás vagy több referenciavevő együttes adatainak figyelembevételén (hálózatos RTK). A korrekciós jel továbbítása – az alkalmazott technológiától függően – rádiófrekvencián (URH) vagy internet és mobil távközlési eszközök segítségével történik.

USDA (United States Department of Agriculture) – Az USA mezőgazdasági minisztériuma.

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) – Pilóta nélküli légi jármű, gyakran a „drón” kifejezést használják rá. Kialakítása lehet repülőgépszerű vagy több rotorral ellátott multikopter. Ön- vagy távirányítással (leggyakrabban a kettő kombinációjával) rendelkezik. Kamerával felszerelve használható a területek állapotának felmérésében (árvíz, belvíz, biomassza, vadkár stb.).

VRA (Variable Rate Application) – Változó mennyiségű (differenciált) kijuttatás. A tábla eltérő adottságú területeinek megfelelően változó mennyiségű műtrágya, növényvédő szer, öntözővíz vagy vetőmag kijuttatása.

VRT (Variable Rate Technology) – Változó (differenciált) kijuttatási technológia. Azok a technológiai megoldások, melyek lehetővé teszik a kijuttatott anyagok mennyiségének és/vagy összetételének menet közbeni változtatását.

WSN (Wireless Sensor Network) – Vezeték nélküli szenzorhálózat. A mezőgazdasági területeken (szántóföld, ültetvény, üvegház) vagy állattartó telepeken használt különböző adatgyűjtő egységek összekapcsolása vezeték nélküli hálózaton keresztül. A párhuzamosan gyűjtött környezeti adatok egy központi szerverre továbbíthatók.

Bevezetés

Az informatika a világ egyik leggyorsabban fejlődő iparága, amely technológiai fejlődés hatásai a mezőgazdaság digitalizációjában is lecsapódnak. Ennek eredménye a precíziós mezőgazdaság. A precíziós technológia Magyarországon jelenleg még nem általánosan elterjedt, azonban a helyspecifikus gazdálkodást alkalmazó termelők számának növekedése az utóbbi két-három évben felgyorsult.

A helyspecifikus gazdálkodás a mezőgazdaságon belül a szántóföldi növénytermesztésben terjedt el elsősorban, mivel az ágazat jövedelempozíciójából adódóan itt álltak rendelkezésre azok a források, amelyek az egyébként költséges technológia bevezetéséhez szükségesek. A növénytermesztésben ma már a termelés minden eleménél, a vetést megelőző talaj-előkészítéstől a betakarításig, a tarlóápolás műveletéig mindenhol alkalmazható a precíziós művelés.

A talaj növénytermesztésben betöltött kiemelt fontossága okán és a környezettudatosság jegyében a precíziós gazdálkodással párhuzamosan a talajkímélő művelés elterjedése is növekszik, amelynek célja a talaj megfelelő állapotának megteremtése és/vagy fenntartása. A precíziós gazdálkodás és a talajkímélő művelés a gyakorlatban gyakran egymást kiegészítő megközelítést jelent, mindkettő igényli az innovatív gazdálkodói hozzáállást. Így a gyakorlatban az a jellemző, hogy az újdonságok iránt fogékony gazdálkodók mindkettő alkalmazásával foglalkoznak.

Általános vélemény, hogy a precíziós gazdálkodási forma nagyon hasznos, hiszen az egyszerre járhat a jövedelmek növelésével és az okszerűbb gazdálkodás révén a környezetterhelés mérséklésével is. A természeti adottságoknak való jobb megfelelés, a hatékonyabb termelés és kisebb környezetterhelés okán a precíziós gazdálkodás olyan kihívásokra jelenthet választ, mint például a klímaváltozás, a természeti erőforrások szűkössége, a növekvő népesség nagyobb élelmiszerigénye és a fenntarthatóság.

Az agrárszakma művelőinek többsége egyetért abban, hogy a növénytermesztés számára ez jelenti a jövőt. Szakirodalmi források széles köre számol be a technológia hazai alkalmazásának számszerű előnyeiről a hozamok és inputok tekintetében, azonban a jövedelemre, jövedelmezőségre gyakorolt hatásokról viszonylag kevés szó esik. Ez azzal magyarázható, hogy a térbeli különbségek (eltérő talajadottságok, domborzati viszonyok, táblaméret stb.), illetve évente változó időjárási viszonyok miatt mind a térbeli, mind pedig az időbeli összehasonlítás nehézkes, kizárólag a technológiának tulajdonítható hasznokat rendkívül nehéz kimutatni. Másik jellemzője a szakirodalomban megjelent tanulmányoknak, hogy azok a helyspecifikus gazdálkodás előnyeit többnyire csak egy-egy üzemre vagy egy-egy táblára korlátozva ismertetik.

Tanulmányunk végső célja a helyspecifikus gazdálkodás, valamint a talajkímélő művelés termelés eredményességére gyakorolt hatásának számszerűsítése. E cél érdekében első lépésként primer adatgyűjtést végeztünk a tesztüzemi gazdaságok körében a két gazdálkodási forma magyarországi elterjedtségének, illetve az alkalmazott technológia színvonalának felmérése céljából. Második lépésként a felmérés eredményeit a gazdálkodási adatokkal kapcsoltuk össze, különböző szempontok alapján a precíziós üzemekhez hasonlító kontrollcsoportokat képeztünk és ily módon végeztünk összehasonlító vizsgálatokat a technológia előnyeinek/hátrányainak kimutatására a hozamváltozás, inputanyag-felhasználás, termelési érték, jövedelem vonatkozásában. Ezen túlmenően a részletesebb ismeretek megszerzése érdekében néhány mintaüzemben termelői mélyinterjút készítettünk. A makroszintű hatások feltárása céljából beruházásmegtérülési és ágazati szintű becsléseket végeztünk.

A kutatás során a következő hipotéziseket fogalmaztuk meg:

- A precíziós szántóföldi gazdálkodás magyarországi elterjedésének legfontosabb hátráltató tényezői a magas beruházási költség, a megfelelő termelői információ- és a szaktanácsadás hiánya.

- A precíziós szántóföldi gazdálkodás a fő növénykultúráknál (őszi búza, kukorica, őszi káposztarepce, napraforgó, őszi árpa) egyértelmű többlethozammal, költségelőnnyel és jövedelmezőségi előnnyel rendelkezik az általánosan jellemző (átlagos) műveléshez képest.
- A precíziós szántóföldi gazdálkodás egyértelműen kisebb környezetterhelést (fajlagos input-felhasználást) eredményez, mint a hagyományos művelés.
- A precíziós szántóföldi gazdálkodás általános használata nemzetgazdasági szinten is kisebb inputanyagimportot és magasabb hazai élől munka-lekötést eredményezne.

A tanulmány első fejezetében a helyspecifikus gazdálkodással és talajkímélő műveléssel összefüggésben felmerülő fogalmak tartalmát tisztázzuk. Az elméleti részben a szántóföldi növénytermesztés mellett külön kitérünk a precíziós technológia kertészetben és szőlészetben, illetve állattenyésztésben való alkalmazásának sajátosságaira. Idegen nyelvű és hazai szakirodalom alapján képet adunk a technológia nemzetközi és magyarországi elterjedtségéről. Ezt követően bemutatásra kerül, hogy a helyspecifikus gazdálkodásnak köszönhetően milyen előnyökre és hátrányokra, megtakarításokra és többletráfordításokra számíthatnak a gazdálkodók. Végül egy valószínűsíthető elterjedés alapján becslést készítünk az áttérés makroszintű hatásairól.

A szakirodalom részletes ismertetését követően áttérünk az általunk végzett vizsgálatok eredményeinek bemutatására. A 4. fejezetben a részletes módszertani lépések szerepelnek, az 5. fejezetben pedig a kérdőíves felmérés eredményeit ismertetjük a precíziós gazdálkodás és a talajkímélő művelés magyarországi elterjedtségére és alkalmazásuk sajátosságaira vonatkozóan. Majd a technológiáktól elméletileg várható előnyök bemutatása következik a KITE Zrt. adatai alapján, illetve – előbbieket mintegy szembeállítva a gyakorlattal – a mélyinterjún részt vett vállalkozások eredményeinek, tapasztalatainak ismertetése. A 7. fejezetben részletesen ismertetjük a kérdőíves felmérés tesztüzemi rendszerrel való összekapcsolása és kontrollcsoportos összehasonlítás révén elvégezhető vizsgálatok eredményeit, amelyeket azután ágazati szintre emelve becsléseket végeztünk a makroszintű hatásokat illetően. Végül az utolsó fejezetben a technológia terjedését akadályozó tényezőket gyűjtöttük össze, illetve javaslatokat fogalmaztunk meg azok elhárítására.

1. A precíziós és a talajkímélő gazdálkodás fogalma és tartalma

Az Európai Unió Közös Agrárpolitikája nagy hangsúlyt fektet arra, hogy a termelékenység növekedése a környezet minél kisebb károsítása mellett valósuljon meg, ezért ösztönözi a fenntarthatóságra törekvő, innovatív megoldások alkalmazását.

A fenntarthatóság szempontjából kiemelt jelentőségű a talajok állapota. Európában a földhasználat és egyes mezőgazdasági művelési gyakorlatok fokozott talajromláshoz – szerves anyag csökkenése, erózió, talaj tömörödése, savanyodás – és a talajok csökkenő funkcióképességéhez vezettek.

A fenntartható mezőgazdaság alternatíváit elemző EU-s tanulmány (Underwood *et al.*, 2013) a lehetőségek közül kiemeli a precíziós gazdálkodás, a talajkímélő (talajvédő) mezőgazdaság, a vegyes gazdálkodási rendszerek, a biogazdálkodás, valamint az agrárerdészet rendszerében rejlő lehetőségeket.

Munkánk során az első két rendszer hazai helyzetét vizsgáltuk, ezért az alábbiakban ezek jellemzőit foglaljuk össze.

1.1. Precíziós gazdálkodás meghatározása, jellemzői

A precíziós gazdálkodás vagy precíziós mezőgazdaság kifejezés (angolul *Precision Farming* vagy *Precision Agriculture*) alatt kezdetben csak a szántóföldi növénytermesztést értették, jelenleg azonban már a kertészeti alkalmazásokat (*Precision Horticulture*, *P. Viticulture*), valamint a precíziós állattenyésztést (*P. Livestock Farming*) is magában foglalja.

A precíziós gazdálkodás egyik fő jellemzője, hogy a gazdálkodás minden szakaszában – adatgyűjtés, adatfeldolgozás, döntéshozatal, beavatkozás – kiemelt szerepet kapnak az infokommunikációs technológiák, a pontos mérések, a szabályozás és a számítógépes vezérlés. Tamás (2002) megfogalmazásában a precíziós mezőgazdaság az információs társadalomnak a mezőgazdasági szakterületen való leképeződése.

Másik meghatározó jellemzője, hogy figyelembe veszi az adott termelési egységen belüli eltérő körülményeket és azok alapján határozza meg a kezelések jellemzőit. A kezelési egységek mérete a növénytermesztésben néhány hektártól akár egy-egy növényig változhat (Blackmore és Griepentrog, 2002), állattenyésztés esetén pedig egy épülettől egy állatig.

A precíziós állattenyésztés magában foglalja az állatok valós idejű monitorozását, az így összegyűjtött adatok feldolgozását és ez alapján a differenciált ellátást. Magyarországon leginkább a sertés- és baromfitartóknál terjedt el a számítógépes takarmánykiosztás, illetve tejtermelőknél fordul elő egyedi takarmányozás, amivel javítható a takarmányhasznosítás és magasabb növekedési ráta érhető el. A precíziós technikák azonban számos más területen is jól hasznosíthatók. Folyamatosan és automatikusan nyomon követhető a termelés és szaporodás, az állatjólét, valamint az állattartás környezetre gyakorolt hatása. Az állatok viselkedésének vizsgálatával korán felismerhetők a sérülések, megbetegedések, így csökkenthetők a költséges állatorvosi beavatkozások (Banhazi *et al.*, 2012; Berckmans, 2014).

Jelen tanulmány a szántóföldi növénytermesztésre fókuszál, az állattenyésztésben és más növénytermesztési ágazatokban alkalmazott módszerekre csak a teljesség kedvéért térünk ki.

A precíziós növénytermesztés olyan műszaki, informatikai és termesztéstechnológiai alkalmazások összessége, amelyek lehetővé teszik a táblán belül változó körülményeknek megfelelő művelést, ezáltal hatékonyabbá teszik a termelést, csökkentik az inputanyagok felhasználását, valamint a feleslegesen kijuttatott szerek csökkentésével segítik a környezetkímélő gazdálkodást (Györfy, 2000; Stombaugh *et al.*, 2001; EIP-AGRI, 2015).

A precíziós gazdálkodás a speciális gépek és az informatikai háttér miatt is nagy beruházásigényű, ugyanakkor nem szükséges minden elemét egyszerre bevezetni, lehetőség van a hagyományos gazdálkodás és a teljesen precíziós megoldásokra alapozott rendszer közötti fokozatos átállásra.

A leggyakrabban használt szinonimái egyes részfunkciókat emelnek ki, például

- helyspecifikus gazdálkodás (*site specific production*);
- termőhelyhez alkalmazkodó technológia (*site specific technology*);
- térben változó technológia (*spatial variable technology*);
- változtatható/differenciált kijuttatási technológia (*variable rate technology*).

A tanulmányban a helyspecifikus gazdálkodás kifejezést a precíziós gazdálkodás szinonimájaként használjuk.

A különböző szenzorok adatainak összekapcsolása és az automatizálás növekedése miatt újabb publikációkban megjelent az okos gazdálkodás (*smart farming*) fogalma is, amelyet néhányan már a precíziós mezőgazdaság szinonimájaként használnak (Romeo, 2016), mások inkább a következő lépésnek tartják (AIOTI, 2015).

A gazdasági célok mellett a precíziós gazdálkodás társadalmi célokat is szolgál, egyrészt a növekvő élelmiszer-minőség és -biztonság, másrészt a csökkenő környezetterhelés révén (EIP-AGRI, 2015; Takácsné György, 2011).

A technológia sikeres alkalmazásához azonban nem elég a technikai háttér biztosítása, szükséges a gazdálkodó és a technológiában érintett személyek szemléletváltása, szaktudása és legtöbb esetben a szaktanácsadói háttér igénybevétele.

A precíziós gazdálkodók számára készített szoftverek lehetővé teszik az elvégzett munkák dokumentálását is. Ezek segítségével a munkavégzés közben rögzített adatok automatikusan bekerülnek a táblatörzskönyvbe vagy gazdálkodási naplóba, könnyen integrálhatók egy vezetői információs rendszerbe.

1.2. A precíziós növénytermesztés technikai háttere

1.2.1. Helymeghatározás

A térbeli változatosságot figyelembe vevő művelésmódot csak akkor lehet megvalósítani, ha megfelelő helymeghatározó rendszer is rendelkezésre áll. A lézer, mikrohullám, illetve rádióhullámok alkalmazásával végzett kísérletek után a műholdas helymeghatározó rendszer (*Global Positioning System*, GPS) megjelenése volt kiemelt jelentőségű az 1990-es években (Stafford és Ambler, 1994).

A rendszer használatának elterjedését nagyban elősegítette, hogy Bill Clinton 2000-ben megszüntette a polgári felhasználású kód további zavarását, az úgynevezett *Selective Availability* technikát, így a valós idejű helymeghatározás pontossága 20 m körüli csökként (Tamás, 2002). A 2000-es évektől a globális navigációs műholdrendszerek (*Global Navigation Satellite System*, GNSS) és az ezekre épülő korrekciós szolgáltatások használata tette általánossá a műholdas helymeghatározást és a járművek navigációját (Ádám, 2007).

A GPS adott időközönként meghatározza az aktuális pozíciót és lehetővé teszi a terület térbeli változékonyságának rögzítését, ezáltal a mezőgazdasági táblákról a korábbiaknál sokkal részletesebb adatbázis állítható elő (Neményi *et al.*, 2003).

A helymeghatározás pontossága több tényezőtől függ: az eszköztől (jellevő), a vevő által „látott” műholdak számától, a mérési módszertől és az alkalmazott korrekciós eljárásoktól. A hétköznapi életben használt, néhány méter pontosságú navigációs GPS a helyspecifikus gazdálkodásban nagyon

korlátozottan használható. A pontossággal azonban nő a költség, ezért érdemes megfontolni, hogy milyen szintet szükséges alkalmazni (Milics és Tamás, 2007).

Betakarítás, műtrágyázás, növényvédelem esetén megfelelő lehet a deciméteres csatlakozási pontosság, ilyen megoldást nyújt az EGNOS (20–30 cm), az OmniStar (10–15 cm), a JD SF-1 (30 cm) és a JD SF-2 (10–15 cm) korrekció alkalmazása.

Több művelet, például vetés vagy kultivátorozás esetén azonban elengedhetetlen a néhány centiméteres pontosság, ami a valós idejű kinematikus (*Real Time Kinematic*, RTK) rendszerek alkalmazásával érhető el. Ilyen szolgáltatást (kb. 2 cm pontosság) nyújt a gazdálkodók számára Magyarországon a Földmérési és Távérzékelési Intézet GNSSnet.hu hálózata (FarmRTK), a Geotrade GNSS, az AXIÁL mAXI-NET, a KITE RTK, valamint az Agromatic RTK-mindenkiNET és AgroVRS rendszere.

Viszonylag szűk körzetben (10–15 km) hasonló pontosság érhető el saját RTK-bázisállomás használatával is, de a bázisállomástól távolodva a helymeghatározás pontossága csökken. Riczu *et al.* (2012) vizsgálatai azonban azt mutatták, hogy a hálózati RTK-korrekció teljesítménye még ennél kisebb távolságon belül is felülmúlta a saját bázisállomás jelét.

Lejtős terep esetén a helyes terepi pozíció meghatározásához szükség van dőléskompenzáció használatára is.

1.2.2. A jármű-navigáció segítése

A tervezett útvonal követéséhez és a sorok megfelelő csatlakoztatásához a sorvezető, kormányautomatika, illetve robotpilóta alkalmazása ad segítséget. Pontosságuk és felhasználási lehetőségeik elsősorban az előző részben ismertetett GPS-korrekcióktól függ. A navigációs rendszerek segítségével az egymás melletti sorok nagy pontossággal követhetők, minimális ráállási hibával. Így a munka során csökkenthető az átfedés, az elhasznált üzemanyag, a feleslegesen kijuttatott vetőmag, műtrágya vagy növényvédő szer. A nagy pontosságú (RTK) helymeghatározó rendszerrel felszerelt munkagépek évről évre néhány cm pontosan ugyanazt a nyomvonalat tudják végigjárni (Nagy, 2012). Megkönnyítik a munkát rossz látási körülmények, például köd, porfelhő vagy sötét esetén.

A sorvezető nem helyettesíti, csak megkönnyíti a vezető munkáját. A kijelzők méretükben és a soron tartás jelzésében is eltérők. Elterjedt a LED-sor használata, mely minden napszakban jól látható és egyszerűen ellenőrizhető – amíg a soron van a gép, addig a középső részen zöld fénnel világít, a sortól való eltérés esetén a LED-sor szélei felé piros színnel jelez. A sorvezetők több funkcióval is rendelkezhetnek, például egyenes és görbe vonal követése, megjelölt ponthoz navigálás, lefedési minta megjelenítése, a megművelt terület mérése, munkavégzési napló rögzítése, szakaszvezérlés.

Az automatikus kormányzás még több koncentrációs terhet vesz le a gépkezelő válláról, mert ez esetben a kormányautomatika tartja a megfelelő nyomvonalon a gépet például a kormányoszlopba épített elektromotorral. Több gépforgalmazónál a kormányautomatika már a megrendeléskor kérhető, de utólag is beépíthető.

Robotpilóta alkalmazása esetén a hidraulikus kormányrendszerbe épített vezérlőszeleppel történik a kormányzás irányítása. A nagy gyártók modern gépeiben ez a szelep alapkitelben megtalálható, régebbi, de már hidraulikus kormányrendszerrel rendelkező gépekbe utólag beépíthető. A robotpilóták előnye a kormányautomatikával szemben, hogy sokkal gyorsabban képesek reagálni a korrekciós jelekre, és ebből adódóan pontosabban tartják a kijelölt nyomvonalat (Farkas, 2015). Az ilyen berendezések alkalmazását leginkább a 2 cm pontosságú RTK navigációs rendszerhez ajánlják.

Vannak olyan robotpilóta-rendszerek, amelyek a traktorok mellett a munkagépeket is képesek irányítani. A passzív munkagépkormányzásnál a munkagépre szerelt GPS-ből érkező adatok alapján korrigálja az erőgép kormányzását a rendszer, szükség esetén az erőgépet eltéríti a saját nyomvonalá-

tól annak érdekében, hogy a munkagépet a megfelelő nyomon tartsa. Az aktív munkagépkormányzás egymástól függetlenül, aktívan kormányozza az erőgépet és a munkagépet, így mindkettő pontosan a kívánt nyomon halad.

A jármű-navigáció új lehetősége a távfelügyelet, amikor csak az első vezérgépen van vezető, a mögötte haladó gép(ek) haladását pedig távfelügyelettel ellenőrzi.

Kombájnok esetén alkalmazkodik a lézeres sorkövetőt is, ami képes megkülönböztetni a már levágott és a még lábon álló terményt, így hozza létre a pontos jelet a kormányzáshoz. Kultivátorozásnál terjed a szenzorvezérelt technológia, amikor a kultivátorra szerelt optikai szenzor végzi a növény-sorok azonosítását és követését.

A jármű-navigációt segítő eszközök mellett jelentősek az önjáró gépek fejlesztésére irányuló törekvések is.

1.2.3. Gépüzemeltetés

A precíziós gazdálkodásban a nagy értékű erő- és munkagépek megfelelő üzemeltetése is fontos feladat. A GPS-alapú flottakövetés segítségével ellenőrizhető a gépek útvonala, ami egyfajta vagyoni védelmet is jelent.

Az erőgépek CAN-bus (*Controller Area Network*) rendszeréről számos gépüzemeltetési adat gyűjthető, például gépterheltség, munkasebesség, motorterhelés és fordulatszám, kerékcuszás, üzemanyag-fogyasztás. Betakarítógépek esetén ezek kiegészülhetnek a cséplési hézag és a cséplési fordulatszám, permetezőknél a permetezési idő és nyomás adataival. Az adatokból napi, havi, szezonális vagy éves jelentések készíthetők, melyek hasznos információt szolgáltatnak a szervizeléshez, a gépüzemeltetés optimalizálásához és a hatékony munkaszervezéshez. Az adatok felhasználhatók a karbantartási ütemterv összeállításához, a gépek összehasonlításához, a gépek kihasználtsága és az állásidők vizsgálatához, valamint a munkafegyelem ellenőrzésére.

A telemetriás gépfelügyeleti rendszerek lehetővé teszik, hogy a gazdálkodó vagy a szaktanácsadó bármikor távolról is ellenőrizhesse a gépek üzemelési adatait telefonon, táblagépen vagy irodai számítógépen keresztül. A közel valós időben észlelt problémákról és a javasolt beállításokról a vezető a monitoron keresztül azonnal értesíthető. A távdiagnosztika segítségével már az irodából felmérhető, hogy mi okozza az esetleges meghibásodást, így a szervizes célirányosan, az adott problémára felkészülten érkezik a helyszínre, ezáltal csökkenthető a munkából kieső idő.

Ilyen funkciókat lát el a John Deere JDLink rendszere (KITE, 2015), az AGCO AgCommand™ rendszere (Massey Ferguson, 2014), valamint a CLAAS Telematics rendszere (Steinhauser, 2014).

1.2.4. Szenzorok, távérzékelés

A precíziós technológia fontos eleme a különböző szenzorokkal (érzékelőkkel) történő helyspecifikus adatgyűjtés. A szenzorok terén nagyon dinamikus a fejlődés, ezért az alábbiakban a teljesség igénye nélkül ismertetjük a gyakran alkalmazott technológiákat.

Az adatgyűjtési módszerek közt nagy szerepe van az elektromágneses sugárzás (EM) különböző tartományaiban végzett távérzékelésnek. Passzív távérzékelés esetén a szenzorok a Napból érkező, majd a felszínről visszaverődő energiát vagy a felszínnek által kisugárzott energiát érzékelik. Aktív távérzékelés esetén az érzékelők a maguk által kibocsátott és a vizsgált felszínről visszaverődő energiát fogják fel.

A szenzor elhelyezkedése szerint beszélhetünk földi (pl. munkagépre helyezett szenzor), valamint légi és műholdas távérzékelésről. A repülőről készített légi felvételek és a műholdfelvételek térbeli felbontása sokat javult az utóbbi években, de nem minden esetben megfelelő a precíziós gazdálko-

dás céljára, és nem biztos, hogy a szükséges időben rendelkezésre állnak. Az utóbbi években ezért előtérbe kerültek a pilóta nélküli légi járművek, hétköznapi nevükön drónok, vagy az angol név (*Unmanned Aerial Vehicle*) alapján UAV-ok (Zhang és Kovacs, 2012).

Minden felszínnek/tárgynak sajátos elnyelési és visszaverési spektruma van, amely az adott objektum fizikai és kémiai tulajdonságaitól, valamint geometriai viszonyaitól függ. A zöld növények klorofilltartalmuk miatt gyengén verik vissza a látható vörös sugarakat, ugyanakkor erősen visszaverik a közeli infravörös sugarakat. Ezt a tulajdonságot használják fel a különböző vegetációs indexek számításához, amelyek közül a legismertebb a normalizált differenciál vegetációs index ($NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$), ahol *NIR* a közeli infravörös és *R* a látható vörös tartományban mért visszaverődés). Az NDRE (normalizált differenciál vörös él index) az előbbihez hasonló vegetációs index, de a látható vörös tartomány helyett egy kicsit hosszabb hullámhosszat (vörös él tartomány) használ. A vegetációs indexek alapján vizsgálható a vegetáció típusa, a növényállomány állapota, fejlődése, esetleges károsodása, és hatékony eszköz a térbeli eltérések kimutatásában (Tamás, 2013; Nagy *et al.*, 2014). Felhasználható a nitrogén-, valamint a vízigény számítása során (Mogyorósi *et al.*, 2011; Montgomery *et al.*, 2015), a termésbecslésben (Ambrus *et al.*, 2015) és a gyomnövények detektálásában is (Reisinger, 2012).

A növények szöveti felépítése meghatározó a közeli infravörös tartományban megfigyelhető visszaverődésnél, így ez a tartomány alkalmas a növényfajok elkülönítésére. A középső infratartományban mért visszaverődés elsősorban a növények víztartalmával van összefüggésben, de befolyásolja a levelek lignin- és cellulóztartalma is.

A betegségek vagy kártevők által okozott sérülések hatására pár fokkal megemelkedik a növények hőmérséklete, ami infravörös kamerával vizsgálható (Milics *et al.*, 2006; Mesterházi, 2013; Tamás, 2013).

A növények/gyomok felismerése történhet a mesterséges látásra alapozva is (Milics és Neményi, 2007), amikor egy nagy felbontású kamera által készített képet dolgoz fel a fedélzeti számítógép. A drónokra szerelt nagy felbontású kamerák képeit a gyümölcsösök termésbecslésében lehet használni (Wulfsohn és Zamora Lagos, 2014).

Az aktív távérzékelési technikák gyorsan fejlődő ága a lézerszkennelés (*Light Detection and Ranging*, LIDAR), aminek adataiból háromdimenziós modell készíthető a vizsgált objektumról. A technológia a precíziós mezőgazdaságban a mikrodomborzat vizsgálatára (Riczu és Tamás, 2013), valamint a növényállomány felmérésére (pl. lombsűrűség) és termésbecslésre használható.

Ultrahangos szenzorokkal vizsgálható a talajok rögrakciója (Tamás, 2002), ültetvények esetén pedig a növényállomány sűrűsége, valamint a fák távolsága (Balsari *et al.*, 2009).

Az elektromos vezetőképesség (EC) alapján – nem szikes talajok esetén – következtetni lehet a talajok összetételére, tömörödöttségére és a szervesanyag-tartalomra (Tamás, 2002; Jóri *et al.*, 2007). A talajok összetételének vizsgálatára a látható, valamint az infravörös tartományokban végzett távérzékelés is alkalmazható (Jung *et al.*, 2015b).

A vezeték nélküli szenzorhálózatok alkalmazása leginkább a mikroklimatikus adatokat gyűjtő terepi meteorológiai állomások összekapcsolásánál jelenik meg, de felhasználható többek között a növények növekedésének monitorozásánál és az öntözés vezérlésében is (Anisi *et al.*, 2015).

1.2.5. Térinformatika

A térinformatika magában foglalja a térbeli adatok gyűjtését, kezelését, elemzését és megjelenítését. A helyspecifikus adatok kezelése, a különböző adatrétegek (pl. tápanyag-ellátottság és hozam) közötti összefüggések vizsgálata, a hozam- és profitérképek, valamint kijuttatási tervek készítése

térinformatikai módszerekkel történő adatkezelést és feldolgozást kíván (Szabó *et al.*, 2007). Tamás (2002) szerint információtechnológiai értelemben a precíziós mezőgazdaság alkalmazott térinformatikaként fogható fel. Ezzel összhangban Stombaugh *et al.* (2001) egy térinformatikai program beszerzését a precíziós növénytermesztés bevezetésének első és legfontosabb lépéseként említi.

Folyamatos adatrögzítés során (pl.: koordináták, hozammérés) néhány másodpercenként történik adatgyűjtés. A pontok összekötésével követhető a munkagép útvonala, de a terület jellemzésére vonatkozó adatokat általában egy szabályos rács alapján összegzik (Berry, 1999).

A pontszerűen felvételezett adatok (pl. talajmintavétel) esetén a jelenség térbeli folyamatosságának leírásához szükség van a mért adatok közti interpolációra is. Ezt leggyakrabban a távolságokkal fordított súlyozással (*Inverz Distance Weighting*, IDW) vagy a krigelés (*Kriging*) eljárással végzik, a módszer választása függ a vizsgált adatok változékonyságától (Szabó *et al.*, 2007). A mai térinformatikai programok általában mindkét módszert beépített modulként tartalmazzák, de az eredmények értékeléséhez szaktudás kell.

Az adatrétegek közti elemzés és ezek alapján a beavatkozási tervek elkészítése térbeli statisztikai és modellezési feladatokat igényel. Egyre több olyan program jelenik meg a piacon, amellyel a gazdálkodó maga is megtervezheti a talajvizsgálati útvonalat, elkészítheti az elemzést és a kijuttatási térképet, kiértékelheti a hozamtérképet, azonban a gazdálkodók – szaktudás hiányában – sokszor inkább szolgáltatásként veszik igénybe a térinformatikai elemzéseket.

1.2.6. A változékonyság kezelése

A hagyományos gazdálkodás a mezőgazdasági táblát egy egységként veszi figyelembe és azon homogén kezeléseket valósít meg, így nem minden terület kap optimális kezelést, például tápanyagutánpótlás esetén lesznek túl-, illetve alultrágyázott területek. A precíziós gazdálkodás célja a táblán belüli heterogenitások feltérképezése és az ennek megfelelő agrotechnikai beavatkozások elvégzése. A módszer azokon a területeken hatékony, ahol a táblán belüli eltérések jelentősek.

A tervezett kezelés(ek) szempontjából homogén területet menedzsment- (művelési) zónának nevezik. A menedzsmentzónák száma és elhelyezkedése a különböző agrotechnikai folyamatok, valamint az évek során jellemzően eltér, lehatárolásukra pedig többféle módszer alkalmazható. A hozamtérkép általában jó indikátor a talajtulajdonságokkal és tápanyag-ellátottsággal kapcsolatban, használhatók hagyományos légi felvételek, multispektrális felvételek, a tervezett kezelésnek megfelelő terepi (pl. gyom-) felvételezések, valamint a gazdálkodók tapasztalatai (Zhang *et al.*, 2010). Sok esetben – például belvizesedésre hajlamos vagy erózióknak kitett tábláknál – fontos a domborzat figyelembevétele is.

A változékonyság másik megközelítése a terület kicsi rácscellákra való felosztása, ami a vizsgált tulajdonság folyamatos változását tükrözi, és a kezelés is cellánként eltérő lehet (Berry, 1999).

A kezelési egységek mérete (a „precizitás”) a vizsgált adatok változékonyságától, az adatfelvételezés pontosságától és a munkagép jellemzőitől (művelési szélesség, szabályozható egységek) függ.

A differenciált kijuttatási technológia (*Variable Rate Technology*, VRT) során menet közben lehet módosítani a kijuttatott anyagok mennyiségét (dózisát) és/vagy összetételét. Egyaránt használható műtrágya, növényvédő szer, öntözővíz, illetve vetőmag kijuttatása esetén. Egyszerűbb esetben a traktoros a sorvezető monitorán látja, hogy mikor kell nyitni vagy zárni az adott szakaszt, de általánosabb, hogy a fedélzeti számítógép automatikusan végzi a kijuttatás vezérlését. Ilyenkor a GPS-egység segítségével a számítógép folyamatosan elemzi és meghatározza a munkagép helyzetét a táblán belül, és a kijuttatási terv alapján módosítja az adott táblarészre megadott dózist.

Az utóbbi évek új kihívása a több applikációs térkép egyidejű kezelése, például változó tőszámú vetés mellett a starter műtrágya kijuttatása egy menetben.

1.2.7. Vezérlési technikák

Minden precíziós agrotechnika magában foglalja az adatgyűjtés, a feldolgozás és a helyspecifikus terepi beavatkozás folyamatát. Aszerint, hogy ezek a folyamatok időben és eszközrendszerükben együtt vagy elkülönülten valósulnak meg, két típus különböztethető meg (Zhang *et al.*, 2002; Kuroli *et al.*, 2007; Reisinger, 2012):

- Offline (adatbázison alapuló, térképalapú) precíziós gazdálkodás esetén az adatgyűjtés, az adatok feldolgozása és a beavatkozás elvégzése elkülönülten történik. Ilyen például a talajmintavételezés alapján kidolgozott tápanyag-utánpótlási terv készítése, a kijuttatási terv betáplálása a fedélzeti számítógépbe, majd az alapján a helyspecifikus trágyázás megvalósítása. Ez esetben az adatok feldolgozására, esetleges korrekciók elvégzésére több idő áll rendelkezésre.
- Online (valós idejű, szenzor alapú, menet közbeni) módszer alkalmazása esetén az adatgyűjtés, a feldolgozás és a beavatkozás szinte egyszerre történik. Ilyenkor a munkagépre szerelt szenzor adata alapján a fedélzeti (vagy a szenzorba épített) számítógép azonnal kiértékeli az adatokat és megtörténik a beavatkozás. Példaként említhető a növény szenzorok alkalmazásával végzett N-trágyázás vagy gyomirtás. A valós idejű megoldás miatt az adatfeldolgozás technikailag nehezebb és a beavatkozás több időt igényel, mint az offline tervek végrehajtása, így a gépek területteljesítménye kisebb.

Minden művelet során a rendszer rögzíti a kijuttatott anyagok mennyiségét is, így a tervezett és a kijuttatott mennyiség a későbbiekben összehasonlítható, ellenőrizhető.

Az ISOBUS-protokoll elterjedése jelentősen segítette a precíziós gazdálkodást, mert lehetővé teszi a különböző szenzorok, az adatfeldolgozó és vezérlőegységek közötti szabványos adatcserét. Lehetővé teszi, hogy egyetlen univerzális terminállal megoldható legyen bármelyik gyártó ISOBUS-t támogató eszközének ellenőrzése és vezérlése. A felhasználó egy gombnyomással kiválaszthatja, hogy a terminálon a munkagép vagy valamelyik eszköz (vetőgép, permetező, műtrágyaszóró) kezelőfelületét szeretné látni.

Az ISOBUS-hálózat alkalmazásával nemcsak adatok, hanem vezérlőjelek is érkezhetnek a munkagépről a traktor számára.

1.3. Szántóföldi növénytermesztésben alkalmazott technológiák

1.3.1. Talajtéreképezés

Talajmintavétel esetén az előző évi hozamtérkép, az elektromos vezetőképesség (EC) és a közeli infravörös tartomány (vegetációs indexek) alapján végzett felvételezést tartják a leghatékonyabbnak a mintavételi zónák kijelöléséhez (Mesterházi, 2013). Szabó és Milics (2016) kiemeli, hogy a zónák lehatárolása ne egy év felvétele alapján történjen, mert az félrevezető lehet. Számba kell venni a különböző évjáratokat és a domborzatot is. Ezekben belül 1–5 ha nagyságú mintavételi egységeket jelölnek ki. A mintavételi terv alapján elkészíthető a munkagép útvonalterve is, majd a mintavétel során az adott helyek koordinátáit is rögzítik, így a laboratóriumi vizsgálatok után elkészíthetők a területre jellemző talajtéreképek.

A pH, az EC és a szervesanyag-tartalom online módszerrel, mintavétel nélkül is vizsgálható például a Veris szenzorokkal (Veris, 2012).

Pecze (2015) szerint a talajmintavétel és talajvizsgálat költsége egy évre, egy hektárra vetítve körülbelül 10 kg kukorica árának felel meg, ami elhanyagolható a benne rejlő előnyökhöz képest.

1.3.2. Erózió és belvíz elleni védelem

Betakarításkor vagy más szántóföldi munkaművelet során a GPS segítségével lehetőség van a terület magassági adatainak rögzítésére is, és ezáltal a domborzatmodell létrehozására.

Dombos területeken az egyik legnagyobb probléma a talajerózió. Ez sok esetben talajkímélő művelési módszerekkel (mulcshagyó művelés, sávművelés) és talajtakaró növények alkalmazásával elkerülhető, más esetekben szükség van a rétegvonalas művelésre. Ilyenkor a műveletek iránya mindig merőleges a lejtés irányára – csökkentve ezzel a lefolyó víz sebességét –, ezáltal mérsékelve az eróziót. Önmagában a rétegvonalas művelés 2-10 százalékos lejtésű területeken hatékony. Ennél meredekebb domborzati viszonyoknál, illetve barázdás és árkos erózió megjelenésekor célszerűbb az átjárható füvesített rétegvonalsávok vagy vízelvezetők kialakítása. A rétegvonalas művelés megvalósításához szükséges kontúrvonalak a terület domborzatmodellje alapján jelölhetők ki, a későbbi műveletek során pedig a műholdas navigációval egyszerűen követhetők (KITE, 2016a).

Az ország jelentős részén probléma a belvizes foltok kialakulása is. A terület domborzatmodellje alapján meghatározható az ideális lefolyást biztosító árok nyomvonala vagy nagyobb belvizes területeken az árokhalózati, annak mélysége és lejtése. A GPS-antennával felszerelt erőgép és ároknyitógép egy szintezésvezérlő program alapján ezt pontosan el tudja készíteni. A technológiát elsőként a KITE és a John Deere mutatta be Magyarországon (Demes, 2015).

1.3.3. Tápanyag-visszapótlás

Foszfor és kálium esetén a talajvizsgálati adatok alapján történhet a szükséges mennyiség meghatározása. Zhang *et al.* (2002) szerint a differenciált kijuttatási technika kapcsán a legtöbb fejlesztés a nitrogén kijuttatásával kapcsolatos, ezen a területen az utóbbi években elterjedtek az online rendszerek is (OptRx, Crop Sensor, Yara N-sensor, Trimble Green sensor). Ezek a korábban ismertetett vegetációs indexeket kapcsolják össze a növény nitrogénigényével (búza, árpa, burgonya, repce esetén létezik modell), de a használat előtt egy rövid kalibrációt kell elvégezni. A saját fényforrással is rendelkező rendszerek (pl. Yara ASL) lehetővé teszik, hogy akár sötétedés után is lehessen dolgozni.

Szilárd műtrágya esetén a repítőtárcsás műtrágyaszórók alkalmazhatók, folyékony műtrágyák esetén önjáró vagy vontatott permetezőgépek.

Környezetvédelmi szempontból a mezőgazdasági tevékenység egyik legvitatottabb pontja a műtrágya-felhasználás, ezen belül is az N-műtrágyák alkalmazása. A precíziós műtrágyázásról is megoszlanak a vélemények, vannak, akik a csökkenő mennyiségű felhasználást (Csathó *et al.*, 2007), mások inkább a termésmennyiség 15-20 százalékos növekedését szokták kiemelni (Benedek, 2011). Csathó *et al.* (2007) többéves kísérlet alapján azt is megállapította, hogy a helyspecifikus műtrágyázással a növényzet képes a szélsőséges időjárási viszonyokat kompenzálni, így az eltérő klímaviszonyok miatti hozamkülönbségek csökkennek.

1.3.4. Vetés

A talaj tömörödöttségét érzékelő szenzorok alapján folyamatosan változtatható a vetési mélység, elsősorban függesztett munkagépek esetén (Tamás, 2002).

A precíziós vetés lehetőséget ad a felülvetés megakadályozására is. A fedélzeti számítógép tárolja a már bevetett sorokat, így a későbbiekben, ha egy szabálytalan alakú tábla esetén a vetőgép már bevetett területre ér, akkor a sorlezáró kuplung segítségével letiltja a vetőelemeket.

Másik cél lehet a változó tőszámú vetés. Ilyenkor a gyengébb területeken kisebb, míg a jobb termőképességű területeken nagyobb tőszámmal lehet vetni. A szakaszvezérlés segítségével az is megoldható, hogy a nagyon rossz adottságú területekre (belvizes, szikes foltok) feleslegesen ne szórjanak ki magot.

A precíziós vetési módszerek csökkentik a feleslegesen kivetett vetőmag mennyiségét, de a megtakarítás mértékéről eltérőek a vélemények. Sulyok (2016, szóbeli közlés) szerint 2-5 százalékos, Karpjuk (2016) szerint 3-7 százalékos, míg Tamás (2002) alapján akár 5-15 százalékos vetőmag-megtakarítás is elérhető.

1.3.5. Növényvédelem

A kártevők, betegségek és gyomok ritkán fordulnak elő egyenletesen egy táblán belül. Ahol a kártevők nem vagy csak a kártételi küszöb alatti mennyiségben fordulnak elő, ott elmaradhat a védekezés, ami jelentős költségmegtakarítást jelenthet és csökkenti a környezet peszticidterhelését (Kuroli *et al.*, 2007; Takács-György és Takács, 2011). Egy felső korlát is meghatározható, ami felett a teljes felszín kezelése célravezető, a két kártételi határ közt indokolt a precíziós növényvédelem (Takács-György és Takács, 2011).

Az adatfelvételezés készülhet terepi felméréssel (pl. élő gyomfoltok lehatárolása) vagy távérzékeléssel.

A talajherbicidek hatóanyagai az eltérő szervesanyag-tartalmú talajokon eltérő módon kötődnek meg, ezért a gyomirtó szer mennyiségének meghatározásához a precíziós talajmintavétel adatainak felhasználása is fontos (Pecze, 2009).

A modern permetezőgépek szórókeretei akár szórófejenként is szakaszolhatók. Offline módszer esetén két törzsoldat alkalmazásával beprogramozható, hogy hol kell csak egyszikű, csak kétszikű, illetve mindkét típusú gyom ellen védekezni, és hol maradhat el a permetezés.

A szórófejekhez szerelt online szenzorok (*Weed seeker*) jól alkalmazhatók a preemergens gyomirtásban, amikor a terepen érzékelt minden növény gyomnak tekinthető, de a szórófejet egy elsodródást gátló burkolattal körbevéve eredményesen alkalmazták a módszert a kukorica sorközi gyomirtásában is (Reisinger, 2012). Az online módszer esetén nem ismert előre a permetlé szükséges mennyisége, ezért olyan injektoros rendszert célszerű alkalmazni, ami a vegyszerből és a szállított tiszta vízből a helyszínen állítja elő a megfelelő koncentrációjú oldatot.

Precíziós gyomszabályozással a szakirodalmi adatok többsége szerint 30-50 százalékos herbicidmegtakarítás érhető el, Reisinger *et al.* (2012) azonban búza gyomirtásában 60-70 százalékos megtakarítást is elértek.

A nagy pontosságú RTK-korrekció alkalmazásával, nagyobb térállású kultúrákban (kukorica, napraforgó) lehetőség van a sorközökben mechanikai gyomirtásra kultivátorral vagy speciális kapálógéppel. A sorvezérelt (szenzorvezérelt) kultivátorozásnál a kultivátorra szerelt optikai szenzor végzi a növénytörzsek azonosítását és követését (pl. Garford sorközművelő kultivátor). A rendszer robotpilóta nélkül is használható, de azzal együtt különösen hatékony, használatával 5-10 cm sormegközelítés érhető el, és növelhető a traktor sebessége. A mechanikai és a vegyszeres gyomirtás kombinálható a kultivátorra szerelt permetezőfejekkel.

A mechanikus gyomirtás ma már bakhátas kultúrák esetében is alkalmazható. Ilyenkor a sorközök gyomtalanításán túl megtörténik a barázdaoldalak gyommentesítése és helyreállítása is (Borsiczky és Reisinger, 2013).

1.3.6. Öntözés

A vízigény meghatározása történhet a talaj vízkapacitásának vizsgálata alapján (Hedley, 2010) vagy a növények állapotának távérzékeléses vizsgálatával, valamint több tényező – domborzat, növényi borítottság, növényi vitalitás, talaj-vízpotenciál, napsugárzás – együttes figyelembevételével (Hajdú, 2015).

A változtatható intenzitású öntözés egyik lehetősége a szórófejek vezérlése, másik lehetőség az öntözőgép sebességének változtatása. Mindkettő megvalósítható a körforgó vagy lineár rendszer esetén is. Az önjáró berendezések nyomvonala DGPS vagy RTK navigációs rendszerekkel, víz-adagja számítógépes programmal módosítható. Körforgó öntözőberendezéseknél akár 0,1 fokként is képezhetők szektorok, a legkisebb lehatárolható öntözési zóna pedig pár négyzetméter is lehet (KITE, 2016b). A technológia alkalmazásával megvalósítható az öntözőberendezés által bejárt területen lévő különféle, illetve eltérő állapotú növények differenciált vízmennyiséggel történő öntözése vagy a változó domborzati és talajadottságokhoz igazodó vízmennyiség kijuttatása. Hedley (2010) alapján a precíziós öntözéssel 9-26 százalékkal csökkenthető a felhasznált víz mennyisége.

Több cég kínál egy vagy több öntözőberendezés távfelügyeletét és távműködtetését ellátó rendszereket is (Hajdú, 2015).

Magas beruházási költsége miatt szántóföldön kevésbé elterjedt megoldás a mikroöntözés, ami pontosan szabályozható víz- és tápoldat-kijuttatást tesz lehetővé.

1.3.7. Hozamtérképezés

A vegetációs indexek szoros pozitív összefüggést mutatnak a biomassa és a termés mennyiségével, ezért jól alkalmazhatók a termés becslésére, a táblán belüli heterogenitások vizsgálatára. A betakarítás során végzett mérés azonban pontosabb adatokat szolgáltat.

A mai korszerű betakarítógépeken általában alapfelszerelésként megtalálhatók a hozam- és szemnedvességmérő szenzorok. Szériafelszereltségként vagy opcióként – akár utólag is – egy GPS-vevő hozzáadásával ezek a betakarítógépek alkalmassá tehetők a hozam térképezésére. Az adatok gyűjtését kalibrációnak kell megelőznie, mert a szenzorokat össze kell hangolni az adott betakarítógéppel (Milics *et al.*, 2014).

A hozamtérképező rendszerek néhány másodpercenként rögzítik és földrajzi koordinátákhoz rendelik a learatott termés mennyiségét és nedvességtartalmát. Hektáronként kb. 500-600 pont kerül rögzítésre (Mesterházi, 2013). Az eredmények értékelésekor problémát jelenthet, ha a vágószélesség nincs jól beállítva, ha nem a teljes vágószélesség van beállítva vagy nem megfelelő a kapcsolási magasság beállítása (fordulóknál hibás értékek lesznek), ezért ezen adatok további felhasználása előtt adatszűrésre lehet szükség. A hozamadatokat térképezésével feltárható a táblán belüli változékonyság, ez alapján pontosabbá tehető a következő évi tápanyag-utánpótlás tervezése is. Ha a hozamtérkép nem mutat nagy eltéréseket, akkor elképzelhető, hogy a gazdálkodónak nem érdemes befektetnie a differenciált tápanyag-kijuttatásba, csak a precíziós technológia egyéb elemeinek használatába.

A hozamtérképekből – megfelelő szoftverek segítségével – jövedelmezőségi térképek is előállíthatók, melyekkel a terület jövedelemtermelő képessége a tábla részleteire vonatkozóan vizsgálható. Hosszabb idősor vizsgálata esetén megerősíthetik a döntéshozókat a munkájukban (Smuk *et al.*, 2010).

1.4. Precíziós kertészet és szőlészet

1.4.1. Szántóföldi zöldségtermesztés

Szántóföldi zöldségtermesztés során többnyire a korábban ismertett precíziós technológiák használhatók, eltérés elsősorban az öntözés és a hozamtérképezés módszereiben van.

A változtatható intenzitású öntözést lehetővé tevő lineár rendszerek mellett a zöldségtermesztésben nagyobb jelentősége van a csepegtető és mikroszórófejes öntözésnek, elsősorban a lős- és homokhátságokon. Paprika, paradicsom, uborka esetén inkább a csepegtető, káposztafélék és gyökérzöldségek esetén a szórófejes öntözés az elterjedtebb (Noel, 2003; Haszon Agrár Magazin, 2013).

Gépesített betakarításnál a betakarítógép kiegészíthető GPS-szel és a termés mennyiségét mérő szenzorral, kézi betakarításnál a terület cellákra osztása és az erre jutó termésmennyiség rögzítése lehet a hozamtérképezés alapja (Zude-Sasse *et al.*, 2016). Az automatizált betakarításra paradicsom, uborka, sárgadinnye esetén már vannak robotok, és ezek további terjedése várható (Zhang *et al.*, 2002). Blackmore (2016b) szerint jelenleg a kézzel betakarított zöldségek 20-60 százaléka minőségi problémák miatt nem adható el a szupermarketeknek, a jövőben ez akár 100 százalékban megfelelő minőségűvé változtatható a szelektív betakarításra képes robotokkal. A növények pontos helye, mérete, várható növekedése alapján sokkal pontosabban tervezhető a többmenetes betakarítás.

1.4.2. Szőlő- és gyümölcsültetvények

Ültetvények esetén a precíziós technológia egy-egy fára vagy fák kisebb csoportjára vonatkozik. A térbeli eltérések kezelése mellett nagy jelentősége van az időbeli változásoknak megfelelő kezelések alkalmazásának is.

A GPS-es helymeghatározás segíti a fák helyének kijelölését a telepítéskor. Később, fejlett lombosított ültetvényekben a GPS használata korlátozott. Az antennát nem lehet közvetlenül a munkagépre helyezni, hanem egy rúd segítségével olyan magasra kell emelni, hogy a fák ne akadályozzák a jelek vételét, ez azonban jégvédő háló használata esetén nem mindig megoldható. A szántóföldi növénytermesztésnél sokkal ritkább sor- és tőtávolság miatt nincs szükség az RTK-pontosság használatára, a deciméter vagy sok esetben az egy méter alatti pontosság is megfelelő.

A fák egyedi azonosítására vonalkód, QR-kód (kétdimenziós vonalkód) vagy RFID (rádiófrekvenciás azonosítás) is használható (Qian *et al.*, 2015; Zude-Sasse *et al.*, 2016). A QR-kód alkalmazása előnyösebb, mert okostelefonnal is leolvasható, míg az RFID használatához költségesebb leolvasó szükséges.

A talajadottságok feltérképezése a szántóföldekhez hasonlóan az elektromos vezetőképesség (EC) vagy mintavétel alapján történhet.

A növények állapota a vegetációs indexekkel (leggyakrabban NDVI), a lomb sűrűsége és mérete ultrahangos vagy Lidar-felméréssel jellemezhető. Ezek alapján tervezhető a tápanyag-utánpótlás vagy a növekedés- és termésszabályozás (Riczu *et al.*, 2013). Szántóföldi növénytermesztéshez hasonlóan nitrogéntrágyázás esetén online módszer is használható. Ilyenkor a különböző magasságokban elhelyezett szenzorok segítségével biztosítható a fák méretének megfelelően differenciált hatóanyag kijuttatása (Schumann, 2010).

A precíziós növényvédelem terén több jelentős fejlesztés történt, amelyeknél különböző szenzorok kombinálásával érhető el a specifikus beavatkozás. Távérzékelés segítségével vizsgálható a levelek károsodása, kimutathatók a megbetegedések, például az almafa varasodás és a lisztharmat (Nagy *et al.*, 2014) vagy a szőlő levélsodródása (Lee *et al.*, 2010). Ultrahangos szenzorral megállapítható a lomboszat volumene, így a különböző magasságban elhelyezkedő szórófejek ennek megfelelően vezérelhetők, illetve a fahiányok felismerésével elkerülhető a felesleges permetezés (Balsari *et al.*, 2009). A szél irányának és erősségének figyelembevételével a cseppmérték és a légáram is szabályozható, hogy minél kisebb legyen az elsodródás (Doruchowski *et al.*, 2011).

Ültetvényekben nagy jelentősége van a vezeték nélküli szenzorhálózatoknak (WSN), amelyekkel a környezeti adatok monitorozhatók. A mikroklimatikus viszonyokat jellemző meteorológiai állomások előrejelző programokkal együtt elsősorban a gombás megbetegedések, míg a kamerával felszerelt „távcsapdák” a kártevők elleni védekezésben hatékony eszközök.

A nagy értékű kertészeti termékek esetén az öntözés kritikus jelentőségű, de a jó minőségű termés elérése mellett a víztakarékos megoldások használata a cél. Az ültetvények mikroöntözése megvalósítható mini esőztető vagy csepegtető fejekkel, amelyeket a növények vízigénye alapján lehet

vezérelni. A vízigény meghatározása történhet terepi szenzorhálózat vagy távérzékelés – termál infra vagy multispektrális felvétel – alapján számított vízhiányindexekkel.

Ültetvényekben nehezebb a hozamtérképezés, mint a szántóföldön, gyakran nem is egy menetben történik a betakarítás. Gépi szőlőbetakarításhoz többféle szenzor is kapható, amelyek lehetővé teszik az automatikus hozamtérképezést (Matese és Di Gennaro, 2015). Kézi betakarítás esetén lehetséges megoldás a megtelt szedőládák tömegének és helyének rögzítése, majd adott területre (fákra) való vonatkoztatása vagy a fánként leszedett termés mérése.

Másik lehetőség a távérzékeléses termésbecslés még a betakarítás előtt. A felmérés történhet a sorközben haladó járműre vagy drónra szerelt kamerával vagy Lidar-érzékelővel (Riczu *et al.*, 2016), esetleg műholdas felvétel alapján. Sokáig a multi- vagy hiperspektrális felvételekből számított vegetációs indexeket használták a termésbecslésre, jelenleg terjednek a mesterséges látáson alapuló módszerek (Lee *et al.*, 2010). Ilyenkor a felvételeken el kell különíteni a termést és a lombot, majd statisztikai alapon becsülhető a termés mennyisége. Automatikus képfeldolgozáson alapuló módszerrel 10 százaléknál kisebb eltéréssel tudták meghatározni a Tramini és Rajnai rizling termés mennyiségét (Nuske *et al.*, 2011), míg Red Delicious és Granny Smith almafajtáknál sztereofelvételek alapján mindössze néhány százalékos volt az eltérés (Wang *et al.*, 2012).

A multi- és hiperspektrális felvételek, a spektroszkópia, valamint fluoreszcenciamérés segítségével számos minőségi jellemző (pl.: szárazanyag-, karotinoid-, antocianid-, polifenol-, cukor- és savtartalom) laboratóriumi vizsgálat nélkül is meghatározható (Matese és Di Gennaro, 2015; Szuvandzsiev *et al.*, 2014; Jung *et al.*, 2015a; Zude-Sasse *et al.*, 2016). A módszer alapul szolgálhat a válogató eljárásokhoz, illetve az ültetvényben helyspecifikusan felmért adatokból termésminőségi térképek készíthetők. Ennek kiemelt jelentősége van a szőlőtermesztésben.

1.4.3. Üvegházak

Üvegházak esetében nem a klasszikus értelemben vett helyspecifikus, termőhelyhez igazodó termesztésről van szó, inkább az adott növény számára ideális feltételek biztosításáról. A hőmérséklet, páratartalom, fény, tápoldat és öntözővíz szabályozásában régóta fontos szerepe van az üvegházak automatizálásának, ezt támogatják az egyre szélesebb körben elérhető és használt szenzorok, illetve szenzorhálózatok.

A műholdas helymeghatározás helyett egyéb azonosítási módszereket (pl. RFID) kell alkalmazni, ahogy a növények állapotát vizsgáló távérzékelés is csak földi szenzorokkal valósítható meg. Ezek használatával végezhető el a differenciált kijuttatás akár az öntözés, a tápoldatozás vagy a növényvédelem terén.

1.5. Precíziós állattenyésztés

A precíziós technológiák az állattartásban kevésbé ismertek hazánkban. Ugyanakkor folynak vizsgálatok a különböző precíziós állattartási technológiák gyakorlati alkalmazhatóságával kapcsolatban, és vannak szolgáltató cégek, amelyek kínálatában már szerepelnek professzionális telepírányító rendszerek. A teljesség igénye nélkül ismertetjük a fontosabb alkalmazási területeket.

1.5.1. Technikai háttér

Az 1980-as évek közepétől az elektronizálás és a mikroelektronika alkalmazása révén felgyorsult az állattartás technikai fejlődése. Az állattartó telepeken megkezdődött a számítástechnikai eszközök felhasználása, majd a 90-es évektől a robotok felhasználása (Tóth, 1998), melyek a precíziós állattenyésztés első lépéseinek tekinthetők.

A precíziós technológia alapvető feltétele az állatok megfelelő azonosítási rendszere. Erre a célra jól alkalmazhatók a rádiófrekvenciás azonosítók (RFID-egységek), más néven transzpnderek, melyek aktív és passzív kivitelben készülnek. A gyakorlatban a passzív válaszadók az elterjedtebbek (Béri, 2011; Tóth, 2013). A szarvasmarhánál főként a nyakszíjukra erősített nagyméretű transzpnderek a használatosak, de borjaknál, sertéseknél, juhoknál előnyösebben alkalmazhatók a chipméretű kivitelek, melyek között létezik fülkrotáliába szerelt, testbe, illetve bőr alá injektálható (implantálható), valamint lenyelethető változat (*bolus tag* szarvasmarhák és juhok azonosítására) is. Baromfifajoknál Tóth (2011) vizsgálta az RFID-rendszer szárnyjelzőként való alkalmazhatóságát. Ezek a berendezések lehetővé teszik a viszonylag nagy olvasási távolságot és a gyorsabb adatátvitelt. Segítségükkel több technológiai folyamat automatizálható és számos információ gyűjthető. Az adatgyűjtővel ellátott állatazonosító rendszerek a hatékonyság növelésén túl az állatok környezetének javítását, a termékek minőségének növelését is szolgálják.

A rádiófrekvenciás azonosítók mellett léteznek olyan azonosítók is, amelyek leolvasása infravörös sugárzással, optikai úton történik (Tóth *et al.*, 2009).

A precíziós technológia szenzorokra épül, amelyek a termelést befolyásoló tényezőket mérik, adatokat gyűjtenek. E technológiai egységek és a telep vezérlő számítógépe között online kapcsolat van, a mért adatok bekerülnek a rendszer adatbázisába. A modern technológia révén a gazdák különböző paramétereket mérve megfelelően szabályozhatják például a szellőztetést, a takarmányellátást, a fűtést, illetve a hűtést, de a mai napig kevés olyan eszköz van használatban, amelynek középpontjában maga az állat áll. A technológiai fejlődés eredményeképpen már rendelkezésre állnak pontos, hatékony és megfizethető eszközök, mint például kamerák, mikrofonok, érzékelők, vezeték nélküli kommunikációs eszközök, internetkapcsolat, felhőalapú adattárolás. Ezek az eszközök képesek az egyes állatok egyedi ellenőrzésére, mintegy „helyettesítik a gazda szemét és fülét”, aki nem lehet folyamatosan az állatokkal. A technológia ugyanakkor „csak” támogatást nyújt a megfelelő döntések meghozatalához és az idejében történő beavatkozáshoz, tehát a gazda szakértelme továbbra is kulcsfontosságú (Berckmans, 2014; Tullo *et al.*, 2013).

A precíziós állattartás a telepített szenzorok által folyamatosan (különböző időbeli felbontásban, naponként, óránként stb.) gyűjtött adatokat modellek, algoritmusok segítségével feldolgozza, elemzi és a menedzsment számára értelmezhető formába alakítja át, amit a gazdálkodó internetes felületen érhet el, számítógépen vagy okostelefonon keresztül. A technológiai szolgáltatók szolgáltatásuk részeként egyre gyakrabban biztosítanak valamilyen figyelmeztetési alkalmazást (e-mail, SMS) is, amennyiben a megfigyelt paraméterek valamelyike elér egy kritikus értéket (Könyves *et al.*, 2015). A gazda ennek ismeretében tudja ellenőrizni a körülményeket, és szükség esetén közbelép, így a hibák még időben elháríthatók.

1.5.2. Tejelő szarvasmarha

A fejés több műveletének automatizálása már az 1980-as évektől megoldott, az állatok számítógépes elektronikus azonosítása azonban további lehetőségeket teremt (Tóth, 2013). Minden egyes tehén nyomon követhető, automatikusan elkülöníthető kezelésre, egyedileg vagy csoportonként etethető és kijelölhető speciális tenyésztési programokhoz. Ha a tehénazonosítással működő telepírányító rendszerhez aktivitásmérő és egyedi tejmérő van csatlakoztatva, akkor automatikusan felismerhetők az ivarzási jelek és az egészségi problémák.

Minden fejéskor automatikusan rögzítésre kerülhetnek a termelés alapvető adatai, mint például az adott időszakban várt és ténylegesen fejt tejmenyiség, a tej hőmérséklete, vezetőképessége, összetétele, a szomatikus sejtszám (ami utalhat tőgygyulladásra), a fejés időpontja és időtartama, a fejés intenzitása stb. A rendszer automatikusan kiértékeli az adatokat, jelzi, ha valamelyik tehén termelési

jellemzője eltér a várt értéktől, s a fejés után elkülönítő helyre irányítja. A telep vezetőjét figyelmezteti a tennivalókra, és azt is megmutatja, ha azokat nem végezték el.

A fejőrobotok a fejés teljes automatizálását biztosítják, a korábban problémát jelentő kelyhek felhelyezését is. Ennél a műveletnél a bimbók érzékelésének leggyakoribb módja a robotkar végén lévő lézertárolóból kibocsátott pásztázó lézersugár. A bimbók felületéről visszaverődő lézersugarakat a jelfogók érzékelik, s a visszaverődés időtartamából pontosan meghatározható a robotkar és a bimbók távolsága, térbeli elhelyezkedésük, s ez alapján adja az utasítást a vezérlő PC (Tóth, 2013). Megválasztható az optimális fejési időpont, szabályozható a fejések száma és az egyes fejések között eltelt idő. A fejés nyugodt, stresszmentes környezetben történik. Hatékony módszer és minimális munkaerőt igényel, viszont a berendezések szervizeléséhez nagy szaktudás szükséges, és az egyállásos, úgynevezett kompakt egységek optimálisan csak kisebb állatlétszámú telepeken működtethetők, nagyobb üzemeknél robotizálásra leginkább a karusszal fejőberendezések alkalmasak.

Automatizált mérlegeket használva folyamatosan tájékozódhatunk az állatok súlyáról. Általában a fejőberendezés felhajtóútjába építik be a mérlegeket. A kiugró érték utalhat takarmányozási problémára vagy anyagcserezavarra.

A tehenek mozgási aktivitásának mérésével az ivarzás, illetve egyéb állategészségügyi állapotok jól nyomon követhetők. A mozgási aktivitást az állat nyakába akasztott mozgásérzékelővel vagy a lábára csatolt pedométerrel mérik, amely az egyedi azonosítóval egybeépíthető. Az érzékelők leolvasása a fejőberendezésnél történik. A rendszer tájékoztat az ivarzás óta eltelt napok számáról, az egyed átlagos mozgási aktivitásáról és a mozgásban bekövetkezett lényeges változásokról is. Az ivarzó tehenek nyugtalanabbak, időegység alatt többet mozognak. Ivarzáskor a normál lépésszám akár kétháromszorosára is megnőhet. A lépésszám mérése más információkkal (tejtermelés, testhőmérséklet, tenyésztési adat) kiegészítve alkalmas az ivarzó egyedek kiválogatására, az optimális termékenyítési idő megállapítására. Az automatikus osztályozó kapu segítségével a fejés végére a termékenyítendő állatok külön részbe kerülhetnek.

A csökkenő mozgásaktivitást is jelzi a rendszer, ami betegségre (sántaság, anyagcsere-rendellenességek) utalhat.

Tóth *et al.* (2009) vizsgálták az állatok viselkedésének pontosabb jelzését ID Tag-hez csatlakoztatott processzor segítségével. A berendezést az állat nyakszíján helyezték el. Az ID Tag mellett az aktivitásmérő kiegészítőjeként mikroprocesszort is beépítettek, amely a programja révén a mozgás pillanatában képes megkülönböztetni a mozgást kiváltó okokat. A mért adatokat osztályozza, a memóriaegységébe elmenti és leolvasásig tárolja. A leolvasás antennák segítségével, infravörös sugárzással optikailag történik, nemcsak a fejési helyen, hanem több etetési ponton is. A gyakoribb leolvasás megbízhatóbb, az események korábban észlelhetők, ami gyorsabb beavatkozást tesz lehetővé.

Az állatok egyedi azonosítórendszere mellett minden tehén a megfelelő takarmányadagot kaphatja laktációs szakaszától, tejtermelésétől függően. Megállapítható az elfogyasztott takarmány mennyisége, amely a közvetlen etetési információkon túl egészségügyi, szaporodásbiológiai információkat is nyújthat.

A sántaság gyors felismerésére és a kellő időben történő beavatkozásra több vizsgálat is irányul. Ilyen a kamerák elhelyezése a fejőberendezéseknél, melyek képi információt rögzítenek járás közben az állatokról. Ezeket egy képelemző és számítási modell feldolgozza és felismeri a sánta járás paramétereit (Berckmans, 2014).

Tóth *et al.* (2009) Magyarországon végzett vizsgálatuk során igazolták, hogy precíziós technika segítségével lehetővé válik az állatok lábbetegségének korai szakaszban történő felismerése, amikor még szabad szemmel nem észlelhető mozgásbeli eltérés. Így lehetővé válik a korai beavatkozás,

csökkentve a kezelés költségeit, megelőzve a jelentős termeléskiesést. A sántaságvizsgáló berendezést a fejőberendezések felhajtó vagy visszahajtó folyosóján helyezik el (akár az automatikus mérleghez csatlakoztatva). A vizsgáló egység három részből áll, két szélső része a talajra rögzített, középső része pedig elektrotenzometrikus nyomásmérő cellákon nyugszik. Az állatok áthaladásakor a műszer érzékeli a lépésenként rá gyakorolt nyomást (tehát a lábakra jutó terhelést), a nyomásváltozás frekvenciáját. A mért értéket a csatlakozó PC összehasonlítja az adott állat referenciaszintjével (az egészséges állat áthaladásakor mért értékkel), az attól való eltérést azonnal érzékeli és jelzi, amelyből a lábak állapotára lehet következtetni.

1.5.3. Sertés

A sertéstelepeken a precíziós technológiák közül leginkább az egyedi takarmányellátás ismert.

Magyarországon is elérhető már olyan telepírányítási rendszer, amely azon túlmenően, hogy biztosítja minden egyes koca számára, hogy megfelelő időben hozzájusson a pontos takarmányadagjához, felismeri, azonosítja és elkülöníti az ivarzó egyedeket. Figyelemmel kíséri a takarmányfelvételt, az állatok gyarapodását, viselkedését, ezáltal korán azonosíthatók a potenciális egészségügyi problémával rendelkező állatok (Kovács, 2011).

A valós idejű köhögésszámlálással az állatok légzőszervi megbetegedése és annak súlyossága vizsgálható (Könyves *et al.*, 2015). Ennek módja az akusztikus monitorozás mikrofonok beépítésével. Jelenleg még komoly kihívást jelent elkülöníteni a köhögést az egyéb zajoktól, illetve megkülönböztetni a kóros köhögést a nem patológiás eredetű köhögéstől. Figyelembe kell venni az osztályozás hibáját, vagyis azt, amikor a rendszer a köhögést nem köhögésként azonosítja vagy fordítva, egyéb zajokat köhögésként azonosít, mert a hiba ismeretének hiányában szakmailag nehezen értelmezhetők az adatok, ugyanakkor a mért adatokat grafikusan megjelenítve jól megfigyelhetők a tendenciaváltozások.

Kamerák segítségével mérhető az állatok aktivitása. Folyamatosan lehet rögzíteni digitális fényképeket az állatokról, melyek egy központi számítógépbe kerülnek, ott egy szoftver elkülöníti az állatok színét a környezetétől. A nyers felvételekre egy rácshálót illeszt, amelynek lefedettségéből számít egy aktivitási indexet. Az index értéke szakmailag nehezen értelmezhető, viszont a grafikus megjelenítésből jól láthatók a tendenciák és a változások. Az állatok mozgásintenzitásából, az istállóbeli eloszlásukból következtetni lehet a viselkedésükre, a jóléti körülményeikre. Az aktivitás növekedése eredhet például csoporton belüli agresszivitásból (pl.: telepítésnél, átcsoportosításnál) vagy jelentkezhet a használható területek valamely oknál fogva történő csökkenéséből.

Az állattartó épületek légterében előforduló szennyező anyagok (ammónia, metán, szén-monoxid, szén-dioxid, kén-hidrogén, por, mikroorganizmusok) az állatok és a dolgozók egészsége szempontjából is fontos paraméterek. Emellett a hőmérséklet, a páratartalom és a légmozgás folyamatos mérése is szükséges az egészség, az állatjólét biztosításához. A levegőhigiéniai mérőműszerek időszakos kalibrációra és cserére szorulnak. Fontos, hogy napi értékek ez esetben nem elegendőek, a napon belüli változásokat is nyomon kell követni.

A takarmányfogyasztás csökkenése utalhat betegségre vagy a takarmánykiosztó rendszer hibájára, ezért az állatok egészsége és a termelés szempontjából is indokolt a folyamatos megfigyelés. A precíziós technológiák egy etetőbe szerelt speciális mérleg segítségével mérik a takarmányfogyasztást, ami eltérhet a tényleges takarmányfogyasztástól. Nehézséget jelent, hogy a különböző formájú (pl.: granulált, dercés) takarmányok sűrűsége eltérő, illetve a takarmánykiosztás technikája más és más.

A testtömegmérés tájékoztat a termelés gazdaságosságáról és az állatok egészségi állapotáról (Sa *et al.*, 2015). A várt értékektől való elmaradás utalhat egészségügyi, tartási vagy takarmányozási problémákra. A mérést folyamatosan és stresszmentesen kell végezni. A precíziós technológiák az

etetőhöz szerelt kamerák segítségével az állatok körvonalát meghatározva becsülik meg a testtömeget és csoportonként adnak meg napi átlagértéket.

1.5.4. Baromfi

A baromfiágazatban, hasonlóan a sertéságazathoz, szintén a takarmányozásban terjedtek el leginkább a precíziós módszerek. Itt is folynak azonban különböző fejlesztések további precíziós technológiák bevezethetőségével kapcsolatban.

Kamerák elhelyezésével folyamatosan nyomon követhető a madarak aktivitása, eloszlása (Berckmans, 2014). A rendszer a sertéseknél fentebb leírt módon működik. Folyamatosan figyelemmel kísérhető, hogy az állatok a takarmányellátásra megfelelő súlygyarapodással reagálnak-e. Kontrollcsoport alapján előre meghatározott növekedési görbéhez viszonyíthatók a mért értékek.

Képelemző technikák mellett hangelemző módszerek fejlesztése is folyik. Fontana *et al.* (2015) vizsgálták a brojlercsirkék által kibocsátott hang frekvenciája és a növekedésük közötti összefüggést, és a modell (lineáris regresszió) megerősítette, hogy az állatok súlya megbecsülhető a kibocsátott hang frekvenciaanalízisével. Létezik olyan belga kutatók által kifejlesztett technológia, mely a brojlercsirkék által kibocsátott hangokat elemezve azonosítja az állatok viselkedésében bekövetkező változásokat, mint például a fokozott stresszt vagy a csökkenő takarmányfelvételt (Davies, 2016). A hangokat számítógép értelmezi és figyelmezteti a gazdát a lehetséges egészségügyi vagy jóléti problémára. A kutatók szerint ez a módszer hatékonyabb a kameraalapú nyomon követésnél.

1.6. Talajkímélő gazdálkodás

A talajkímélő (vagy talajvédő) gazdálkodás nem szükségszerűen jelent precíziós gazdálkodást, és a precíziós gazdálkodás sem eredményez egyértelműen talajkímélő gyakorlatot, de sokszor együtt járnak.

A talajkímélő művelés a talajállapot és a talajélet javítását, a talajnedvesség megőrzését, a humusztartalom növelését tűzi ki célul. Alapelvei közt szerepel a csökkentett menetszámú talajművelés, a talaj takarása szerves anyaggal és a vetésforgó. Az alkalmazott technikák közé sorolható a talajművelés mellőzése (*no tillage*), a zóna-, sáv- vagy sorművelés, a takaró- és zöldtrágyanövények ültetése, a talaj takarása növényi maradványokkal, a direktvetés, valamint a gyomnövények elleni védekezés kontakt gyomirtókkal (Underwood *et al.*, 2013). Ez a művelésmód azonban nem alkalmazható minden talaj esetén, speciális felszerelést és új gazdálkodási ismereteket igényel.

Csökkentett menetszámú (redukált) talajművelés esetén a hagyományos talajműveléshez hasonlóan a teljes felületen történik művelés, forgatással (szántással) vagy anélkül. A műveletek összevonása, illetve elhagyása akár 50 százalékkal is csökkenti a hektáronkénti idő- és energiafelhasználást (Birkás, 2008; Husti, 2015), ami főleg a nagy területen gazdálkodók számára fontos. A csökkentett menetszámú technológiák esetén a gépi munkák költségei jelentősen kisebbek, mint az őszi szántásos technológiánál, azonban figyelembe kell venni a gépek magasabb bekerülési értékét, amortizációs és javítási költségeit, és a gépek kihasználásához szükséges termőterülettel kell rendelkezni (Sulyok, 2005). Ez a művelésmód elsősorban kötöttebb talajon és száraz időjárási körülmények közt javasolt (Väderstad, 2016).

A szántás nélküli technológia során mélyebb művelés esetén középmély lazítót alkalmaznak, ami a növényi maradványok bedolgozására is szolgál. A mélyebb rétegekben végzett művelés durvább talajszerkezetet alakít ki, kötött talajokon több menetre is szükség lehet. Sekélyen végzett művelésre alkalmasak a tárcsák és kultivátorok. A folyamatosan sekély rétegben végzett művelés tömörödést okozhat, ezért a szántás nélküli rendszerekben is fontos a művelési mélység változtatása.

A mulcshagyó művelés is a teljes felületre kiterjedő, forgatás nélküli megoldás. A szármaradványok részben a talajba kerülnek, részben a felszínen maradnak. A mulcs segít megőrizni a talajnedvességet, hatásosan védi a talajt a nyári klímakárok, illetve a heves záporok ellen, és segíti az eróziós károk elkerülését (Birkás, 2008).

Bakhátas művelés során a vetés előtt 15–25 cm magas bakhátakat alakítanak ki, ebbe vetik a növényeket. Elsősorban széles sorközü szántóföldi növényeknél és néhány kertészeti kultúránál használt művelésmód. A bakhátak későbbi magasítása mechanikai gyomirtást jelent, a bakhátak közt elhelyezett tarlómaradványok pedig vízmegtartó és taposási kárt csökkentő szerepet töltenek be (Birkás, 1997).

Precíziós gazdálkodás esetén az RTK-jel pontossága lehetővé teszi a széles sortávú növénykultúrák soraira fókuszáló művelést. A sor és sorköz már alapműveléskor történő megkülönböztetésével nem szükséges a teljes talajfelület megmunkálása, helyette az úgynevezett sávművelés használható, ami a talajfelület kb. harmadán történik. A sávművelést a helyspecifikus dózisvezérléssel kombinálva az alapműveléskor kijuttatott műtrágya oda és olyan mennyiségben kerül, ahogy arra a növénynek szüksége van (KITE, 2015). A tapasztalatok szerint (Husti, 2015) azonban ehhez csak a kiváló minőségű granulátumok jöhetnek szóba.

A vetőkultivátoros vetést általában alapművelésben nem részesített területen végzik. Vetéskor a talajművelés a teljes felületen, a vetés mélységéig történik. Elsősorban szárazabb területeken, nagy táblákon ajánlott, ha a talaj a 10 cm alatti rétegekben nem tömörödött (Birkás, 1997).

A direktvetés során a vetőmag külön alapművelés és magágykészítés nélkül, közvetlenül a tarlóba kerül. A magvakat keskeny magágyba vagy hasítékba juttatják, így a beavatkozás csak a talajfelszín 10 százalékát érinti (Birkás, 1997; Husti, 2015). A direktvetés hátrányaként említhető, hogy a mechanikai gyomszabályozás háttérbe szorul, a növényi maradványok bomlása lassabban következik be, a kártevők és a szármaradványokkal terjedő kórokozók felszaporodása veszélyesebb. Ezeket a problémákat a jó vetésforgó alkalmazásával és kémiai növényvédelemmel lehet megoldani. A kevésbé bolygatott talaj viszont jobban megőrzi a csírázáshoz szükséges nedvességet, a tarlómaradványok pedig védelmet biztosítanak az erózió ellen.

Erózió által veszélyeztetett domboldalakon régóta használt módszer a rétegvonalak mentén történő művelés. A területről készített domborzatmodell és a műholdas navigáció ennek végrehajtását jelentősen segíti (lásd 1.3.2. fejezet).

2. A precíziós növénytermesztés elterjedtsége

2.1. Kezdetek

A precíziós mezőgazdaság fogalma sokak előtt még ma is ismeretlen, pedig az ezzel kapcsolatos kutatások több évtizede folynak. A táblán belüli heterogenitást figyelembe vevő helyspecifikus gazdálkodás kezdetét néhány szerző már az 1920-as évekre teszi (Franzen és Mulla, 2015). A mai értelemben vett precíziós mezőgazdasági kutatások az 1980-as években kezdődtek a hozammérő eszközök, szenzorok, a változtatható mennyiségű kijuttatás és a helymeghatározó rendszerek fejlesztésével. A műholdas helymeghatározás, a térinformatika és távérzékelés, valamint a szenzor-technológiák fejlődésével alkalmazása egyre terjedt. Az első nemzetközi konferenciát 1992-ben rendezték az Egyesült Államokban, majd 1999-ben nemzetközi tudományos folyóirat is indult Precision Agriculture címmel (Yang és Lee, 2013).

Alkalmazása Magyarországon is több mint másfél évtizedes múltra tekint vissza: 1999-ben jött létre Mosonmagyaróváron a „Precíziós növénytermesztési módszerek” Doktori Iskola és megjelentek az új technológiával kapcsolatos első hazai publikációk (Györfy, 2000; Neményi *et al.*, 2001; Tamás, 2001).

A technológia szélesebb körű hazai megismeréséhez hozzájárult az NKFP kutatási program által támogatott, több egyetem és kutatóintézet együttműködésével megvalósított kutatás, illetve az eredményeket bemutató A precíziós mezőgazdaság módszertana című könyv (Németh *et al.*, 2007).

A gyakorlat szempontjából ki kell emelni, hogy az IKR Rt. 2001-ben már 1000, 2002-ben pedig 1600 hektáron készített kukorica-, szója-, búza- és árpahozamtérképet, és e területeken differenciált műtrágya-kijuttatást is végzett (Molnár és Pecze, 2002), a precíziós tápanyag-utánpótlási szaktanácsadó rendszeréért pedig 2008-ban Innovációs Díjban részesült.

2.2. Jelenlegi helyzet

A precíziós gazdálkodás elterjedtsége nem egyforma a világ minden részén. Irodalmi források alapján az elterjedését egyaránt befolyásolják a társadalmi-gazdasági tényezők, az agroökológiai adottságok, technológiai, szervezeti és emberi tényezők, valamint a rendelkezésre álló információk. Általában a nagyobb területtel rendelkező, fiatal, magasabb iskolai végzettségű, tőkeerős gazdálkodók alkalmazzák szívesen az új technológiákat (Bernardi és Inamasu, 2014; Fountas *et al.*, 2005; Antolini *et al.*, 2015; DEFRA, 2013). Elsősorban a szántóföldi termesztésben elterjedt, zöldség- és gyümölcstermesztésben, valamint állattenyésztésben még kevésbé alkalmazott.

A helyzet pontos értékelése nehézkes, mert sehol nincs ezzel kapcsolatos rendszeres adatgyűjtés. A kérdőíves felméréseknél jellemzően kicsi a válaszadási arány, így a szakirodalomban olvasható értékelések is általában kis mintákon alapulnak. A kis minták gyakran azért sem tekinthetők reprezentatívnak, mert a felmérések egy részét online kérdőívekkel végzik, amit eleve a számítógépet használó, innovatív gazdák töltenek ki nagyobb arányban. További probléma, hogy a felmérések során nem egységes a precíziós gazdálkodás elemeinek definiálása, csoportosítása.

2.2.1. Világ

A precíziós gazdálkodás elsőként az USA-ban, Európában és Ausztráliában terjedt el, majd Argentínában, Brazíliában és néhány ázsiai országban is elfogadottá vált (Fountas *et al.*, 2005). Jelenleg az USA piaci részesedése a legnagyobb, közel 50 százalék (BIS Research, 2016), ahol a magas munkaerőköltség is ösztönzi a technológia terjedését. De itt a legnagyobb az állami támogatott-

sága is, az USA mezőgazdasági minisztériuma (*United States Department of Agriculture, USDA*), a Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal (*National Aeronautics and Space Administration, NASA*) és a Nemzeti Óceáni és Légköri Hivatal (*National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA*) is hozzájárul a nagyüzemi precíziós gazdálkodás terjedéséhez (Technavio, 2015).

Amerikában a technológiák közül kezdetben a hozamtérképezés és a differenciált műtrágya-kijuttatás volt a leginkább elterjedt, jelenleg az automatikus kormányzás a legnagyobb piaci részesedés. A szója- és kukoricatermesztők már 2006-ban a területek több mint 40 százalékán végeztek hozamtérképezést, differenciált kijuttatást pedig 8, illetve 12 százalékos arányban alkalmaztak. Őszi búza esetén 2009-ben a területek 35 százalékán végeztek hozamtérképezést és 14 százalékán differenciált kijuttatást (Schimmelpfening és Ebel, 2011). A precíziós technológiák használata azonban más növényeknél is elterjedt. Az USDA adatai szerint a rizstermesztő gazdaságok 53 százaléka használt jármű-navigációt, 18 százaléka hozamtérképezést, 16 százaléka differenciált műtrágya-kijuttatást és 12 százaléka helyspecifikus talajtérképezést 2013-ban. Ugyanekkor a földimogyoró-termesztők körében a jármű-navigáció csak 42 százalék volt, de nagyobb arányban használtak talajtérképezést (25 százalék) és differenciált műtrágyázást (22 százalék).

Erickson és Widmar (2015) az amerikai mezőgazdasági inputanyag-kereskedők körében végzett felmérést a precíziós technológiákról. Felmérésük szerint legnépszerűbb az automatikus kormányzás, aminek alkalmazása már meghaladja a hagyományos sorvezetőkét, és szintén kedvelt a differenciált műtrágya-kijuttatás (1. ábra). Az utóbbi években a légi és műholdfelvételek, a térképi alkalmazások és a GPS logisztikai felhasználása is növekvő tendenciát mutat.

1. ábra: A precíziós technológiák becsült piaci aránya az Amerikai Egyesült Államokban, az inputanyag-kereskedők körében végzett felmérés alapján

Forrás: Erickson és Widmar, 2015

A kereskedők 82 százaléka válaszolta, hogy precíziós technológiai szolgáltatásokat is nyújtanak az ügyfeleik számára. Ezek közt leggyakoribbak – a kereskedők több mint 60 százaléka végzi – a differenciált műtrágya-kijuttatás tervezése és a GPS-es talajmintavétel. Szintén jelentős (50 százalék feletti) a differenciált műtrágyakijuttatásban, a terület feltérképezésében és a hozamtérképek kiértékelésében nyújtott segítség aránya. Az előző, 2013-ban végzett felméréshez képest a legnagyobb

növekedést (26 százalék) a változó tőszámú vetés tervezése mutatta, amivel így már a kereskedők fele foglalkozik.

A nebraskai egyetem felmérése szerint (Castle *et al.*, 2015) a gazdálkodók 75 százalékban rács alapján végzik a talajmintavételt. A precíziós technológiák közül leginkább a hozamtérképezés és a GPS-alapú navigáció terjedt el, ezeket a gazdálkodók több mint 80 százaléka használja. Ezt követi a kijuttatási térképek készítése és a differenciált kijuttatás (68 százalék), míg a műhold- vagy légi felvételek (30 százalék), illetve a növény szenzorok alkalmazása (<10 százalék) még kevésbé elterjedt.

Argentínában gyorsan terjed a precíziós technológia és nagy területeken alkalmazzák. A 33 millió ha vetésterület 21,6 százalékát művelik precíziós módszerekkel. Nagy arányban alkalmaznak vetés-ellenőrző monitorokat, sorvezetőket és hozamtérképezést, az automatikus kormányzás még kevésbé elterjedt (INTA, 2013).

Braziliában elsősorban a szója és kukorica (82 százalék), illetve a búza (22 százalék) és bab (13 százalék) termesztésében terjedt el. Bernardi és Inamasu (2014) szerint a gazdálkodók nem használják ki a meglévő precíziós gépeiket, átlagosan csak a területük 65 százalékán használják. A jármű-navigáció (sorvezető 42 százalék, automatikus kormányzás 37 százalék), valamint a differenciált kijuttatás (vetés és műtrágyázás 49,4 százalék) a leggyakrabban alkalmazott technológia, hozamtérképezést csak 19 százalékban végeznek.

Ausztráliában a gabonatermelők 20 százaléka végzett precíziós termesztést 2012-ben (OECD, 2016), de a nagy területen gazdálkodók körében jóval nagyobb ez az arány. Llewellyn és Ouzman (2014) felmérése alapján az 500 ha feletti gabonatermelők 77 százaléka használ automatikus kormányzást és 33 százalék végez hozamtérképezést. A termelők 35 százaléka rendelkezik differenciált kijuttatásra alkalmas géppel, de csak 15 százaléka használja. A technológiák eredményességére utal, hogy a felhasználók közül 94 százalék ajánlaná másoknak az automatikus kormányzást, 77 százalék a hozamtérképezést és 80 százalék a differenciált műtrágyázást.

2.2.2. Európa

Az EU28-tagországok az USA és Ausztrália után a harmadik helyet foglalják el a precíziós mezőgazdaság piacán. A nem EU-tagok (Norvégia, Svájc, Ukrajna és Oroszország) – elsősorban az utóbbi két ország révén – is jelentős piaci értéket képviselnek, az EU28-országokhoz képest több mint fele összeget (BIS Research, 2016). Ennek legfőbb oka a gazdaságok méretében mutatkozó különbségek – míg a nyugat-európai (elsősorban a francia és olasz) gazdaságok sokkal kisebbek, mint az amerikaiak, az ukrán és orosz gazdaságok általában nagyméretűek, a hatékony gazdálkodás következtében a befektetés hamarabb megtérül (Maler, 2015).

Az Európai Űrügynökség (*European Space Agency*, ESA) vezetésével kidolgozott TalkingFields rendszer is a precíziós gazdálkodás támogatására jött létre, 2009-től német és orosz nagybirtokokon kezdték alkalmazni (ESA, 2010). Azóta több országban, köztük Magyarországon is elérhető. Segítségével 20 × 20 méteres felbontásban kaphat a gazdálkodó a terület heterogenitását mutató alaptérképet, a talajvizsgálathoz felhasználható zónatérképet, valamint őszi búza, cukorrépa és kukorica esetén biomasszatérképet.

Az EU és Ukrajna között 2015 januárjában együttműködési megállapodás született a globális műholdas navigációs rendszer (GNSS) terén. Ennek értelmében az EGNOS-korrekciónak használatát egész Ukrajnára kiterjesztették, ami jelentősen segíti a precíziós gazdálkodást is. Ukrajna lehetőségeit a Deere&Company mezőgazdasági gépforgalmazó is felismerte, és együttműködési megállapodást írtak alá az ukrán mezőgazdasági és élelmiszerügyi miniszterrel a precíziós gazdálkodás terjesztésére (MINAGRO, 2015).

Az Európai Mezőgazdasági Gépforgalmazók Szövetsége szerint (CEMA, 2014) az utóbbi tíz évben a precíziós gazdálkodás jó gyakorlattá vált. Az új mezőgazdasági gépek 70-80 százaléka rendelkezik valamilyen precíziós képességgel, a monitorok és vezérlők integrációja pedig segíti az egyszerű és költséghatékony felhasználást.

Országoként csak kevés adat áll rendelkezésre a precíziós technológiák alkalmazásáról. Angliában egy 2012-es felmérés szerint (DEFRA, 2013) a gazdálkodóknak csak 22 százaléka használt GPS-es jármű-navigációt, 20 százalék talajtérképezést, 16 százalék differenciált kijuttatást és 11 százalék hozamtérképezést. Németországban csak 11 százalék volt a precíziós gazdálkodók aránya 2006-ban (OECD, 2016), míg Franciaországban a gazdálkodók 25,4 százaléka használt GPS-t 2013-ban (Vigani *et al.*, 2015). Az EurActiv (2016) frissebb adata szerint Franciaországban 150 000 hektáron folytatnak precíziós gazdálkodást, és a gazdaságok felében van monitorral felszerelt traktor.

Az innovációk elterjedése kapcsán gyakran használják a Gartner-féle hiperciklus görbét. Egy új technológia megjelenése általában fokozott érdeklődéssel jár, majd a gyakran túlzott elvárások miatt az érdeklődési csúcs után szinte törvényszerűen egy időszakos kiábrándultság következik. A technológia finomítása után annak alkalmazhatósága javul, a kockázatok helyett az előnyök kerülnek előtérbe, ami a termelésben való elterjedéséhez vezet. A precíziós mezőgazdaság elemeit Blackmore (2016a) a 2. ábra szerint helyezi el a görbén. A jármű-navigáció, a hozamtérképezés és a helyspecifikus talajmintavétel már elfogadottnak tekinthető a gyakorlatban, a munkagépkormányzás, a differenciált vetés és az automatikus szakaszvezérlés is egyre terjed. Az érdeklődési csúcson jelenleg a drónok állnak, a kutatók pedig a robotok fejlesztésére, valamint a növényfejlődési modellek integrációs lehetőségeire fókuszálnak.

2. ábra: A precíziós technológiák helye a Gartner-féle hiperciklus görbén

Forrás: Blackmore, 2016a

2.2.3. Magyarország

A precíziós gazdálkodás Magyarországon is több mint másfél évtizede megjelent, ugyanakkor sokak előtt még ma is ismeretlen fogalom. Az Agroinform.hu és a Market Insight 2015-ös felmérése szerint (Tóth, 2015) a szántóföldi növénytermesztőknek csak a fele hallott már róla, de ez az arány függ a gazdaság méretétől. Az 500 hektár feletti nagy gazdaságok döntéshozói körében 88 százalék, a 100 és 500 hektár közötti közepes gazdaságoknál 67 százalék, míg a 100 hektár alatti kis gazdaságoknak csupán egyharmada hallott már precíziós gazdálkodásról.

Lencsés *et al.* (2014) felmérése szerint a precíziós gazdálkodást alkalmazók elsősorban a 40 évnél fiatalabb, felsőfokú végzettséggel rendelkező, 300 hektárnál nagyobb területen gazdálkodók, ami egyezik a nemzetközi tapasztalatokkal.

Vigani *et al.* (2015) szerint a magyar gazdálkodók 23,4 százaléka használt GPS-t 2013-ban. Az AgroStratégia felmérése alapján a GPS-t használó gazdálkodók aránya 2015-ben már 44 százalék volt, de a 40 évnél fiatalabb korosztályban ez eléri a 48 százalékot (Pólya és Varanka, 2015). Lencsés *et al.* (2014) szerint azonban olyan gazdálkodók is használnak GPS-es jármű-navigációt vagy talajmintavételt, akik nem tekinthetők igazán precíziós gazdálkodónak, mert nem használnak olyan technológiákat, amik helyspecifikus, differenciált kezelésekhez vezetnek.

A pontos jármű-navigációhoz szükséges RTK-korrekciónak elsőként a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) kezdte szolgáltatni 2010-ben. Később további szolgáltatók jelentek meg a piacon: a KITE Zrt., az AXIÁL Kft., a Geotrade Kft. (jelenleg Geotools Europe GNSS Kft.), valamint az Agromatic Kft. A cégektől kapott adatok alapján a precíziós mezőgazdasági felhasználók száma 2500 körülire tehető.

A technológiák közül – a publikált felmérések, valamint a KITE Zrt. és az AXIÁL Kft. információi alapján – a helyspecifikus talajmintavétel, a sorvezetők alkalmazása, valamint egyre nagyobb mértékben az automatikus kormányzás vált a gyakorlat stabil elemévé. A differenciált műtrágya-kijuttatás és a hozamtérképezés helyzetéről megoszlanak a tapasztalatok. Az Informatikai, Távközlési és Elektronikai Vállalkozások Szövetsége (IVSZ, 2016a) adatai alapján a precíziós gazdálkodók több mint fele alkalmaz sorvezetőt, 30 százalék körüli a robotpilóta alkalmazásának aránya, majd ezt követi a munkagépvezérlés, a vetés és a tápanyag-kijuttatás (25 százalék). A növényvédelmi szenzorok és drónok, valamint a precíziós öntözés egyelőre az érdeklődési szakaszba sorolhatók, alkalmazásuk aránya csak 5 százalék körüli.

A jelen tanulmányhoz kapcsolódó kérdőíves felmérés részletes eredményeit a 6. fejezet mutatja be.

A precíziós gazdálkodás hazai terjedéséhez egyre több gép-, eszköz- és inputanyag-forgalmazó hozzájárul. Meghatározó szerepű az IKR Agrár Kft., amely több mint 10 éves tapasztalatra támaszkodva elsősorban a talajmintavétel és a tápanyag-utánpótlási szaktanácsadásra fókuszál. A KITE Zrt. is közel egy évtizede folytat kutatási, a gyakorlatban történő adaptálási és szaktanácsadási munkát. Komplex szaktanácsadási rendszerüket – informatikai háttér, agrotechnológia, műszaki megoldások – 2015-ben indították. Az AXIÁL Kft. 2015-ben kapott Hazai Termékfejlesztési Nagydíjat a mAXI-NET gépmárkafüggetlen RTK-korrekciónál hálózataért, és jelentős szerepe van a GPS-eszközök és precíziós mezőgazdasági gépek forgalmazásában. A precíziós gazdálkodással kapcsolatos oktatás és szaktanácsadás hazai helyzetéről a 9.1.5. fejezet ad részletes áttekintést.

2.3. Várható jövő

A növekvő népesség nagyobb élelmiszerigénye, a mezőgazdasági területek csökkenése, valamint a vízhiány miatt egyre hatékonyabb termesztési módokra van szükség, és ez a precíziós gazdálkodás gyors terjedését segítheti elő. A technológiák terjedésére vonatkozóan több nagy piacutató cég próbál előrejelzést adni.

2.3.1. Nemzetközi trendek

Az egyik legnagyobb piacutató cég, a MarketsandMarkets (2016) jelentése szerint 2020-ig évente átlagosan 11,7 százalékos növekedés várható a precíziós gazdaság piacán, ami 2020-ra elérheti a 4,8 milliárd dollárt. Hasonló, évi 12 százalékos növekedést vár 2020-ig a Roland Berger (Dressler *et al.*, 2015). Kicsit nagyobb növekedést jelez a BIS Research (2016), becslésük szerint 2016 és 2022

között évente átlagosan 12,7 százalékkal nőhet a precíziós gazdálkodás piaca, és forgalma 2022-re elérheti a 7,6 milliárd dollárt, míg a Technavio (2015) évi 14 százalékos növekedést vár 2019-ig.

Jelenleg Észak-Amerikában a legnagyobb a precíziós ágazat bevétele, és a következő években további növekedés várható. Második helyen az ázsiai és csendes-óceáni térség áll, amely magában foglalja Ausztráliát, Indiát és Kínát is, ahol kiemelkedő jelentőségű a mezőgazdaság. A térség fejlődő országaiban az átlagnál nagyobb növekedés várható a precíziós gazdálkodás terén. Legkisebb növekedés a dél-amerikai, illetve a közép- és kelet-afrikai régióban várható.

A European GNSS Agency (2015) szerint 2023-ra a nagy teljesítményű traktorok 50 százalékában lesz navigációs rendszer világszerte. Az alkalmazások nagy részét a jövőben is az automatikus kormányzás jelenti majd, de a gazdálkodók nagyobb arányban fordulnak a további megoldások (pl. differenciált kijuttatás) felé (3. ábra).

3. ábra: A GNSS-eszközök alkalmazásának változása

^{a)} A GNSS-elterjedtség a GNSS-eszkővel felszerelt, nagy teljesítményű traktorok arányát jelenti.

Forrás: European GNSS Agency, 2015

A rendelkezésre álló vízforrások korlátozottsága miatt a precíziós öntözés jelentősége is növekszik. A BIS Research (2015) szerint 2020-ig évente átlagosan 7,2 százalékkal nőhet a piaci részesedése. E tekintetben is Észak-Amerikáé a vezető szerep, majd ezt követi az ázsiai és csendes-óceáni térség, ami a világ öntözött területeinek 60 százalékát teszi ki.

A drónok (UAV-ok) egyaránt használhatók a talajadottságok és a növényállomány felmérésében, valamint a legeltetett állatok ellenőrzésében. Helyettesíthetik a terepi felvételezést, ezzel időt és pénzt lehet megtakarítani. Az árak a közeljövőben várhatóan csökkenni fog, ezzel az alkalmazásuk általánosabbá válhat, ha a szabályozási problémák megoldódnak.

A magas beszerzési és fenntartási költségek miatt jelenleg a hardvereszközök (GPS/GNSS készülékek, érzékelők, kijelzők) adják a piaci érték mintegy 85 százalékát (BIS Research, 2016), a jövőben a szoftverek piaci részesedésének növekedése várható (MarketsandMarkets, 2016). A menedzsment-rendszerek terén a jelenlegi érték megkétszereződését várják a piackutatók 2022-re.

Erickson és Widmar (2015) felmérése szerint a kereskedők 2018-ig a különböző precíziós technológiák elterjedésében 10-16 százalékos növekedést várnak az USA-ban. A szolgáltatások terén elsősorban az UAV-eszközökkel kapcsolatban (19 százalékos), valamint a differenciált növényvédelem (11 százalék) és vetés (9 százalék) terén végzett szaktanácsadásban számítanak növekedésre.

A precíziós technológiák fejlődése során további automatizálás és az alkalmazások összekapcsolódása várható. Ez kihat a mezőgazdasági értéklánc egészére, és új üzleti lehetőségeket nyújt például a szaktanácsadás, az adatelemzés és a modellezés terén (Dressler *et al.*, 2015, 4. ábra).

4. ábra: A technológiák változása 2010–2030 között

^{a)} Az emberek és gépek együttműködése.

Forrás: Dressler *et al.*, 2015

2.3.2. Európa

Európa különösen nagy erőfeszítéseket tesz az inputanyagok hatékony felhasználása és a környezetkímélő agrotechnikai módszerek alkalmazása érdekében, aminek egyik lehetősége a precíziós mezőgazdaság. Az Európa Parlament Tudományos és Technológiai Lehetőségek Értékelése testülete (STOA, 2016) szerint két fontos trend figyelhető meg az európai mezőgazdaságban: a gazdaságokban dolgozók számának csökkenése, illetve az átlagos üzemméret növekedése. Ezek a trendek is kedveznek a precíziós technológia terjedésének, feltéve, hogy a pénzügyi lehetőségek és az ismeretek/készségek azt nem korlátozzák. A gazdálkodók 70 százalékának azonban csak gyakorlati ismeretei vannak, mezőgazdasági szakképzettsége nincs, az ő körükben a technológia lassabb terjedése várható. Az EU-n kívüli országokat tekintve a nagy mezőgazdasági területe miatt jelentős piaci potenciált jelent Ukrajna és Oroszország.

A Boston Consulting Group (Corsini *et al.*, 2015) felmérése szerint a francia, német, lengyel és angol gazdálkodók 60 százaléka úgy gondolja, hogy a precíziós gazdálkodás széles körben elterjedt lesz 2030-ra.

A GPS/GNSS készülékek árcsökkenése kulcsfontosságú a precíziós gazdálkodás terjedésében. A készülékek száma 2022-re a jelenlegi közel háromszorosára nőhet, ami elsősorban az automatikus kormányzás és a differenciált kijuttatási technológia elterjedéséhez járul hozzá (BIS Research, 2016). Más becslések szerint 2020-ra az európai traktorok 35 százalékában lesz GNSS-eszköz, és jelentős növekedést várnak a közép- és kelet-európai országokban, ahol jelenleg kicsi ennek az elterjedtsége (Zarco-Tejada *et al.*, 2014).

Jelenleg az érdeklődési csúcson a drónok alkalmazása áll, de a felvételek felbontásának javulásával egyre nagyobb lehetőség rejlik a műholdas távérzékelésben is. Az EU Copernicus programjának keretében 2015-ben pályára állított Sentinel-2A, valamint a 2016 őszére tervezett Sentinel-2B

földmegfigyelő műholdak csak 10-20-60 m terepi felbontású multispektrális képeket készítenek, de együtt ötnapos visszatérési időt biztosítanak és ingyenesen elérhetők. A 10 m felbontás – elsősorban nagy táblákon – a precíziós mezőgazdaság egyes területein is megfelelő lehet (Zarco-Tejada *et al.*, 2014; Zboray, 2016).

A Copernicus program ingyenes adataira épül az EU által finanszírozott APOLLO Projekt is, amelyben öt ország – Görögország, Spanyolország, Ausztria, Belgium és Szerbia – vesz részt. A 2016–2019 során megvalósítandó projekt célja egy piacképes precíziós mezőgazdasági szaktanácsadási rendszer kialakítása, ami elsősorban, de nem kizárólagosan a kistermelőkre fókuszál. A szolgáltatások négy területet érintenek: talajművelés, öntözés, növénymonitoring és termésbecslés. A rendszer működését három pilottérületen vizsgálják: Görögországban, Szerbiában és Spanyolországban.

A precíziós gazdálkodás során keletkező nagy mennyiségű adat miatt növekedni fog a vállalatirányítási rendszerek iránti kereslet (Fountas *et al.*, 2015).

2.3.3. Magyarország

A 2015-ös felmérés szerint (Tóth, 2015) a precíziós eszközöket már alkalmazó gazdálkodók 20 százaléka egy éven belül, 61 százaléka pedig 3 éven belül további beruházást tervez valamely precíziós technológiába, elsősorban automata kormányzás, vetőgép, sorközművelés, tápanyag-gazdálkodás, valamint öntözés területén. Azok körében, akik még nem használnak precíziós eszközöket, a többség (43 százalék) bizonytalan a technológia bevezetésével kapcsolatban, 31 százalék pedig nem tervez precíziós beruházást három éven belül. A gazdálkodóknak csupán 5 százaléka egy éven belül, míg 21 százaléka három éven belül tervezi precíziós technológia, főként precíziós talajművelés, vetés és differenciált tápanyag-kijuttatás bevezetését.

Az IVSZ (2016a) felmérése szerint is szívesen vennének igénybe a gazdálkodók az informatikai fejlesztésekre vonatkozó beruházási támogatást, elsősorban a tápanyag-kijuttatás (65 százalék), a munkagép-vezérlés, a vetés és a növényvédelmi szenzorok esetén.

Az MTA elnöksége által elfogadott Nemzeti Víztudományi Kutatói Program kapcsán Tamás (2016) kiemelte, hogy a precíziós mezőgazdaság technológiai elemei adottak, de fontos lenne, hogy a szakma és a termelők is ismerjék ezeket a vízgazdálkodás szempontjából hatékony, víz- és energia-takarékos öntözési megoldásokat.

A Földművelésügyi Minisztérium a 2016–2050-es élelmiszer-gazdasági stratégiájában (FM, 2016) is arra számít, hogy a közeljövőben általánossá válik az intenzív precíziós gazdálkodási technológiák alkalmazása, ami az öntözésfejlesztési beruházásokkal együtt lehetőséget ad a szántóföldi növénytermesztés termésbiztonságának maximalizálására.

3. A szántóföldi precíziós gazdálkodás közgazdasági hatásai

A hagyományos szántóföldi növénytermesztésről a precíziós gazdálkodásra történő áttérés a termelés szempontjából jelentős változásokat eredményez, melyek természetesen a gazdaságok jövedelmezőségét is befolyásolják. A precíziós növénytermesztés gazdasági következményeiről megoszlanak a vélemények, hiszen a technológia hatása számos tényezőtől függ. Rendkívüli mértékben befolyásolja az alkalmazás eredményességét a vetésterület talajadottságának heterogenitása, a gazdálkodó és az alkalmazottak szaktudása és hozzáállása (Lencsés *et al.*, 2014).

A szakirodalmak többsége utal rá (Lencsés *et al.*, 2014; Sinka és Mesterházi, 2014; EIP-Agri, 2015; Bora *et al.*, 2012; Schieffer és Dillon, 2014), hogy a precíziós technológia az inputanyag-felhasználás optimalizálásán, a munkaerő-felhasználás csökkenésén keresztül a termelési költségre gyakorol pozitív hatást. Mindemellett nő az egy hektárra jutó termés mennyisége és javul a minősége, csökken a hozamingadozás. A kisebb mértékű inputanyag-felhasználásból eredő termelési költség-csökkenés és a hozamnövekedés hatására javul a jövedelmezőség. Ugyanakkor a szakirodalmak között vannak olyan kutatási eredmények is, amelyek az egyes precíziós technológiai alkalmazások mellett inputanyag- és többletmunka-ráfordításról számolnak be (Lencsés *et al.*, 2014; Schieffer és Dillon, 2014; Sinka és Mesterházi, 2014). A későbbiekben az eltérő álláspontok oka is részletesen kifejtésre kerül.

A precíziós gazdálkodásra való áttérés jelentős beruházási költséggel jár. A gazdák számára nehéz megítélni egy új technológia alkalmazhatóságát és annak előnyeit, egyértelmű költség-haszon adatok birtokában azonban könnyebben hoznak meg ilyen jelentős beruházási döntést. Amennyiben a precíziós gazdálkodásnak bizonyítottan alapvető gazdasági, környezeti előnyei vannak, az nagymértékben elősegíti a technológia elfogadását a gazdálkodók számára. Több olyan kutatás is megjelent, amely az új technológiához szükséges beruházás gazdaságosságát vizsgálja, illetve a többletráfordítás megtérüléséhez megfelelő üzemméretet határoz meg. A szakirodalmak szerint a meglévő költség-haszon elemzési rendszerek között kevés az alapvetően felhasználóorientált kutatás, az alkalmazott és részletes elemzés. A precíziós gazdálkodás bevezetésének döntéshozatalához, ezáltal a technológia elterjedéséhez szükséges a helyspecifikus gazdálkodásból származó haszon kimutatása (EIP Agri Focus Group, 2015). A beruházás megtérülési idejének meghatározása viszont korántsem egyszerű, hiszen elsődlegesen a technológiából fakadó jövedelemtöbbletet kell megállapítani, amelyet számos a fentiekben már említett tényező befolyásol. Figyelembe kell venni az elemzések során, hogy minden növénykultúrának eltérőek a költség-jövedelem viszonyai, ezáltal külön kell meghatározni az életképes üzemméretet a termesztett növényekre. A termőföld minősége és a termőhely adottságai szintén befolyásoló tényezők, melyeket ugyancsak figyelembe kell venni a szükséges minimális gazdaság méretének meghatározásakor (Kalmár, 2010).

A továbbiakban a korábbi kutatások során végzett számítások eredményeivel szemléltetjük a precíziós technológia közgazdasági és makrogazdasági hatásait, a beruházás megtérüléséhez szükséges időt és a szükséges üzemméretet.

3.1. A precíziós növénytermesztés közgazdasági előnyei, hátrányai

A gyakorlatban és a kutatásokban egyaránt megoszlanak a vélemények arról, hogy mikor beszélhetünk precíziós gazdálkodásról. A szakértők és a laikusok álláspontja egyaránt a technológiai elemek alkalmazásával függ össze. Vannak, akik az automata kormányzást folytató gazdaságokat is precíziós növénytermesztőknek tekintik, mások pedig kizárólag a differenciált módon megvalósult tápanyag-kijuttatást, a menedzsmentzónás művelést végzőket sorolják precíziós gazdálkodók közé (Lencsés, 2013). A kutatás során azokat a szántóföldi növénytermesztő üzemeket tekintettük precí-

ziós gazdálkodást folytatóknak, amelyek alkalmaztak legalább egy precíziós technológiai elemet. Ennek értelmében a vizsgáltak köre inhomogén csoportnak tekinthető, hiszen egyaránt tartalmaz menedzsmentzónás művelést végzőket és olyan üzemeket, amelyek mindössze egy precíziós technológiai elemet használnak.

A továbbiakban az egyes technológiai elemek elterjedtségét és az azok használatából származó előnyöket, illetve hátrányokat szemléltetjük.

A növénytermesztésben használható precíziós technológia elemei a következők: automata kormányzás (egyes szakirodalmak robotkormányzásként említik), GPS-alapú irányítási rendszer (gépnavigáció), automatikus szakaszvezérlés, kijuttatás közben változtatható (vetőmag-, műtrágya-, növényvédőszer-) mennyiség, különböző applikációs térképek (például tápanyag-, növényvédőszer-, vetőmag-kijuttatási térkép), hozamtérképezés, hozammonitor, talajminta-vételezés, növényvédelmi és a távérzékeléses felvételezés. A leggyakrabban alkalmazott precíziós technológiai elemekről megoszlanak a vélemények a szakirodalomban. Kalmár (2010) és Castle *et al.* (2015) szerint a precíziós növénytermesztés első lépése a hozamtérképezés, azaz a betakarítás során nyert táblán belüli differenciáltságot tartalmazó hozamtérkép elkészítése, mely alapján megtervezhető a helyspecifikus tápanyag-utánpótlás. Ezt az elméletet támasztja alá a Nebraska-Lincoln egyetem (Castle *et al.*, 2015) felmérése, amelyben a kitöltők több mint 80 százaléka alkalmazott hozamtérképezést. Ezen technológiai elem alkalmazásával a precíziós technológiai elemek eredményessége együttesen mutatható ki, viszont költségmegtakarítás közvetlenül nem jelentkezik a használat során, így a beruházás megtérülése nehezen kalkulálható. Hátránya továbbá, hogy többletmunka-ráfordítást és megfelelő szakértelmet igényel (Kalmár, 2010). A precíziós tevékenységek eredményességének kimutatása és a helyspecifikus anyagkijuttatáshoz biztosított térkép előnyeit személyes megkérdezésre alapozva hazánkban kevesen használják ki (Lencsés *et al.*, 2014). A megállapítást viszont fenntartásokkal kell kezelni, mert ebben a felmérésben összesen 8 precíziós technológiát alkalmazó gazdaság képezte a vizsgált üzemek körét.

A precíziós technológiát használó magyar gazdálkodók körében a legnépszerűbb művelet a helyspecifikus tápanyag-utánpótlás (Lencsés *et al.*, 2014), ami nem meglepő, hiszen azonos dózis mellett a műtrágyamennyiség az átfedések kiküszöbölése révén csökken, ezzel együttesen az üzemanyag-felhasználás is mérséklődik, illetve amennyiben az üzem korszerű műtrágyaszóró géppel rendelkezik, ennek az elemnek a beruházásigénye a legkisebb (Kalmár, 2010). A precíziós tápanyag-ellátás további előnye, hogy technológiai oldalról tekintve minden szántóföldi növény esetén eredményesen alkalmazható eljárás (Takácsné, 2011).

A precíziós növényvédelem szintén a legelterjedtebb technológiai elemek közé tartozik Lencsés *et al.* (2014) felmérésében, azon belül is a gyomirtást végzik a legtöbben helyspecifikusan. A technológiának viszont árnyoldala is van, mégpedig hogy a helyspecifikus beavatkozásból származó előnyt nem lehet nagymértékben kihasználni, hiszen a permetezésnél a szórófejek akár 50 centiméteres átfedést is eredményezhetnek (Kalmár, 2010). A precíziós növényvédelemben, főként a gyomszabályozás alkalmazásával a széles sortávolságú növénykultúráknál érhető el érdemi vegyszer-megtakarítás (Takácsné, 2011).

A helyspecifikus talajmintavétel már kevésbé közkedvelt technológiai elem a magyar precíziós gazdálkodók körében (Lencsés *et al.*, 2014), habár a talaj állapotáról begyűjtött adatok a beavatkozás szükségességéről és a precíziós tevékenységek eredményességéről is képet adnak. Ehhez speciális eszközállomány szükséges, amelyet a gazdálkodó szolgáltatásként is igénybe vehet. Magyarországi viszonylatban az utóbbi elterjedtebb (Kalmár, 2010).

A helyspecifikus technológia nyújtotta pontosságot a növénykultúrák vetésében is ki lehet aknázni, amely szintén inputanyag-megtakarítást eredményez azáltal, hogy segítségével képesek a gazdálkodók a területen belül változtatni a növénykultúrák tőszámát a vetés során, így a vetési távolság meghatározása teljes mértékben az adott körülményekhez alkalmazkodik (Kalmár, 2010).

A technológiák együttes alkalmazása jelentős költségmegtakarítást eredményez, ám Lencsés *et al.* (2014) felmérése alapján Magyarországon kevesen használják ki a teljes technológia nyújtotta előnyöket, a vártnál alacsonyabb számban alkalmaznak egyszerre több precíziós technológiai elemet a növénytermesztés gyakorlatában.

A továbbiakban a precíziós gazdálkodás alkalmazásával üzemi szinten elérhető megtakarításokat taglaljuk.

A precíziós gazdálkodás célja a termesztéstechnológiák optimalizálásával a jövedelmezőség növelése. A cél eléréséhez sorra kell vennünk a technológiából származó előnyöket. Ahogy a fentiekben már említésre került, a precíziós növénytermesztés legfontosabb előnyei az inputanyag-felhasználás optimalizálása, azaz egy-egy meghatározott beavatkozás és dózis mellett a növényvédőszer-, a műtrágya-, a vetőmag- és a kijuttatáshoz szükséges üzemanyag-felhasználás csökkenése és ezzel összefüggésben az anyagköltség és a munkaerő mérséklődése. Az inputkereslet csökkenése árcsökkentő hatással is járhat (Takácsné, 2011). A kevesebb kijuttatott kemikália és vízfelhasználás következtében a növénytermesztés környezetterhelése is csökken (Weiss, 1996). A technológia további előnye a termelés nyomonkövethetőségének és a termés minőségének javulása, a hozamnövekedés, a hozamingadozás mértékének csökkenése és mindezek eredményeképpen a magasabb jövedelmezőség (Lencsés *et al.*, 2014; Sinka és Mesterházi, 2014; EIP-Agri, 2015; Bora *et al.*, 2012; Schieffer és Dillon, 2014). Wolf és Buttel (1996) szerint a precíziós gazdálkodás a termelés hatékonyságának növekedését és a környezetszennyezés mérséklődését eredményezi. Amellett, hogy a környezeti károkat csökkenti a precíziós gazdálkodás, termelői szinten a kockázatsökkentés eszköze is (Auernhammer, 2001; Gandonou *et al.*, 2004; Chavas, 2008). Néhány szakértő viszont a munkaerő növekedéséről (Lencsés *et al.*, 2014) és bizonyos esetekben a költségek emelkedéséről (Schieffer és Dillon, 2014) számol be.

A precíziós technológia alkalmazásából származó megtakarítások számszerűsítését számos tényező befolyásolja. A költségcsökkenés mértéke függ a termelés intenzitásától és az eltérő talajadottságoktól. Továbbá hatással van rá az is, hogy a gazdálkodó miként optimalizálja a termelési szerkezetét, a hozamokat homogenizálni vagy heterogenizálni szeretné, azaz a rosszabb hozamú területeken magasabb hozamot szeretne elérni és ezáltal egységesíteni a táblán elérhető hozamokat, avagy az alacsony hozamtermő területeken alacsony intenzitással gazdálkodik vagy akár művelési ágat is vált, míg a magas hozamokat akár tovább növeli.

A továbbiakban a precíziós gazdálkodásból származó inputanyag-csökkenés kimutatására végzett kutatások eredményeit szemléltetjük.

Sinka és Mesterházi (2014) a tápanyag-utánpótlásban nagyüzemi gyakorlatban vizsgálta a precíziós technológia hatását, amely során 15 százalékos megtakarítást tapasztalt a kijuttatott tápanyag mennyiségében. Lencsés *et al.* (2014) kutatása alapján a precíziós növénytermesztők hazánkban alátámasztották, hogy a precíziós technológiával jelentős mértékű megtakarítás realizálható a tápanyag-utánpótlásban. Nemzetközi viszonylatban 30 százalékgig terjedő műtrágya- és 20-60 százalékos növényvédőszer-megtakarításról számoltak be a precíziós tápanyag-utánpótlás hatására a talaj homogenitásától függően (Rider *et al.*, 2006; Lowenberg-DeBoer és Swinton, 1997; Blackshaw *et al.*, 2006). Az Amerikai Egyesült Államokban Biermacher *et al.* (2009) a búza esetében a helyspecifikus optikai érzékelővel megvalósult vizsgálatnak megfelelően, változtatható mennyiségben végzett nitrogénhatóanyag-kijuttatás gazdasági megvalósíthatóságát vizsgálva megállapította, hogy versenyképes a precíziós rendszer. Ugyanakkor nem minden esetben tökéletes, mert amennyiben elhagyták a vetés előtti ammóniatrágyázást, a precíziós technológia alkalmazásával nem lehetett felülmúlni az abból eredő költségelőnyt kizárólag a növény növekedési fázisában megvalósított ammónium-nitrát helyspecifikus kijuttatásával. Azaz amennyiben csakis fejtrágyázás során juttatták ki a szükséges nitrogénmennyiséget, még akkor is, ha azt helyspecifikus módon valósították meg, az nem vezetett jobb

eredményre, mintha hagyományos technológiával alaptrágyáztak volna. Biermacher *et al.* (2009) megállapította, hogy a precíziós szenzoros érzékelés legfőbb előnye a nitrogénműtrágya költségének csökkenéséből adódik, ám mindemellett a hozamok növekedését is eredményezi a technológia. A műtrágyázásból származó nettó árbevétel több tényezőre is érzékeny. Egyrészt függ a búza- és a nitrogénforrás áráról, másrészt a nitrogénhasználat hatásfokának szintjétől és a rendszer költségétől. A kimutatott, illetve tapasztalt költségcsökkenés hátterében az átfedések nélküli művelés áll, amely során kizárható az egyes területekre duplán kijuttatott anyagmennyiség. A ráfedésmentes művelés eredményeképpen Lencsés *et al.* (2014) szerint akár 30 százalékkal csökkennek az inputanyagok. Jacobsen *et al.* (2011) korábbi megállapításokra hivatkozva szintén jelentős inputanyagköltség-megtakarítást feltételezett a művelés hatására. A vetőmag, a nitrogén-, foszfor- és kálium-hatóanyagú (NPK) műtrágyák, a gyomirtó, a gombaölő és a rovarölő szerek költségében egyaránt 3-5 százalékos megtakarítással számolt a dán gazdaságokban. Az üzemanyag-felhasználásban ennél jóval magasabb, 25-27 százalékos költségmegtakarítást is elképzelhetőnek tartott a gépnavigáció bevezetésének hatására. Az üzemanyagköltségben tapasztalt jelentős (25-27 százalékos) megtakarításnál kisebb arányú megtakarítás érhető el a növényvédelemben, viszont volumenben meghaladja azt. Bora *et al.* (2012) amerikai viszonylatban bebizonyította, hogy a GPS-alapú irányítási rendszernek köszönhetően az azt alkalmazó gazdaságok 6 százalékkal csökkentették az erőgép működési idejét és 6,3 százalékkal kevesebb üzemanyagot használtak fel ezáltal. Azok a gazdaságok, amelyek automata kormányzást is alkalmaztak, tovább csökkentették a ráfordításaikat rendre 5,8 és 5,3 százalékkal. Jacobsen *et al.* (2011) a költségmegtakarítás mellett a precíziós gépnavigáció eredményeképpen a hozamokban 5-10 százalékos növekedéssel számolt. Feltételezte továbbá azt is, hogy amennyiben az összes elemet együttesen alkalmazzák az üzemek, a kijuttatott gyomirtó szer mennyisége jelentősen csökken, költsége akár 43-65 százalékkal is mérséklődhet az őszi búza, kukorica, repce és cukorrépa esetében egyaránt, emellett az egy hektárra jutó termésmennyiség 7-16 százalékkal is növekedhet a növénykultúrákban. Fontos kihangsúlyozni, hogy korábbi kutatások alapján Jacobsen *et al.* (2011) feltételezte a költségek ilyen mértékű csökkenését dán körülmények között.

A gyomszabályozásban Takácsné *et al.* (2009) gyakorlati tapasztalatokra alapozva megállapította, hogy a vetéssel egy menetben végzett, sorköz-kultivátorozással kiegészített sávpermetezés lényegesen csökkenti a vegyszerfelhasználás mértékét. A vegyszerfelhasználás mértéke akár az 50-60 százalékot is elérheti Sinka és Takács (2010) kutatása alapján. Takácsné *et al.* (2011) modellszámítással is igazolta a sorköz-kultivátorozással kiegészített sávpermetezés vegyszercsökkentő, ezáltal költség-hatékonyság-növelő hatását a teljes felületen végzett kezeléshez képest. A kukorica és a napraforgó esetében táblaszintű üzemgazdasági elemzésekkel igazolta, hogy hektáronként akár 30-40 százalékkal csökkenthető a kijuttatott gyomirtó szer mennyisége. A hozamok tekintetében nem volt minden növénykultúra esetében egyértelmű a sávpermetezés előnye, mert a kukorica termesztése során a teljes felületkezeléssel magasabb hozamot tudtak elérni. Ennek ellenére a közel 50 százalékos költségmegtakarítás miatt mindkét növény esetében magasabb jövedelmet tudtak elérni a precíziós technológia alkalmazásával, így a kukorica és a napraforgó esetében is kimutatták a sávpermetezés gazdaságosságát. Takácsné (2010) szerint jelentős gyomirtószer-megtakarítást a széles sortávú növényeknél lehet elérni. A gyomirtásra vonatkozóan Kalmár (2010) a megelőző kutatási eredmények alapján a beruházás megtérülési számításaiban várhatóan 10-40 százalékos költségmegtakarítást feltételez a precíziós gazdálkodás hatására.

A precíziós szántóföldi növénytermesztés további előnye – a helyspecifikus vetés eredményeképpen – a vetőmag mennyiségének csökkenése. Sinka és Mesterházi (2014) 4 százalékos megtakarítást tapasztalt a vetőmagmennyiségben nagyüzemi gyakorlatban.

Az inputanyag-csökkentésből eredő megtakarítás következtében megállapítható, hogy az inputanyag-igényes növénykultúráknál (kukorica, napraforgó, szója) jelentkezik a nagyobb megtakarítás a magasabb hektáronkénti vegyszerköltség okán, így az alacsonyabb megtakarítási százalékok is

fedezik a többletráfördítást, azaz ezen növények esetében gazdaságos a precíziós növénytermesztés alkalmazása (Takácsné, 2011; Kalmár, 2010). A fő szántóföldi növények közül a cukorrépa igényli a legtöbb növényvédő szert és a felhasznált üzemenyag-mennyiség is ennél a növénykultúránál a legnagyobb, ezáltal a költségmegtakarítás mértéke a cukorrépa esetében a legjelentősebb (Jacobsen *et al.*, 2011).

A precíziós technológia a talajművelésben is eredményesen alkalmazható. A talajszerkezet állapotának fenntartása rendkívül fontos, mert a kijuttatott növényvédő szerek egy része a talajfelszínre jutva környezetszennyező elemként viselkedik, és amelyek lebomlása a talajszerkezet kedvező vagy kedvezőtlen állapotának függvénye. A nem megfelelően megválasztott talajművelési eszköz talajtömörödést okozhat, ezáltal szükségszerű azok körültekintő kiválasztása (Soane és Van Ouwerkerk, 1998). Sulyok (2005) különböző talajművelési rendszereket vizsgált agronómiai és ökonómiai szempontból. Megállapította, hogy minden olyan agrotechnológiai mód alkalmazásával, amellyel kialakítható és megőrizhető az adott kultúrnövény számára az optimális környezet – az évjáráthatást is figyelembe véve –, a kedvezőtlen körülmény melletti alacsonyabb hozamhoz képest nagyobb hozam érhető el.

A különböző talajművelési technikák gazdaságosságát viszont rendkívüli mértékben befolyásolja a talajtípus és a csapadékmennyiség, ezért az eltérő művelések hatásvizsgálata során figyelembe kell venni ezeket a tényezőket. A csernozjom talajon szántásos alpművelésnél a konvencionális műveléssel szemben a precíziós technológiával 16 százalékkal, réti talajon pedig 8 százalékkal magasabb költségarányos jövedelmezőséget mutatott ki a kukoricatermesztésben Sulyok (2012). A hagyományostól eltérő beavatkozás a csernozjom talaj esetében 10 százalékkal csökkentette az önköltséget és hasonló mértékben a termelési költséget, miközben a jövedelem 20 százalékkal nőtt. Réti talajnál 4 százalékkal csökkent az önköltség és a termelési költség, a jövedelem pedig 9,2 százalékkal nőtt. Sulyok (2012) a precíziós gazdálkodás mellett a talajkímélő sávos művelés hatását is vizsgálta, amely során arra a megállapításra jutott, hogy csernozjom talajon a nedvességmegőrző műveléssel az aszályos években érhető el a precíziós szántásos technológiához képest kedvezőbb eredmény. Átlagos csapadékmennyiség vagy csapadéokban bővelkedő években viszont a precíziós gazdálkodással magasabb jövedelem realizálható. A hagyományos őszi szántásnál viszont a sávos művelés a réti talajon még csapadékos évben is gazdaságosabb.

A környezetre gyakorolt externális (külső gazdasági) hatások vizsgálata sem elhanyagolható a technológia előnyeinek meghatározásakor. A precíziós növénytermesztés környezeti és társadalmi fenntarthatóságához való hozzájárulása nehezen számszerűsíthető, és sokan alábecsülik azt (EIP-AGRI, 2015), ennek ellenére a gazdasági előnyök mellett a környezetre gyakorolt hatásokat is rendkívül fontos szemléltetni. A kemikáliahasználathoz tartozó környezetterhelés csökkenését többen kimutatták üzemi (Takácsné *et al.*, 2011; Sinka és Mesterházi, 2014) és makroszinten (Takácsné, 2010) egyaránt. A herbicidmennyiség csökkenése révén a környezet vegyszerterhelése csökken és a talajban, illetve a növénykultúrában mérséklődnek a szermaradványok (Takácsné *et al.*, 2011). Pozitív külső gazdasági hatásként említik továbbá a felszín alatti vizek nitráterterhelésének csökkentését (Sinka és Mesterházi, 2014). Schieffer és Dillon (2014) a precíziós technológia üzemgazdaságra és a természeti környezetre gyakorolt hatásait együttesen vizsgálta. A gazdasági hatások kimutatásához a nettó jövedelem mutatót használták. Agronómiai szempontból a hozamokra gyakorolt változást elemezték, míg a környezeti hatásvizsgálat során két indikátort vettek figyelembe, a nitrogénhasználatot és a szén-dioxid-kibocsátást. A befogadó vizek nitrogénterhelésével mérték a tápanyag-utánpótlással kijuttatott nitrogén-környezet-szennyezés mértékét. A hagyományos és a precíziós technológia összehasonlítása különböző környezetvédelmi szabályozási rendszerekre (adóztatás, kvótarendszer) és precíziós technológiai elemre is kiterjedt. Szabályozásmentes környezetben a precíziós növénytermesztés elterjedése növeli a nitrogénhasználatot és a szén-dioxid-kibocsátást. Ez az úgynevezett „visszapattanó hatás”, amely abból fakad,

hogy az inputanyag-felhasználás hatékonyságát nem feltétlenül azok csökkentése eredményezi, adódhat azáltal is, hogy a nagyobb anyagmennyiség felhasználásának költsége alacsonyabb, mint az abból származó előnyök. Az automata kormányzásnál és a változó mennyiségű kijuttatásnál (*Variable Rate Application*, VRA) tapasztalt nitrogén- és szén-dioxid-mennyiségbeli növekedés is a visszapattanó hatásra reflektál. A VRA-technológiától azt várnánk, hogy csökkentse a kijuttatott mennyiséget, viszont a fentiekben leírt elv érvényesül ennél a technológiai elemnél is, azaz a hozamok növelése és ezáltal magasabb jövedelem elérése érdekében az üzemek növelik inputanyag-ráfordításukat. Az automata szakaszvezérlés sem csökkentette a nitrogénmennyiséget, ellenben a szén-dioxid-kibocsátás redukálódott a kevesebb növényvédő és rovarölő szer, illetve a permetezőgép csökkenő üzemanyag-felhasználásának köszönhetően. Habár a technológiák között akadt olyan, ami a nitrogén környezetterhelését nem csökkenti egyértelműen, az összes precíziós elem együttes alkalmazása során a nitrogénmennyiség 1,1 százalékkal, a szén-dioxid-kibocsátás 3,4 százalékkal csökkent.

Összességében elmondható, hogy a precíziós gazdálkodás környezeti hatása függ az alkalmazott technológiától, illetve azok kombinációjától (Schieffer és Dillon, 2014). A precíziós gazdálkodás minél magasabb szintű művelése egyértelműen pozitív környezeti hatást eredményez, azaz a technológiai elemek együttes alkalmazása a fenntartható fejlődéshez nagymértékben hozzájárul.

A precíziós gazdálkodás előnyei és az alkalmazásból származó megtakarítások mellett a szakirodalmak többsége a technológia hátrányairól is említést tesz.

A legfőbb hátránynak a szakirodalom egybehangzóan a beruházáshoz szükséges többletköltséget nevezi meg. A magas beruházási költségből adódóan a gazdálkodók nem merik vállalni a technológiai váltással járó esetleges kockázatot, amelynek minimalizálása a többletberuházás megtérülésének biztosításával lenne megoldható. A rizikó az input- és outputanyagok eltérő árában, az egymáshoz viszonyított változásában, a termelési szerkezetben (növénykultúrák és azok aránya), a precíziós gazdálkodás célkitűzésében (heterogén vagy homogén hozamok) és az üzemméretben rejlik (Takács-György és Takács, 2011). A technológia bevezetésének kockázata függ továbbá a táblán belüli heterogenitástól, a tápanyag-ellátottságtól és a gyomborítottságtól, illetve a termelési értéktől. Minél homogénebb a gyomborítottság és minél kiegyenlítettebbek a talajtulajdonságok, annál nagyobb lesz a megtérülés kockázata, hiszen a többletberuházást az anyagköltség-megtakarítás nem fedezi. A precíziós növényvédelemre való átállás kockázata alacsony gyomborítottságú terület esetén rendkívül magas, viszont minél nagyobb a gyomborítottsági szint, annál kedvezőbb a technológiára való áttérés addig a pontig, amíg az el nem éri a teljes területkezelés szükségességét. A tápanyag-utánpótlás esetén a kijuttatott tápanyagmennyiség növelésével, azaz a termelésintenzitás emelésének hatására csökken a bevezetés kockázata (Takácsné, 2011).

További hátrány, hogy mélyreható, komplex ismeretanyaggal kell rendelkeznie a vezetőnek a megfelelő alkalmazáshoz (Kalmár, 2010; Takács-György és Takács, 2011), és a munkavállalói oldalról szintén szükséges a technológia ismerete, amelyet még sokan fenntartásokkal kezelnek. Ahhoz, hogy a precíziós eszközök adta lehetőségeket a gazdálkodók és az alkalmazottak teljes mértékben ki tudják használni, megfelelő szaktudásra van szükség. Az agrárszakemberek többsége jelenleg még nem rendelkezik kellő informatikai ismerettel. Fontos, hogy jól működjön a kommunikáció a felhasználók és az agrárinformatikus szakemberek között, ehhez pedig szükség van megfelelő képzésre. Az oktatásokon való részvétel, az információ megszerzése különböző forrásokból elengedhetetlen (Sinka és Mesterházi, 2014) mind a gépkezelés, mind a teljes körű adatgyűjtési és elemzési folyamatok ismerete terén. A gyártók közül többen is felismerték az igényt, és az eladott gép mellé szolgáltatásként gépkezelői oktatást is nyújtanak, telefonon segítséget adnak, biztosítják a folyamatosan újuló szoftverekhez való hozzájutást. Mindazonáltal a termelők képzése mellett a szaktanácsadók számát is tovább kell növelni (KITE, 2016c).

Lencsés (2013) felmérése alapján megállapította, hogy a precíziós növénytermelést alkalmazók a munkaerő- és munkaidő-szükséglet növekedését tartják a legjelentősebb gyakorlati hátránynak. Egy menetben nem lehet kijuttatni az eltérő hatóanyagú műtrágyákat, így minden összetevő esetében külön kell a táblára rámenni, amely növeli az üzemanyag-felhasználást, illetve több munkaórát és talajtömörödést eredményezhet (Sinka és Mesterházi, 2014). Azonban vannak olyan osztott tartályos önjáró gépek, amelyek képesek differenciáltan egy menetben kijuttatni a különböző hatóanyagú monoműtrágyákat, ezáltal a talajtömörödés, a megnövekedett üzemanyag-mennyiség és munkaerő-felhasználás már kiküszöbölhető. Kalmár (2010) a hátrányok között megemlíti, hogy a precíziós technológia alkalmazásának hatékonyságát befolyásolja a tábla (valamint a gazdaság) mérete, továbbá a tábla heterogenitása (pl. talaj fizikai és kémia változékonysága a táblán belül).

A precíziós technológia terén problémát jelenthet az egymással nem kompatibilis rendszerek és eszközök használata. Emiatt egy precíziós beruházás akár elköteleződést is jelenthet egy-egy nagy nemzetközi gépgyártó mellett, különösen, hogy ma Magyarországon a gazdálkodók főként integrátorokon keresztül jutnak e technológiához, akik pedig erősen kötődnek egy-egy nagy gépgyártóhoz (IVSZ, 2016b).

3.2. A precíziós gazdálkodás bevezetéséhez szükséges többletberuházás megtérülésének vizsgálata és az életképes fedezeti méret

A precíziós szántóföldi növénytermesztés elterjedése szempontjából segítséget nyújtana az életképes üzemméret meghatározása, amelyet számos kutatás során eltérő nagyságban állapítottak meg magyarországi viszonyok között (Kalmár, 2010; Takácsné, 2011; Smuk *et al.*, 2009; Ferencsik, 2015).

A fedezeti méret meghatározásához a technológiával elérhető jövedelemtöbblet megadása szükséges, amely az egyes technológiai elemek tekintetében nehezen számszerűsíthető. Minél bonyolultabb a precíziós gazdasági elem, annál nagyobb a beruházás összege és a megtérülési idő (Kalmár, 2010). Az üzemből keletkező jövedelmeket a fedezeti hozzájárulás és a nettó jövedelem alapján kalkulálva állapította meg Takács-György (2007) a technológia bevezetéséből adódó termelési szerkezetváltozás jövedelmezőségre gyakorolt hatását és ennek következményeképpen a precíziós gazdálkodás bevezetéséhez szükséges többletberuházás megtérülését. Az anyagköltségben együttesen (növényvédőszer- és műtrágyaköltség) maximálisan 10 százalékot, a művelési többletköltségben 5 százalékot és a hozamokban 10 százalékos többletet feltételezett a modellszámításhoz. A beruházáshoz szükséges költségeket alapanyag-forgalmazók adatai alapján határozta meg. Mindezek eredményeképpen megállapította, hogy 206 hektáros üzemméretnél érte el a gazdaság a konvencionális üzemek jövedelemszintjét, azaz a közepes méretű gazdaságokban lehet életképes a technológia alkalmazása. A kisméretű gazdaságok számára is létezik megoldás, hiszen a precíziós növénytermesztéshez nem szükséges feltétlenül beruházás, ugyanis bérszolgáltatásként is igénybe lehet venni a technológia egyes elemeit. A bérszolgáltatás, illetve a gépköri együttműködés a technológiát birtokló gazdaságok számára is pozitív, a fajlagos költségeket csökkentheti, ezáltal a beruházás megtérülését gyorsíthatja (Takácsné, 2011). Mivel a magyar gazdálkodók körében az együttműködési hajlandóság és a bizalom a fiatalabb korosztályra jellemző, az agrárgeneráció-váltás pozitív hatást gyakorol az együttműködések kialakítására, ezáltal a bérszolgáltatás igénybevételére, amely kedvező a technológia adaptálása szempontjából (Takács és Baranyai, 2010).

Smuk *et al.* (2009) szerint a gazdálkodás mérete és a tervezett hasznos élettartam szoros összefüggésben áll a technológia bevezetéséhez szükséges beruházások megtérülésével. Standard körülmények között két eltérő beruházásigényű rendszert vizsgáltak, mely során mindkét esetben feltételezték, hogy a gazdálkodáshoz nélkülözhetetlen gépekkel már rendelkezik az üzem, így a helyspecifikus

tápanyag-visszapótláshoz elengedhetetlen eszközök beszerzéséhez szükséges beruházási összeggel számoltak, amely az első alternatívában 4 587 180 forintot, míg utóbbi esetében 3 247 400 forintot tett ki. Az első lehetőségnél a gazdaságos üzemméret 46 hektár, a második esetben 33 hektár, amennyiben a megtérülési idő 6 év. Abban az esetben, ha a megtérülési idejét 1 évvel rövidítették, a fedezeti méret mindkét esetben közel 2,5-szeresére nőtt. A megtérülési idő érzékenyen reagál továbbá az árfolyamváltozásokra és a hozamingadozásra. Az árfolyam-ingadozások a modellszámításukban meghatározott változatokban 304 százalékos eltérést is eredményeztek, vagyis a kisebb gazdaságok számára akár veszteséges is lehet a beruházás az árfolyam kedvezőtlen alakulásának következtében. A hozamok változása szintén jelentősen módosítja az üzemméretet, hiszen 5 százalékos hozamcsökkenés mellett – 5 éves megtérülési időszak esetén – 14,5 százalékkal nő a gazdaságos üzemméret. A hozamok pozitív irányba történő elmozdulásakor viszont kevésbé intenzív a befolyásoló hatás. Takácsné (2011) megállapítása alapján a növényvédőszer-használat intenzitása is rendkívüli mértékben befolyásolja a megtérülési időt. Amennyiben csökkentik azt, a kritikus hozamszint és ezzel összefüggésben a kritikus üzemméret is kitolódik. A növényvédelemben a költség és az értékesítési ár változása módosítja a kritikus hozamnagyságot, az őszi búza-ágazatban például főként az árváltozás hatása dominál a hozamszint kitolódásában.

Ferencsik (2015) a szántásos, a középmedély lazításos és a sávos talajművelési technológiákhoz szükséges beruházás megtérülését vizsgálta 50, 100, 150, 200, 250 és 300 hektáros művelt területnagyság esetén. Megállapította, hogy csökkentett menetszámú szántásos és a középmedély lazítóra alapozott, illetve a sávos technológia esetében egyaránt 150 hektár művelt területnagyság szükséges ahhoz, hogy a beruházás megtérüljön.

3.3. A szántóföldi növénytermesztésben alkalmazott precíziós technológia makrogazdasági hatásai

A gyakorlati tapasztalat és egyes szakirodalmak (Schieffer és Dillon, 2015) megállapítása alapján az inputanyag-ráfordítás nem minden gazdaság esetében fog egyértelműen csökkenni, hiszen azok az üzemek, amelyek a precíziós növénytermesztésre való áttérést megelőzően a szükségesnél kevesebb inputanyagot juttattak ki a termőterületükre, növelni fogják a növénytermesztés gyakorlatában nélkülözhetetlen anyagok mennyiségét a magasabb hozamok reményében. Ezáltal a precíziós gazdálkodás makroszintű hatásainak kimutatásakor nem számolhatunk minden körülmények között mennyiségi csökkenéssel, viszont hatékonyságnövekedéssel annál inkább. A fentiekben már említésre került, hogy a precíziós gazdálkodásból eredő költségmegtakarítást számos tényező befolyásolja, így a számszerűsítése különböző növénykultúrákra, eltérő talajadottságokra (heterogenitásra, gyomborítottságra, domborzati viszonyokra stb.) javasolt. Ennek eredményeképpen nehéz országos szinten a precíziós növénytermesztés hatásáról számot adni, viszont a már meglévő kutatási eredmények lehetőséget adnak közelítő becslésekre, amelyekből meg lehet állapítani a technológia széles körű elterjedtségéből eredő főbb hatásokat.

Takácsné (2011) megállapítása szerint a precíziós gazdálkodás bevezetésével 5-10-20 százalék közötti megtakarítás várható. Az üzemek 15, 25 és 40 százalékának áttérését feltételezve végzett számításokat szántóföldi növényt termelő és vegyes gazdaságok esetében. Az EU25-ök szintjén 15 százalék átváltó üzem mellett a korábbi hozam eléréséhez 5 százalék megtakarítást feltételezve 32 ezer tonnával kevesebb hatóanyag kijuttatása szükséges, 20 százalék esetében ez 127 ezer tonna. Az üzemek 25 százalékos átváltásával a megtakarítható mennyiség 53-211 ezer tonna, 40 százalékos átváltás mellett pedig 85-338 ezer tonna. Magyarország tekintetében a korábbi hozamok elérése érdekében az üzemek 15 százalékos átváltása mellett 964-3780 tonna hatóanyag megtakarítása tervezhető. Ugyanez 25 százalékos átváltásnál 2027-8109 tonna, 40 százalékos átváltásnál pedig 2521-10 082 tonna. Mindez jelentős költségmegtakarítást jelent, mivel a gabonafélék termelési költségeinek 8-15 százalékát teszi ki a tápanyagellátás anyagköltsége. A precíziós növénytermesztés széles körű elterjedése a műtrá-

gyaköltségekben az EU25-ök szintjén 327-1308 millió euró megtakarítást eredményezhet, Magyarországon pedig 8,5-34,3 millió eurót.

A növényvédőszer-felhasználás csökkentése révén jelentősebb, 25-30-50 százalékos anyagmegtakarítás érhető el a precíziós gazdálkodásra való áttéréssel. Az EU25-ök esetében az üzemek 15 százalékanak átállása mellett 5,7-11,4 ezer tonnával kevesebb hatóanyag kijuttatása tervezhető, míg 25 százalékos átállásnál 8,2-14,1 ezer tonna, 40 százalékos átállásnál pedig akár 15,2-30,4 ezer tonna is lehet a megtakarítás. Magyarországon ágazati szinten, amennyiben az üzemek 15 százaléka tér át precíziós gazdálkodásra, 137-275 ezer tonna növényvédő szer takarítható meg, az üzemek 25 százalékos átállásánál 229-587 ezer tonna, 40 százalékos átállást feltételezve pedig akár 470-940 ezer tonna. Ez az EU25 szintjén 1674-2648 millió euró, Magyarország vonatkozásában 46,6-93,2 millió euró költségmegtakarítást jelent éves szinten.

Jacobsen *et al.* (2011) a gépnavigáció és a precíziós technológia elterjedésének a dán makrogazdaságra gyakorolt hatásvizsgálata során megállapította, hogy a teljes technológia országos szintű alkalmazásának hatására a gazdák jövedelmi helyzete erősödne, az üzemanyag-felhasználás és a növényvédő és gyomirtó szer mennyisége pedig csökkenne, ennek következtében a biológiai sokféleség (biodiverzitás) javulna. Az agrárgazdaság jövedelme, illetve a mezőgazdaság és az élelmiszeripar termelése egyaránt növekedne, ha minél nagyobb számban térnének át a gazdálkodók a precíziós növénytermesztésre. Az agráriumban megtermelt mennyiség növekedésének hatására más iparágak relatív versenyképessége romlana, aminek köszönhetően azok tovább növelnék produktivitásukat. Abban az esetben, ha minden gazdaság precíziós technológiával végezné termelését, a bruttó kiadások értéke 24,8 millió euróval (0,013 százalékkal), a bruttó hazai össztermék (GDP) pedig 26,4 millió euróval, azaz 0,012 százalékkal növekedne. Összességében a precíziós gazdálkodás minél szélesebb körben való elterjedése hasznos lenne a dán gazdaság számára.

A makrogazdasági tényezők kapcsán fontos említést tenni a precíziós technológia agrár-környezetvédelmi szabályozásra gyakorolt hatásáról is. Schieffer és Dillon (2014) amerikai kutatók megállapították, hogy habár a precíziós növénytermesztés növeli az inputanyag-felhasználás hatékonyságát, a szabályozásra egyes esetekben ellenkező hatást fejt ki, különösképpen a gazdasági ösztönzőkön (adók, támogatások) alapuló szabályozás hatásosságát csökkenti. Ahogy az a fentiekben már említésre került, a precíziós technológia alkalmazása attól függően, hogy milyen technológiai elemet használnak a gazdálkodók (automata kormányzás, automata szakaszvezérlés, VRA-technológia, illetve ezek kombinációja), eltérő hatást gyakorol a környezetre. Annak ellenére, hogy egyes technológiai elemek szabályozásmentes környezetben történő alkalmazása nem módosítja, esetlegesen növeli a felhasznált nitrogén mennyiségét és ezáltal a környezetre negatív hatású, az elemek teljes vertikumának együttes használata egyaránt csökkenti a nitrogénfelhasználást és a szénlábnymot. A technológiák kombinációjával a nitrogénlimit betartásához a gazdálkodónak kevésbé kell csökkentenie annak mennyiségét, az adóztatás hatására pedig a termelők több nitrogént használnak fel, mintha nem lenne érvényben környezetvédelmi szabályozás, vagyis mindkét szabályozási mód esetében csökken annak hatékonysága a precíziós gazdálkodásra való áttérés hatására. A hatékonyságvesztés okára a környezetszennyezés gazdaságtana ad magyarázatot, miszerint a felhasznált nitrogénmennyiség csökkenéséből adódóan a szennyezés mérséklődik, ezáltal az egységnyi szennyezés megszüntetésére jutó költség (szennyezéshárítási határköltség) – amely elmaradt haszon formájában jelentkezik – pedig növekedni fog. Mindez a termelők hozzáállásának megváltozását vonja maga után a környezetszennyezés mérséklésére vonatkozóan. Így a hagyományos termelési szerkezetű üzemekre kialakított szabályozási rendszer a precíziós gazdaságokra már nem alkalmazható eredményesen. Ez a felismerés az agrárgazdaság szennyezőanyag-kibocsátása szabályozásának megalkotásában érdekelt szakembereket arra készteti, hogy számításba vegyék a precíziós technológia egyre nagyobb terjedését, illetve annak hatásait, és módosítsanak a meglévő környezetvédelmi szabályozáson.

4. Anyag és módszer

Kutatásunk során kétféle primer információs forrásra támaszkodtunk. Egyfelől a precíziós mezőgazdaság és talajkímélő művelés magyarországi elterjedtségének, illetve alkalmazási jellemzőinek feltárása céljából kérdőíves felmérést végeztünk. Ezen felül néhány (szám szerint három) mintaüzemben – amelyek ugyancsak kitöltötték a kérdőívünket – mélyinterjúkat végeztünk. A kérdőíves primer adatgyűjtést azután szekunder adatokkal is összekapcsoltuk, és az így kapott adatbázison végeztük el a technológiai előnyök, illetve hátrányok vizsgálatát. A mélyinterjúba bevont mintaüzemekre vonatkozóan is rendelkezünk pénzügyi adatokkal, amelyeket ugyancsak elemeztünk. Jelen fejezet első részében a kérdőíves felmérés jellemzőit, valamint az ehhez szorosan kapcsolódó statisztikai jellegű vizsgálatokat ismertetjük, a második részben pedig a mélyinterjúba bevont mintaüzemek adatain végzett vizsgálatokat mutatjuk be.

4.1. Kérdőíves felméréshez és az ökonómiai vizsgálatokhoz kapcsolódó módszertani megjegyzések

A kérdőíves felmérés a precíziós és a talajkímélő gazdálkodás szántóföldi növénytermesztésben való elterjedtségére és alkalmazásuk körülményeire terjedt ki, és amely az AKI tesztüzemi rendszerben szereplő közel 1000 szántóföldi növénytermesztő üzem körében valósult meg. A kérdőívre 656 üzem adott választ, azaz az AKI tesztüzemi rendszerben nyilvántartott szántóföldi növénytermesztő üzemek megközelítőleg 70 százaléka. A mezőgazdaságban közel 110 ezer egyéni gazdaság és társas vállalkozás működött 2015-ben, melyből a válaszadók az egyéni gazdaságok 61,5 százalékát, míg a társas vállalkozások 65,6 százalékát reprezentálják. A kitöltők közül 45 bizonyult precíziós növénytermesztőnek, azaz a 656 válaszadó 6,9 százaléka végzett precíziós tevékenységet a 2014/2015-ös termelési évben, akik az egyéni gazdaságok 1,2 százalékát, míg a társas vállalkozások 4,5 százalékát reprezentálják.

A kutatás során a precíziós növénytermesztés statisztikailag igazolható közgazdasági hasznának kimutatása volt a cél. Választ kerestünk arra, hogy a magyarországi termelőknek megéri-e a precíziós technológiát alkalmazni, hiszen ahogy az a fentiekben már említésre került, a szakirodalom eltérően vélekedik a precíziós növénytermesztés jövedelmezőségéről. Itt kell megjegyeznünk, hogy bár a precíziós technológia előnyeinek kimutatása volt a fő cél, ugyanakkor a precíziós és talajkímélő művelés hatásai sem a hozamok, sem pedig a költségek tekintetében nem választhatók szét a gyakorlatban, ezért azok hatása együttesen kerül figyelembevételre. A fogalmazás egyszerűsítése céljából a továbbiakban a precíziós technológia hatásait tárgyaljuk, azonban minden esetben feltételezzük a talajkímélő gazdálkodás adottságokhoz illeszkedő alkalmazását.

A precíziós gazdaságok által a kérdőívre adott válaszok összekapcsolhatók voltak a tesztüzemi rendszer adataival, illetve az ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatokkal, hiszen a tesztüzemi rendszerben szereplő vállalkozások töltötték ki azt. Az adatok összefűzése mélyebb elemzéseket tett lehetővé. Az összekapcsolás során a hibás válaszokra is fény derült, így azokat kiszűrtük a vizsgálatból. A mintasokaságot képező 656 üzem közül azok a gazdaságok kerültek besorolásra a precíziós növénytermesztők közé, amelyeknél egyértelművé vált, hogy a technológia alkalmazására adott válasza igaz, azaz minden további a helyspecifikus gazdálkodását érintő kérdésre is értékelhető választ adott. A gazdálkodók válaszai először a tesztüzemi rendszer üzemi szintű adataival kerültek összevetésre, azaz minden üzemhez a 2015. évi mérleg- és eredménykimutatás-adata kapcsolódott. A kérdőívre érkezett válaszok üzemi szintű adatokkal való összekapcsolása nem volt célravezető, ugyanis a mélyinterjúk során is megerősítés érkezett arra vonatkozóan, hogy számos eredménykimutatásban szereplő tétel torzítja a precíziós gazdálkodásból származó jövedelem megállapítását. Mivel kizárólag a helyspecifikus szántóföldi növénytermesztésből eredő haszon kimutatása volt a cél, így a támogatások és a földbérleti díj torzító hatásával volt szükséges korrigálni az

adatokat. Emellett viszont számos egyéb a precíziós tevékenységhez közvetlenül nem köthető tétel is jelentősen befolyásolta mind az árbevétel, mind a költségek oldaláról a vállalkozások eredményeit (például az integrátori szerepet betöltő gazdaságoknál az ebből a tevékenységből származó árbevétel alakulása). Az adatok ilyen tényezőktől való konzisztens megtisztítása információk hiányában nem volt lehetséges mind a 45 gazdaságnál, így a gazdaságok üzemi szintű adatai helyett a precíziósan termesztett növénykultúráik költség- és jövedelemadatait kapcsoltuk össze a kérdőívben megjelölt válaszokkal. Ez azt jelenti, hogy a számítások az AKI Ágazati Költség- és Jövedeleminformációs Osztálya által összeállított ágazati adatbázisból származó információkon alapulnak. A számítások alapját a több év adatait felhasználó esetekben vetésterülettel súlyozott és minden esetben hektárra vetített adatok képezték.

Az összehasonlítás alapját kontrollcsoportok kialakításával biztosítottuk. Az eltérő szempontok figyelembevétele a precíziós szántóföldi növénytermesztés jövedelmezőségének elemzése során négy különálló, ám egymással összefüggő számítási változatot eredményezett.

Az első változatnál megállapításra került, hogy mely növénykultúráknál folytatott precíziós termesztést a gazdaság a 2014/2015. gazdálkodási évben és ezen növényekre külön lett meghatározva a kontrollcsoport az ágazati adatbázisban szereplő összes hagyományos szántóföldi növénytermesztést végző üzem figyelembevételével. A kontrollcsoportot képező üzemek egy hektárra vetített átlagos adatai kerültek összehasonlításra a helyspecifikusan gazdálkodó üzem értékével, majd a két érték százalékos eltéréseinek átlaga fejezi ki a hagyományos és a precíziós gazdálkodás különbségét. A kontrollcsoport kialakításánál megkülönböztettük az egyéni gazdaságokat és társas vállalkozásokat, azaz ha a precíziós gazdálkodást egyéni gazdaság folytatta, akkor a kontrollcsoportba is kizárólag egyéni gazdaságokat vettünk figyelembe. A végső átlagos százalékos eltérés egyéni és társas gazdaságokat egyaránt magában foglal.

A vizsgálat tárgyát 13 kultúrnövény és 45 gazdaság képezte. Előbbiek közül a számítás a búzánál és a kukoricánál 32, napraforgónál 27, őszi káposztarepcénél 16, őszi árpánál pedig 13 precíziós gazdaságra terjedt ki. A fennmaradó növénykultúráknál (szójabab 5, cukorrépa 4, tavaszi árpa 3, őszi durumbúza 3, csemegekukorica 2, őszi tritikálé 2, rozs 1, tavaszi zab 1 üzem) az alacsony mintaelemszám miatt nem lehetett elvégezni a vizsgálatokat.

Mivel a vizsgált 45 üzemből 17 esetében volt elérhető információ hosszabb időszakra, a második változatban indokoltá vált ezen gazdaságok részletes vizsgálata. A 17 üzemnél az új termesztéstechnológia bevezetése előtt legalább 3 évre, a precíziós technológia bevezetését követően pedig legalább 2 évre – bevezetés évével szintén három évre – vonatkozóan állt rendelkezésre ágazati költség- és jövedelemadat. Az időjárási hatások kiszűrése céljából a 17 üzem 3 éves átlagadatai képezték a számítások alapját, amelyeknél figyelmen kívül hagytuk azokat az éveket, amikor elemi kár miatt szenvedett hozamkiesést a gazdaság. A kontrollcsoport képzése a fentiekhez hasonlóan alakult, az egyéni és társas gazdaságokra külön-külön. Minden gazdaság adott évi adatához a kontrollüzemek megegyező évi értékeinek társítása után átlagolásra kerültek az eredmények. Mivel egy-egy ágazatban évente nem szükségszerűen ugyanazok az üzemek szerepelnek, ezért az egyes évek kontrollcsoportjai kismértékben változnak. Ez alapján a vizsgálat tárgyát a búza esetében 12, kukoricánál 10, napraforgónál 8 üzem képezte. Őszi káposztarepcét 2, őszi árpát 3, csemegekukoricát és szójababot pedig mindössze 1 üzem termesztett a 17 közül.

A harmadik változatban a szakirodalomban leírtak és a mélyinterjún elhangzottak alapján a kontrollcsoportba eső üzemek körét intenzitásuk és területük alapján szűkítettük. Mivel a precíziós szántóföldi növénytermesztés hagyományos termesztéstechnológiával való összehasonlítása során az extenzíven gazdálkodókat és az intenzíven termelőket külön szükséges kezelni, így a kontrollcsoportban is szét kellett választani őket. Ennek megfelelően a termelési költségekben maximum ± 20 százalékos eltérés volt megengedhető a kontrollcsoportban a mintaüzemekhez képest. Továbbá

a vetésterület mérete is jelentősen befolyásolhatja az eredményt, így abban szintén ± 20 százalékos intervallum került meghatározásra. Az előző változathoz hasonlóan a 17 üzemnél a precíziós technológia bevezetésétől számított 3 év adatainak átlaga, míg a kontrollcsoport esetében szintén a mintaüzemeknél vizsgált évek kerültek elemzésre. Abban az esetben, amikor a ± 20 százalékos feltétel szűknek bizonyult, azaz a precíziós üzemekhez tartozó kontrollcsoportba csak nagyon kevés (10-nél kevesebb) üzem tartozott, ott a korlátozó feltétel ± 10 százalékkal – azaz ± 30 százalékra – bővítésre került.

A negyedik változatban a területi, domborzati, üzemméretbeli stb. különbözőségek kiszűrése céljából az üzemeket önmagukkal vetettük össze. Pontosabban azt vizsgáltuk, hogy a technológia bevezetése előtt és után hogyan változott a gazdaságok teljesítménye. A vizsgálat során a precíziós technológiára való áttérés eredménye, vagyis a bevezetés előtti időszak éveinek átlaga került összehasonlításra az alkalmazás utáni évek átlagos adataival a különböző növénykultúrákban. Minden üzemnél a különböző növénykultúrákban alkalmazott technológiára vonatkozó költség- és jövedelemelszámolási tétel változását vizsgáltuk, vagyis amennyiben a termesztés során a tápanyag-utánpótlásban differenciált kijuttatást alkalmaznak, úgy a felhasznált műtrágyamennyiség, illetve -költség képezte az elemzés tárgyát. Sajnálatos módon nem állt rendelkezésre minden inputanyagra vonatkozóan mennyiségi adat, ezáltal a növényvédő szer és a vetőmag alakulásának vizsgálata során kizárólag költségadatokra tudtunk támaszkodni. Ezen változóknál viszont az árszínvonal-változás hatását figyelembe kellett venni, így a növényvédőszer- és a vetőmagköltséget egyaránt defláltuk a Központi Statisztikai Hivatal által meghatározott ráfordítás-árindex adatai alapján. Ennek megfelelően az áringadozás mértékével korrigált adatok pontosabban szemléltetik a precíziós gazdaságok inputanyag-ráfordításainak alakulását. Továbbá a hozamátlagok megállapításánál figyelembe vettük az elemi kár miatti hozamkiesést, vagyis a vizsgált évek közül kiszűrtük azokat, amikor a gazdaság az időjárás miatt szenvedett el hozamesőket.

Valamennyi számítási változatnál felmerült, hogy különbséget kellene tenni a precíziós gazdaságok között aszerint, hogy milyen mélységben alkalmazzák a technológiai elemeket a különböző munkaműveleteknél. Ennek érdekében öt kategóriába soroltuk az üzemeket:

1. az egyes agrotechnikai folyamatokban kizárólag sorművelést végző – azaz sorvezetőt használó – üzemek;
2. a technológiát kombináltan, egy menetben több agrotechnikai elembe alkalmazzák (például a talajművelésben alpműveléssel egybekötött tápanyag-kijuttatást, a növényvédelemben kapcsolt differenciált fejtrágyázást végzők);
3. azok a gazdálkodók, akik az előzőeken túl a vetés során is képesek változtatni a tőszámot, illetve a talajművelés gyakorlatában pedig a művelésmélységet;
4. a precíziós technológia csúcán azok az üzemek kaptak helyet, amelyek menedzsmentzónákat alakítanak ki és differenciáltan juttatják ki a növényvédő szert és/vagy a műtrágyát a területeknek megfelelő mennyiségben;
5. a kérdőíves válaszadás során lehetőség volt az egyéb kategória megjelölésére az agrotechnikai elemekre vonatkozóan, ezáltal az egyéb választ adók köre képezte a technológiai bontásban szereplő utolsó csoportot.

A besorolás eredményei a 6. mellékletben szerepelnek. Sajnos a mintaelemszám nem bizonyult elegendőnek ahhoz, hogy a kategorizálás figyelembe vehető legyen az egyes vizsgálatoknál.

A hipotézisek az SPSS program segítségével kerültek igazolásra, illetve elvetésre. A 17 precíziós üzem által termesztett növénykultúra, illetve a hozzájuk tartozó kontrollüzemek növényei esetében a hipotézisek igazolásához szükséges ismérvekre (hozam, egységnyi termelési költségre vetített termelési érték, önköltség, ágazati eredmény) különböző statisztikai mutatókat vizsgáltunk. A mutatók a következők: átlag, módusz, medián, szórás, szórás terjedelme, minimum- és maximumérték, emellett az interkvartilis terjedelem is lehatárolásra került. Ezt követően aszimmetria-, csúcsosság- és

végül normalitásvizsgálat alá vetettük a főbb változókat. A normalitásvizsgálat során Shapiro–Wilk-próbával került meghatározásra a szignifikancia szintje, amely ha 0,05-nél nagyobbak bizonyult, abban az esetben beigazolódott a normalitás. A normalitásvizsgálat eredménye lehetővé tette a varianciaelemzés elvégzését (ANOVA-teszt), amely során igazolásra kerültek az általunk megfogalmazott hipotézisek.

4.2. A mintaüzemek vizsgálatához kapcsolódó módszertani megjegyzések

A mintaüzemek vizsgálatánál az alábbi adatforrásokra támaszkodtunk:

- A precíziós és a talajkímélő gazdálkodás szántóföldi növénytermesztésben való elterjedtségére és alkalmazásuk körülményeire vonatkozó kérdőíves megkérdezés adatai.
- Az AKI Ágazati Költség- és Jövedeleminformációs Osztálya által gyűjtött és összeállított 2010–2015-ös időszakra vonatkozó ágazati adatbázisból származó információk.
- Az Agrárgazdasági Kutató Intézet Tesztüzemi Információs Rendszerének 2010–2015-ös időszakra vonatkozó ágazati költség- és jövedelemadatai.
- A vizsgálat során a mintaüzemek adatait vetettük össze a nem precíziós gazdálkodást végző üzemekből képzett kontrollcsoporttal. Az ide tartozó üzemeknél – a kérdőívek alapján végzett vizsgálatokhoz hasonlóan – figyelembe vettük, hogy egyéni gazdaságként vagy társas vállalkozásként működnek-e.

A két csoport közötti vizsgálat alapját 5 növénykultúra képezte: búza, kukorica, napraforgó, őszi káposztarepce és cukorrépa. Az ágazatok szerint differenciáltuk a fent említett két csoportot és a 2010–2015-ös időszakra vonatkozóan határoztuk meg az átlagos értékeket, amelyek vetési alapja a vetésterület (hektár), illetve a megtermelt mennyiség (tonna) volt.

Az összehasonlíthatóság miatt a mintaüzemek eredményei alapján a kontrollcsoport üzeleinek körét szűkítettük növénykultúránként, melynek alapja a mintaüzemek ágazatonkénti, azon belül évenkénti vetésterülete és termelési költsége volt. Mind a vetésterület nagysága, mind a termelési költségekben minimum ± 30 százalékos eltérés volt megengedhető a kontrollcsoportban a mintaüzemekhez képest. A kontrollcsoportba tartozó üzemek esetében az eltéréseket a mintaüzemek adatai alapján évente határoztuk meg. Abban az esetben, amikor a feltételként meghatározott intervallum szűknek bizonyult – nem került üzem a kontrollcsoportba –, a korábban meghatározott értékköz néhány esetben bővítésre került.

4.3. A makrobecllés és a beruházásmegtérülési vizsgálatok módszertana

A 8.2 fejezetben becllést végeztünk arra vonatkozóan, hogy hogyan alakulnak a gazdálkodást jellemző mutatók ágazati szinten abban az esetben, ha az üzemek egy csoportja áttér a precíziós gazdálkodásra. Az áttérést azon üzemek esetében feltételeztük, amelyeknél az ökonómiai vizsgálatok azt jelezték, hogy a precíziós technológia a hagyományoshoz képest magasabb fajlagos jövedelemmel bír. A technológiaváltást végző üzemek lehatárolásánál két tényezőt vettünk figyelembe, a méretet és a termelési költséget. Csak azoknál az üzemeknél feltételeztük a precíziós gazdálkodás bevezetését, amelyeknek területe elérte a vizsgált 17 precíziós üzem területének alsó határát. A méretkülbségek tekintetében differenciáltuk az üzemeket aszerint, hogy a tevékenységet egyéni vagy társas gazdálkodásban folytatja-e az üzem. A második korlátot a termelési költség jelentette; azokról az üzemekről feltételeztük, hogy áttérnek a precíziós gazdálkodásra, amelyek termelési költsége meghaladta a 17 precíziós üzem ágazatonkénti legalacsonyabb fajlagos termelési költségét. Az egyéni és társas gazdaságok között ez esetben is különbséget tettünk.

Fontos megjegyezni, hogy a területi korlátokat napraforgó és őszi káposztarepce esetében lefelé, az őszi árpa esetében felfelé korrigáltuk. Erre azért volt szükség, mert a becslés eredményeként ezen növények teljes vetésterületéhez képest aránytalanul magas vagy alacsony területnagyság adódott. Ez a gyakorlatban nem fordulhat elő, mivel az egyes gazdaságok vetésforgóban termelnek (ennek pedig gyakran mind az öt növény részét képezi), ezért elképzelhetetlen, hogy ilyen mértékű területi különbségek adódjanak. A becslés alapjául szolgáló mintában szereplő üzemek között kevés volt a precíziós, ezért a kontrollcsoportok behatárolása során napraforgónál és őszi káposztarepcénél a többi növényhez képest nagyon nagy, őszi árpánál pedig kisebb területek keletkeztek. A tény- és módosított adatokat a 10. mellékletben közöltük, az eredeti korláttól való eltérést szürke színnel jelöltük.

Az alábbiakban a precíziós gazdálkodás hozamra, termelési értékre, termelési költségre, ágazati eredményre, vetőmagköltségre, növényvédőszer- és műtrágyaköltségre gyakorolt hatásait bemutató ábrákon a százalékos értéket a fejezet első felében már részben közölt minimum- és maximum- (szorzók) értékekkel számítottuk. (Az összes felhasznált szorzót a 11. melléklet tartalmazza.)

A beruházásmegtérülési vizsgálatnál nettó jelenérték-számítást végeztünk 7 éves időszakra 3 százalékos kamattal. A megtérülési vizsgálatokhoz kapcsolódó egyéb módszertani megjegyzéseket a 8.3. alfejezetben részletesen közöljük.

5. A precíziós és a talajkímélő gazdálkodás elterjedtsége, alkalmazásának színvonala és termelői megítélése

A precíziós gazdálkodás és talajkímélő művelés hazai helyzetének felmérése céljából a szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozó tesztüzemi gazdaságok körében primer adatgyűjtést végeztünk. A felmérés során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a termelők milyen forrásokból szereztek tudomást a precíziós és a talajkímélő gazdálkodásról, mely tényezők gátolták őket a korábbi bevezetésben, illetve hogy melyek azok az ösztönzők, amelyek elősegíthetnék a technológia elterjedését. A megkérdezés alkalmával kitértünk a precíziós gazdálkodási technológiák környezeti/gazdasági/társadalmi fenntarthatóságához való hozzájárulásának megítélésére, az agrotechnikai felszereltségre, a precíziósan végzett tevékenységekre, a technológia üzemre gyakorolt hatására és a növénytermesztés gyakorlatában megvalósult változásra. A termesztett növénykultúrák precíziós gazdálkodással művelt területére, illetve a növényfajokban alkalmazott technológiai elemekre a 2014/2015. gazdálkodási évre vonatkozóan adtak információt a termelők. Végül a felmérésben a talajkímélő művelési elemekre és azok hatására is rákérdeztünk.

A kérdőívet kitöltő 656 szántóföldi növénytermesztő gazdálkodó közül 45 vállalkozás alkalmazott precíziós technológiát a vizsgált termelési évben, míg 112 gazdaság úgy nyilatkozott, hogy talajkímélő művelést végez. A kérdőív első része a precíziós gazdálkodásra vonatkozó általános kérdéseket tartalmazta, így ezen szakaszban az összes értékelhető kitöltés került elemzésre. A második blokkra kizárólag a precíziós szántóföldi növénytermesztőktől vártunk választ, a harmadik egységben pedig a talajkímélő technológiát alkalmazók szolgáltattak adatot.

5.1. Általános kérdések

Szinte valamennyi válaszadó hallott a precíziós és a talajkímélő technológiáról. Előbbiről mindösszesen a kérdőív kitöltők 0,5 százaléka, míg utóbbiról 0,6 százaléka nem értesült a felmérést megelőzően (5. ábra). A kitöltők közel 60 százaléka szerint a precíziós gazdálkodás tekintetében a legjelentősebb kommunikációs csatornának a nyomtatott szakmai lap bizonyult, míg a talajkímélő művelésről elsősorban más gazdálkodótól hallottak. A válaszadók nagy része internetes szakmai oldalakon értesült a technológiákról, emellett kiállítások, vásárok, szakmai bemutatók keretében, illetve szaktanácsadótól is sokan szereztek tudomást és információt az általunk vizsgált gazdálkodási technológiáról. Kevésbé volt jellemző az alapanyag- vagy gépforgalmazóktól, a szakmaközi szervezetektől vagy az oktatás keretében szerzett ismeret.

A precíziós és a talajkímélő gazdálkodásról értesülők többsége elismeri a technológiák környezeti és gazdasági fenntarthatóságához való hozzájárulását (6. ábra). A válaszadók 43,2 százaléka szerint számottevő mértékben, közel egyharmada szerint jelentősen és további mintegy 23 százaléka szerint pedig kismértékben járul hozzá a két gazdálkodási technológia a környezet állapotának megőrzéséhez, illetve javításához. A gazdasági fenntarthatóságához való hozzájárulás mértékéről hasonlóan vélekedtek a válaszadók, a társadalmi fenntarthatóságról viszont már nem képviselnek egységes álláspontot. A két növénytermesztési technológia a kitöltők 13,8 százaléka szerint semmilyen formában nem járul hozzá a társadalmi fenntarthatósághoz.

5. ábra: **Technológiai ismeretek forrásai**

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

6. ábra: **A precíziós és a talajkímélő művelés fenntarthatósághoz való hozzájárulása**

Forrás: Kérdőíves felmérés alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Annak ellenére, hogy csaknem valamennyi gazdálkodó értesült a technológiákról és elismeri annak a fenntarthatósághoz való hozzájárulását, számos gátja van a művelésmód terjedésének. A legfőbb akadályt mindkét esetben a válaszadók egyértelműen a beruházás többletköltségében látják. A precíziós növénytermesztésre való áttérés esetében a magas beruházási költség a 460 értékelhető kitöltés több mint fele, míg a talajkímélő művelést végzőknél a kitöltések 31,8 százaléka hivatkozott. Ez azon hipotézisünket támogatja, miszerint a precíziós szántóföldi növénytermesztés elterjedését leginkább akadályozó tényező a magas beruházási költség. A precíziós gazdálkodás elterjedését gátló tényezőket azonosítók 15,0 százaléka szerint gazdasági méretükhöz nem alkalmazható eredményesen a technológia és további 12,0 százaléka szerint a bevezetéséhez szükséges többletráfordításhoz

nem áll rendelkezésre megfelelő finanszírozási lehetőség. A várakozásoknak megfelelően azok a gazdaságok, amelyek az üzemméretükhöz nem tudták elképzelni a precíziós technológia bevezetésének eredményességét, zömében (77,8 százalék) 200 hektár alatti vetésterülettel rendelkeztek. A finanszírozási lehetőség hiányát megnevezők között nem meglepő módon domináltak (a válaszadók 83,6 százaléka) a kisméretű, családi gazdaság tagjaként, egyéni vállalkozóként vagy östermelőként tevékenykedő gazdaságok. A precíziós gazdálkodás elterjedésében a válaszadók szerint problémát jelent továbbá az alkalmazáshoz szükséges szaktudás és az üzemeltetési tapasztalat hiánya, illetve az új technológiával szembeni bizalmatlanság is gátat szab a terjedésnek (7. ábra). Kevésbé tartják akadályozó tényezőnek, hogy a hiányzó technológiai elemek nem vehetők igénybe szolgáltatásként és véleményük szerint az új technológia bevezetéséhez szükséges idő hossza sem gátolja jelentős mértékben a gazdálkodókat a bevezetésben. Az elérhető szaktanácsadás hiányát elenyésző számban jelölték meg a termelők az elterjedést gátló tényezők között, vélhetően azért, mert a válaszadók többsége még nem alkalmazta a technológiát, ezért nem érezte a szaktanácsadás szükségszerűségét, így annak hiányát sem. Ezáltal az első hipotézis erre vonatkozó része elvetésre került.

7. ábra: A precíziós gazdálkodás elterjedését gátló tényezők

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A talajkímélő művelést korábban még nem alkalmazó gazdálkodók szerint az üzemeltetési tapasztalat hiánya jelentősebben hátráltatja az elterjedést, mint a precíziós növénytermesztés bevezetése esetében, illetve nagyobb arányban (9,8 százalék) azonosították visszatartó erőként az új technológia bevezetéséhez szükséges idő hosszát (1. melléklet).

A precíziós növénytermesztés bevezetését elősegítő tényezők esetében 425, míg a talajkímélő művelésre való áttérést támogató elemekre 370 értékelhető kitöltés érkezett. A válaszok alapján egyértelműen megállapítható, hogy az elterjedést mindkét technológia esetében leginkább az alkalmazás hatására realizálható magasabb jövedelmezőség segítené elő. Ehhez szorosan kapcsolódik a kutatási eredményekkel alátámasztott jövedelmezőségtöbblet kimutatásának igénye, amelyet a szakirodalom is alátámaszt. A precíziós gazdálkodás elterjedését segítő tényezőket azonosítók egynegyede a termelők számára nyújtott több, illetve részletesebb információt tartja a legfontosabb tényezőnek, amely elősegítené a technológia terjedését. Az elterjedést gátló tényezőkre vonatkozó hipotézisben a második helyen szerepel a fontossági sorrendben a termelői informá-

cióhiány. Mivel a kérdőívre érkezett válaszok alapján szintén második helyen jelölték a gazdálkodók a nem elegendő mennyiségű információt, így ez a feltételezés is beigazolódott. A talajkímélő művelés esetében az információhiány kevésbé fontos a válaszadók szerint (2. melléklet). Az elterjedést segítené továbbá, ha a támogatások igénylésekor előnyt jelentene a technológia használata, illetve ha magasabb felvásárlási árat szabhatnának meg az előállított termékek jobb minősége okán (8. ábra). Mivel a termelők számára biztosított információk mennyiségének növelése a válaszadók egyharmada szerint a legfontosabb tényező a precíziós gazdálkodás elterjedésének segítésében, ezáltal az első hipotézis ezen része igazolható.

8. ábra: A precíziós gazdálkodás elterjedését segítő tényezők

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Az elemzés további részében a precíziós gazdálkodás bevezetésének, illetve alkalmazásának körülményeit vizsgáljuk, kitérve a technológia terjedésére, az agrotechnikai felszereltségre, a precíziós tevékenységek saját, illetve külső szolgáltatásban való végzésére, a főbb termesztett növénykultúrákra, a gazdálkodók által tapasztalt hatásokra, illetve a növénytermesztés gyakorlatában bekövetkezett változásokra.

5.2. Precíziós gazdálkodást végző üzemekre vonatkozó adatok

A vizsgált 656 kitöltő 6,9 százaléka (45 üzem) folytat precíziós gazdálkodást és a válaszadók 17,1 százaléka (112 üzem) pedig talajkímélő művelést (is) végez. A precíziós és/vagy talajkímélő gazdálkodók 35,3 százaléka mindkét technológiát alkalmazza, illetve a precíziós művelést végző 45 üzem több mint 90 százaléka folytat talajkímélő művelést is a növénytermesztésben (9. ábra). Mivel nem lehet élesen elhatárolni a növénytermesztési gyakorlatokból származó előnyöket, így szükség-szerűvé vált a technológiák együttes vizsgálata.

A 45 precíziós szántóföldi növénytermesztő gazdaság 31,1 százaléka egyáltalán nem használ RTK-korrekciót, azaz nem képes a ± 2 centiméteres művelési (vetési, tápanyag-kijuttatási stb.) pontosságra. A válaszadók 26,7 százaléka éves RTK-jelvételi előfizetéssel, míg 13,3 százalékuk saját RTK-bázisállomással rendelkezik, további 15,6 százalék RTK-tól eltérő korrekciót használ. A fennmaradó üzemek (8,9 százalék) adatmennyiség alapján fizetnek a korrekcióért, illetve kampányidő-

szaki előfizetéssel rendelkeznek (2,2 százalék). Továbbá egy esetben előfordult az is, hogy a saját bázisállomás mellett éves előfizetéssel is rendelkezett a gazdálkodó.

9. ábra: **Precíziós gazdálkodást és/vagy talajkímélő művelést végző üzemek megoszlása az alkalmazók körében**

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A vizsgált gazdaságokban a precíziós növénytermesztést legkorábban bevezető üzem már 2004-ben megkezdte a technológia alkalmazását. Magyarországon a precíziós gazdálkodás bevezetésében 2012-ben következett be jelentős előrelépés, ekkor a vizsgált teszüzemi körben 7 új üzem csatlakozott az alkalmazókhoz, és a precíziós növénytermesztők száma a 2012. évet követően folyamatosan növekedett. A precíziós termesztési technológiára való áttérés jellemzően 1-3 növénykultúrát érintett (válaszadók 52,4 százaléka), de jelentős volt azok száma is, akik 4-6 növény esetében alkalmaztak először precíziós növénytermesztési elemeket (kitöltők 45,2 százaléka). A mintagazdaságok közül viszont mindössze egy üzem kezdett bele a precíziós gazdálkodásba több mint hétféle növénykultúrával (10. ábra).

10. ábra: **A precíziós növénytermesztés bevezetésének éve és a technológia terjedése a vizsgált években**

Megjegyzés: Három precíziós szántóföldi növénytermesztő gazdaság nem jelölte meg precíziós tevékenysége kezdetének dátumát, így az ábrában 42 gazdaság szerepel.

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Az elemzés további részében a precíziós gazdálkodás alkalmazásának körülményeit vizsgáljuk, kitérve az agrotechnikai felszereltségre, a precíziós tevékenységek saját, illetve külső szolgáltatásban való végzésére, a főbb termesztett növénykultúrákra, a gazdálkodók által tapasztalt hatásokra, illetve a növénytermesztés gyakorlatában bekövetkezett változásokra.

A vizsgált 45 precíziós technológiát alkalmazó üzem 274 darab erőgéppel rendelkezett. Ezen gépek 29,6 százaléka képes robotkormányzásra, 45,6 százaléka pedig fedélzeti számítógéppel való összekapcsolásra alkalmas. Az üzemekben található (282 darab) talajművelő gépek 5,7 százaléka kapcsolható össze fedélzeti számítógéppel és mindössze 2,1 százaléka képes munkafolyamat közben változtatható művelésmélységre. A vetőgépek között a széles sortávú vetőgép mind darabszámban, mind precíziós technikai képességekben megelőzte a keskeny sortávút. A széles sortávú vetőgépek 56,6 százaléka fedélzeti számítógéppel összekapcsolható, egynegyede vetés közben képes változtatni a tőszámot, míg 27,6 százaléka ráfedésmentes művelésre alkalmas. A szántóföldi növénytermesztés gyakorlatából adódóan a vizsgált üzemeknek a trágyakijuttató eszközök közül szilárdműtrágyaszóróból volt a legtöbb, melynek több mint fele köthető össze számítógéppel, 23,0 százaléka képes a többletkijuttatást eredményező átfedések kizárására és 36,1 százaléka munkafolyamat közben tudja változtatni az anyagkijuttatást. A betakarítógépek 26,4 százaléka volt robotkormányzásra képes és 15,1 százaléka hozamtérképezésre alkalmas. A vizsgált üzemekben a vontatott permetezőgépek száma megelőzte az önjáró permetezőkét, precíziós képességben viszont fordított volt az arány. Az önjáró permetezőgépek 84,2 százaléka összekapcsolható fedélzeti számítógéppel, 57,9 százaléka képes az átfedésmentes hatóanyag-kijuttatásra és szintén ilyen arányban képesek munkafolyamat közben változtatni az anyagkijuttatást. Továbbá a gépek 47,4 százaléka munkamenet közben képes a kijuttatott növényvédő szer intenzitásának változtatására.

A precíziós technológiát alkalmazó gazdaságok 88,9 százaléka végzett táblakontúr-felvételezést, melyet nagyobb számban vettek igénybe szolgáltatásként. A precíziós növénytermesztők 32,5 százaléka kizárólag saját maga készíti el a táblahatár felvételét, míg 22,5 százalékuk alkalmazza megosztott formában a tevékenységet (saját és külső szolgáltatásban egyaránt). Ezen tevékenység magas aránya nem meglepő, hiszen a táblakontúr felvétele a technológia alkalmazásához nélkülözhetetlen, a precíziós növénytermesztés alapját képezi, ezáltal nem minősül különálló precíziós tevékenységnek. A válaszadók többsége (82,2 százaléka) precíziós talajminta-vételezést és talajtérképezést végez, melyet jellemzően már szolgáltató készít (11. ábra). A tápanyag-kijuttatási terv és az applikációs térkép készítése az üzemek 64,4 százalékára jellemző. Vetőmag-kijuttatási tervet, illetve növényvédőszer-kijuttatási tervet és a hozzájuk kapcsolódó applikációs térképeket a gazdaságok javarészt saját maguk állítják elő. Növényvédelmi felvételezést az üzemek 42,2 százaléka végez bejárással vagy drón segítségével. Érdekes módon a hozamtérképezést a kitöltők mindössze egyharmada alkalmazza, holott egyes szakirodalmak (Kalmár, 2010) alapvető precíziós növénytermesztési elemként, a helyspecifikus gazdálkodás első lépéseként említik azt. A precíziós növényállapot-felvételezés, azaz az NDVI-vegetációs index felmérése – drónnal vagy traktorra szerelt szenzorral – volt a legkevésbé jellemző a precíziós tevékenységek között, vélhetően a technológia bonyolultsága miatt.

A felmérés alapján a 2014/2015. gazdálkodási évben a precíziós szántóföldi növénytermesztő teszüzemek együttesen 16 503 hektár területet műveltek meg precíziósan. A hagyományos szántóföldi növénytermesztési gyakorlathoz hasonlóan a precíziós technológiát alkalmazó gazdálkodók az őszi búzát, a kukoricát, a napraforgót és az őszi káposztarepcét termesztik a legnagyobb területen (1. táblázat). A továbbiakban a felsorolt növénykultúrák esetében alkalmazott technológiákat vizsgáljuk.

11. ábra: Precíziós tevékenységek saját készítésben és külső szolgáltatás igénybevételével

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

1. táblázat: Precíziós technológiával termesztett növénykultúrák és a művelt terület a 2014/2015. gazdálkodási évben

Termesztett növénykultúra	Precíziós gazdálkodással művelt terület a 2014/2015. gazdálkodási évben, hektár	Precíziós technológiát alkalmazó üzemek száma, darab
Őszi búza	4 161	38
Kukorica	4 019	35
Napraforgó	2 795	32
Őszi káposztarepce	2 016	20
Őszi árpa	825	15
Szójabab	516	6
Egyéb szántóföldi növény	354	6
Cukorrépa	233	4
Tavaszi árpa	888	3
Őszi durumbúza	147	3
Őszi tritikálé	63	2
Csemegekukorica	360	2
Egyéb GOFR	71	2
Tavaszi zab	10	1
Rozs	2	1
Tavaszi búza	43	1

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A növénykultúrák között az őszi búza mind a művelt terület mérete (4161 hektár), mind a termesz-
tők száma tekintetében élen jár. A búza termesztésében a termelők 71,1 százaléka használ automata
kormányzással vezérelt erőgépet. A búza tápanyag-utánpótlásában a vizsgált gazdálkodók 65,8 szá-
zaléka, vetésében 60,5 százaléka, az alkalmazott növényvédelemben 50,0 százaléka, a termőtalaj
művelésében 36,8 százaléka, illetve a termesztett növény betakarításában 23,7 százaléka végezte
precíziósan tevékenységét (12. ábra). A termőterület és a növénykultúrát termesz-
tők száma alapján a kukorica foglalja el a második helyet. A vizsgált 35 kukoricatermesztő gazdálkodás összesen több
mint 4000 hektárt hasznosított.

12. ábra: Az agrotechnikai tényezőkben alkalmazott precíziós technológiai elemek aránya
a főbb növénykultúrákban

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A kukoricánál a gazdaságok 80,0 százaléka automata kormányzással rendelkező erőgépet használ. Az agrotechnikai tényezők közül a vetésben alkalmazták legtöbbször (24 gazdaság) a helyspecifikus technológiát a növénykultúránál. A kukorica tápanyag-utánpótlását a kitöltők 62,9 százaléka, a talaj-
művelést 51,4 százaléka, növényvédelmét 42,9 százaléka és a betakarítását mindössze 17,1 százaléka
végezte precíziósan.

Napraforgót a mintagazdaságaink közül 32 üzem 2795 hektáron termesztett a technológiával a
2014/2015. gazdálkodási évben. A növénykultúra termesztése során az erőgépek 78,1 százalékát
robotkormányzással működtették. A napraforgónál szintén elmondható, hogy a precíziós vetés volt
a legjellemzőbb (65,6 százaléka), melyet a tápanyag-utánpótlás (62,5 százaléka), majd a talajművelés
(56,3 százaléka) követett. A precíziós elemek kevésbé voltak elterjedtek a növényvédelemben, emel-
lett a betakarításban alkalmazók száma elenyészőnek bizonyult a többi agrotechnikai tényezőhöz
képest.

A nagy területen termesztett növénykultúrák közül az őszi káposztarepcét termesztették a legke-
vesebben (20 üzem) precíziósan, több mint 2000 hektáron. A precíziós technológia agrotechnikai
elemekben való alkalmazása a fentiekől eltérően alakult. Kivételt képez ez alól az erőgépeknél hasz-
nált automata kormányzás, amelyet ennél a növényen is nagy arányban alkalmaztak, 20 precíziós
növénytermesztő közül 16 automata kormányzással működtette erőgépeit. Míg a két utóbbi növény-
kultúránál (kukorica, napraforgó) a különböző agrotechnikai elemekben alkalmazott precíziós tech-
nológia elterjedtségi sorrendje megegyezett, addig a repcetermesztés során használt precíziós elemek

aránya a búzáéhoz hasonlóan alakult. A négy fő szántóföldi növénykultúra közül az őszi káposzta-repce tápanyag-visszapótlásában volt a legmagasabb a precíziós technológia használatának aránya, amely elérte a 80,0 százalékot. Kiemelkedő továbbá ennél a növénynél a precíziós módon végzett betakarítás aránya, mely 35,0 százalékot tett ki.

A megkérdezett üzemek által termesztett növények közül még kiemelést érdemel az őszi árpa, a kitöltők egyharmada termesztette azt összesen 825 hektár területen. Az agrotechnikai tényezőkben alkalmazott precíziós technológiai elemek aránya az őszi árpánál a búzához és a repcéhez hasonlóan alakult.

Összegzésképpen elmondható, hogy a precíziós technológia alkalmazása a tápanyag-utánpótlásban és a vetésben volt a legjellemzőbb. Előbbi esetében a gazdaságok átlagosan 70,2 százaléka, míg utóbbinál 64,3 százaléka használt valamilyen precíziós elemet. Az alkalmazás gyakorisága tekintetében sorrendben a következő elem a növényvédelem (48,7 százalék) és a talajművelés (46,6 százalék) volt, a legkevésbé gyakorinak pedig a precíziós betakarítás bizonyult, a kitöltők egynegyede végzett mindössze precíziós tevékenységet a betakarítás során.

A főbb növényekre jellemző precíziós technológiai elemek közül az automata kormányzást követően a sorművelés, ráfedés- és kihagyásmentes vetés volt a legelterjedtebb a szántóföldi növénykultúráknál. Változó tőszámú vetést már jóval kevesebben alkalmaztak. A tápanyag-utánpótlásban szintén a sorvezető használata dominált, a kialakított zónákra történő, illetve a négyzetméterenként változó tápanyag-kijuttatás kevésbé volt elterjedt, viszont az alpműveléssel egybekötött tápanyag-kijuttatás a talajművelésben kimagasló elemnek bizonyult. A precíziósan végzett növényvédelemben közkedvelt volt a növényvédő szer mennyiségének változtatása, ezt követte a területileg differenciált kijuttatás és a növényvédelemmel egybekötött differenciált fejtrágyázás. A betakarításban hozamtérképezést átlagosan a kitöltők 7,6 százaléka, míg a logisztikai optimalizálást 4,9 százaléka végzett.

13. ábra: A precíziós technológia üzemre gyakorolt hatásai

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A válaszadók 31,1 százalékánál a precíziós technológia a fajlagos költségben kismértékű csökkenést eredményezett, 20,0 százalékuk jelentősebb mértékű csökkenést realizált, míg szintén 20,0 százalékuk kisebb mértékű növekedésről számolt be (13. ábra). A jövedelmezőség tekintetében egyértelműbb volt a pozitív hatás, a válaszadók több mint fele a fajlagos jövedelmezőség kismér-

tékű növekedéséről adott számot, míg 8,9 százalékánál nagyobb mértékű növekedés következett be a technológia hatására. A megkérdezettek 11,1 százaléka kismértékű, 6,7 százaléka pedig jelentős csökkenést tapasztalt. A munkaerő-felhasználásban a kisebb mértékű csökkenés volt számottevő, de ugyanennyi kitöltő szerint nem volt hatással a technológia a munkaerő-felhasználásra. Az egy hektárra jutó munkaóra költsége a mintagazdaságok 22,2 százalékánál jelentősen csökkent. A betakarított növénykultúrák hozamában történt változás értékelésekor kisebb mértékű növekedésről számoltak be legtöbben, nagyobb mértékű növekedés az üzemek 13,3 százalékánál volt megfigyelhető. A gazdálkodások 26,7 százaléka szerint a technológia bevezetése nincs hatással a hozamokra és elenyésző volt azon üzemek száma, amelyek kisebb mértékű vagy akár jelentősebb hozamcsökkenést realizáltak. Az üzemek 42,2 százalékánál a minőségben kisebb mértékű növekedés következett be, 11,1 százalékánál pedig nagyobb mértékben javult a minőség. A kitöltők több mint egyharmada nem tapasztalt változást.

14. ábra: **Precíziós gazdálkodás bevezetésének hatása**

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A precíziós gazdálkodást folytató üzemek többsége a vetésszerkezetben nem változtatott az új szántóföldi növénytermesztési módszer alkalmazásának hatására. A kitöltők több mint 13 százalékánál új fajták, hibridek vagy új növényfajok termesztését eredményezte a technológia bevezetése,

míg 11,1 százalékuk az őszi és a tavaszi növények arányán módosított (14. ábra). A növényvédelem gyakorlatában az általunk vizsgált gazdaságok több mint fele nem változtatott szokásain, a gazdaságok 22,2 százalékában a mechanikus gyomirtás aránya növekedett, 15,6 százalékuk pedig eltérő növényvédőszer-használatra tért át. A technológia a tápanyag-utánpótlásban az üzemek többségében változó mennyiségű hatóanyag-kijuttatást eredményezett, illetve többen áttértek eltérő készítmények használatára, míg a válaszadók 26,7 százaléka nem módosított a tápanyag-kijuttatási gyakorlatán. A növénykultúrájukat öntöző üzemek számottevő része a technológia bevezetését megelőző vízmennyiséget juttatja ki a termőterületére. A precíziós technológia alkalmazásának munkaszervezésre gyakorolt hatásai közül a bér munka-szolgáltatás arányában tapasztalt változást a szántóföldi növénytermesztő gazdaságok 20,0 százaléka, míg 35,6 százalékuk nyilatkozott úgy, hogy a bevezetés nem volt hatással a munkaszervezésre. A technológiaváltás néhány üzemben folyamatos műszakban való munkavégzést és több munkamenetet eredményezett. A munkamenetek számának bővülése valószínűleg azon gazdaságok esetében következett be, amelyek nem rendelkeznek osztott tartályos önjáró géppel, ezáltal a tápanyag-utánpótlás mono elemeit több menetben juttatták ki. A bevezetés a gazdálkodók több mint felénél nem hozott változást a vállalatirányításban, míg közel egyharmaduk azt tapasztalta, hogy kimutatásaik bővültek.

Ahogy az már a fentiekben említésre került, vizsgálatunk tárgyát képezte a precíziós gazdálkodást folytatók mellett a talajkímélő művelést alkalmazók köre is, illetve az általuk használt művelési elemek és annak alkalmazásából származó hatások. A továbbiakban ezek eredményeit értékeljük.

5.3. A talajkímélő művelési elemeket használó gazdaságok adatai

A talajkímélő gazdálkodást végzők körében a legkedveltebb művelési elemnek a csökkentett menetszámú talajművelés bizonyult. Ez utóbbit a válaszadók 81,3 százaléka alkalmazta. Altalajlazítást és forgatás nélküli talajművelést végzett a kitöltők további számottevő hányada, előbbi esetében 68,8, utóbbinál 66,1 százaléka. Direktvetést a talajkímélő gazdálkodók 32,1 százaléka, mulcshagyó művelést közel egynegyede alkalmazott (15. ábra). A sávós művelés, a vetőkultivátoros vetés és a bakhátas művelés kevésbé volt elterjedt művelési elem.

15. ábra: Talajkímélő művelési elemek használata

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A talajkímélő művelés a termés minőségére az alkalmazók közel fele szerint nincs hatással, mintegy negyede kisebb mértékű, 4,5 százalékuk pedig jelentős mértékű növekedést tapasztalt (16. ábra). A termésminőség romlásáról kevés gazdaság számolt be. A hozam tekintetében a talajkímélő műve-

lést végzők több mint egyharmada nem tapasztalt változást, 29,5 százaléka pedig kisebb mértékű növekedést figyelt meg. Viszonylag sokan számoltak be a hozam kisebb mértékű csökkenéséről is (a kitöltők 23,2 százaléka). A talajkímélő művelés jövedelmezőségét a kitöltők 10,7 százaléka nem tudta felmérni. A válaszadók közel fele viszont a technológia jövedelmezőségéről adott számot, 22,3 százalékuk pedig nem észlelt javulást a jövedelmezőség tekintetében a művelés hatására. A jövedelmezőségben kisebb mértékű csökkenést tapasztalt a gazdálkodók 13,4 százaléka, jelentős csökkenés viszont elenyésző volt. Az egy hektárra jutó költség (fajlagos költség) a gazdálkodók 44,6 százalékánál csökkent, 18,8 százalékánál pedig jelentős mértékű volt a ráfordításokban jelentkező megtakarítás. A művelés munkaerő-felhasználásra gyakorolt hatásáról megoszlottak a vélemények. Közel azonos mértékben tapasztaltak kismértékű növekedést és változatlanságot. A válaszadók legnagyobb része (25,9 százaléka) jelentősen kevesebb munkaerővel gazdálkodott, 23,2 százalékánál kisebb mértékű csökkenés jelentkezett.

16. ábra: Talajkímélő művelés üzemre gyakorolt hatása

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

6. A precíziós gazdálkodást végző és a hagyományosan gazdálkodó üzemek összehasonlítása

A fejezet célja, hogy áttekintő képet nyújtson a precíziós és helyspecifikus gazdálkodást, illetve talajkímélő művelést végző üzemek tevékenysége által elért hozamok, költségek és a jövedelmek alakulásáról a hagyományosan gazdálkodó üzemek mutatóinak tükrében. Az első részben a KITE Zrt. által rendelkezésünkre bocsátott referenciaadatok alapján a precíziós technológia által elméletben realizálható előnyök kerülnek számszerűen bemutatásra. A második részben a mélyinterjúk keretében megkérdezett gazdálkodók költség- és jövedelemmutatóit értékeljük hagyományosan gazdálkodó üzemek adataihoz viszonyítva.

6.1. A precíziós technológia előnyei a KITE Zrt. adatai alapján

A könyv 3. fejezetében már bemutatásra került, hogy milyen területeken jelentkezhetnek a precíziós technológia előnyei, úgymint a hozamnövekedés, a termés minőségének javulása, a hozamigadozások csökkenése, alacsonyabb inputfelhasználás (kevesebb műtrágya, vetőmag, növényvédőszer és üzemanyag), a munkaerő-felhasználás mérséklődése, alacsonyabb környezetterhelés és a magasabb jövedelem. A felsoroltak közül a technológia hozamokra és inputfelhasználásra gyakorolt hatásait a KITE Zrt. számítása szerint mutatjuk be. Az adatok tapasztalati átlagértékek, amelyek a technológia helyes és megfelelő színvonalú alkalmazása esetén jelentkeznek. A gyakorlatban jelentkező előnyök – mint azt a következő alfejezetben látni fogjuk – az időjárási feltételek, a technológiai körülmények, a vetésforgó, a talajtípus függvényében kisebb, de akár nagyobb mértékben is eltérhetnek az itt bemutatottaktól. A precíziós gazdálkodás hozadékait a négy fő növény (búza, kukorica, napraforgó, repce) esetében külön-külön mutatjuk be, összevetve a hagyományos intenzív gazdálkodással.

Az őszi búzánál a hagyományos technológia hektáronkénti 306,3 ezer forintos termelési költségéhez képest a precíziós gazdálkodás 10,6 ezer forinittal alacsonyabb, 295,7 ezer forintos termelési költséget eredményez. A megtakarítás teljes egészében az anyagköltségnél keletkezik. Felmerül ugyanakkor a precíziós szaktanácsadás 2,0 ezer forintos díja, amely a hagyományos technológiánál nem merül fel. Az anyagköltségeken belül a műtrágya-felhasználás csökken a fejlettebb eljárásnak köszönhetően, amely így az alaptrágyázásban 30 százalékos (9,5 ezer forint), a folyékony trágya esetében pedig 10 százalékos (2,1 ezer forint) költségmegtakarítást jelent. Összességében a hektáronkénti tápanyagköltség 22,0 százalékkal, vagyis egyötödével alacsonyabb, miközben a vetőmag- és növényvédőszer-felhasználás, valamint a gépi költségek nem módosulnak a technológiaváltás hatására. A precíziós gazdálkodás 3,5 százalékos költségmegtakarítást jelent. Az őszi búza hozama a modernebb technológiának köszönhetően a hektáronkénti 6,3 tonnáról 6,5 tonnára nőtt, vagyis 3,2 százalékkal emelkedett.

Azonos piaci árral (45,0 ezer forint) számolva hektáronként 283,5 ezer forint árbevétel keletkezik hagyományos gazdálkodásnál, miközben a helyspecifikus művelésnél 292,5 ezer forint. Az árbevétel – az alkalmazott technológiától függetlenül – 70,0 ezer forint területalapú támogatás egészíti ki, így ez utóbbi esetben 362,5 ezer forint termelési érték képződik, 9,0 ezer forinittal magasabb, mint a nem precíziós technológiánál. A termelési költség levonását követően a hagyományos technológiánál 47,2 ezer forint, a precíziós gazdálkodásnál 66,8 ezer forint jövedelem keletkezik, vagyis a modernebb technológia eredményeként az őszi búza termesztésében 14,5 százalékkal magasabb nyereség képződik (2. táblázat).

Amennyiben – tisztán a technológiai különbségek szemléltetése céljából – figyelmen kívül hagyjuk a földbérleti díjat és a támogatásokat, úgy a hagyományos technológiával 57,2 ezer forint, a precízióssal 76,8 ezer forint jövedelem realizálható, vagyis az őszi búza termesztésében a helyspecifikus

eljárás 34,3 százalékkal több nyereséget eredményez. Ökonómiai szempontból kedvező továbbá, hogy a fedezeti pont már 6,6 tonnás hektáronkénti termés mellett elérhető, szemben a hagyományos technológia 6,8 tonnájával, illetve a költségarányos jövedelem is közel másfélszeres a hagyományos gazdaságokhoz képest.

2. táblázat: **Az őszi búza költség- és jövedelemadatai a hagyományos intenzív és precíziós technológiáknál barna erdőtalaj esetén**

Megnevezés	Hagyományos technológia	Precíziós technológia	Különbség	
	ezer HUF/hektár		százalék	
Költségek				
Anyagköltség	115 800	104 160	-11 640	-10,1
Műtrágyaköltség	52 800	41 160	-11 640	-22,0
Őszi alaptrágya	31 800	22 260	-9 540	-30,0
Folyékony trágya	21 000	18 900	-2 100	-10,0
Vetőmagköltség	28 000	28 000	0	0,0
Növényvédőszer-költség	35 000	35 000	0	0,0
Gépi munkák költsége	77 656	77 656	0	0,0
Műtrágyaszórás	3 500	3 500	0	0,0
Szántás	17 110	17 110	0	0,0
Alapművelés zárása	5 873	5 873	0	0,0
Magágykészítés	5 873	5 873	0	0,0
Vetés	8 500	8 500	0	0,0
Permetezés I.	3 000	3 000	0	0,0
Permetezés II.	3 000	3 000	0	0,0
Permetezés III.	3 000	3 000	0	0,0
Betakarítás	14 300	14 300	0	0,0
Bálázás	11 000	11 000	0	0,0
Bálabeherdás	2 500	2 500	0	0,0
Személyi jellegű költségek	5 000	5 000	0	0,0
Egyéb költség	82 000	82 000	0	0,0
Földbérleti díj	80 000	80 000	0	0,0
Szaktanácsadási költség	0	2 000	0	–
Közvetlen költség	278 456	268 816	-9 640	-3,5
Általános költség	27 846	26 882	-964	-3,5
Termelési költség	306 302	295 698	-10 604	-3,5
Önköltség (ezer HUF/t)	48,6	45,5	-3,1	-6,4
Hozam, termelési érték, jövedelem, jövedelmezőség				
Hozam (t/ha)	6,3	6,5	0,2	3,2
Piaci ár (HUF/t)	45 000,0	45 000,0	0	0,0
Árbevétel (HUF/ha)	283 500	292 500	9 000	3,2
Támogatások (HUF/ha)	70 000,0	70 000,0	0	0,0
Termelési érték (HUF/ha)	353 500	362 500	9 000	2,5
Jövedelem (HUF/ha)	47 198	66 802	19 604	41,5
Tevékenységi jövedelem (HUF/ha)	-22 802	-3 198	19 604	-86,0
Fedezeti pont (t/ha)	6,8	6,6	-0,2	-3,5
Költségarányos jövedelem (százalék)	15,4	22,6	7,2	46,6
Költség szint (százalék)	86,6	81,6	-5,1	-5,9

Forrás: KITE Zrt.

A kukoricatermesztésben a precíziós technológia nemcsak a műtrágya és a gépi munkák költségében okoz eltéréseket a hagyományos technológiához képest, hanem a vetőmagnál is, igaz, számottevő előny az őszi búzához hasonlóan itt is a műtrágya-felhasználásnál jelentkezik. A kukorica hektáronkénti termelési költsége a helyspecifikus eljárásnál 367,2 ezer forint, földbérleti díjat is figyelembe véve. Ez a hagyományos technológia hektáronkénti 376,2 ezer forintos termelési költségéhez képest 8,9 ezer forinttal alacsonyabb. A megtakarítás nagyrészt az alacsonyabb alaptrágya- és folyékonytrágya-felhasználásnak köszönhető, amely 12,0 ezer forinttal alacsonyabb költséget jelent, de a vetőmag-felhasználás is mérséklődik 1,2 ezer forinttal. Nő ugyanakkor a gépi munkák költsége 3,0 ezer forinttal, mivel a helyspecifikus gazdálkodásnál eggyel többször kerül sor permetezésre, illetve felmerül a precíziós szaktanácsadás költsége. A növényvédőszer-felhasználás a kukoricánál is változatlan. A precíziós technológia az őszi búzához képest 1,3 százalékponttal alacsonyabb, 2,4 százalékos költségmegtakarítást jelent.

A hagyományos technológia eredményeként 9,0, a helyspecifikus gazdálkodásnál 9,4 tonnás termésátlag képződik, amely 4,4 százalékos hozambővülést jelent. A kukorica 45,0 ezer forintos piaci ára mellett 405,0, illetve 423,0 ezer forint a fajlagos árbevétel, amely a 70,0 ezer forintos támogatással együtt 475,0 és 493,0 ezer forint termelési értéket jelent. A különbség 18,0 ezer forint a precíziós gazdálkodás javára. A hagyományos technológia költség- és hozamszintje 98,8 ezer forint jövedelem realizálását teszi lehetővé, miközben a helyspecifikus technológiáé 27,3 százalékkal magasabbat, 125,8 ezer forintot (3. táblázat).

A földbérleti díjat és a támogatásokat nem számítva a hagyományos technológiával 108,8 ezer forint, a precízióssal 135,8 ezer forint nyereség érhető el, vagyis a kukoricánál a helyspecifikus eljárás 24,8 százalékkal magasabb jövedelemszintet eredményez. A fedezeti pontot jelentő termésátlag 6,6 tonna a helyspecifikus gazdálkodásnál, 6,8 tonna a hagyományosnál. A költségarányos jövedelem 8,0 százalékponttal magasabb, 34,3 százalék a precíziós eljárásnál.

A napraforgónál a hagyományos technológia 325,2 ezer forintos termelési költsége áll szemben a helyspecifikus művelés 315,3 ezer forintos hektáronkénti értékével. A különbség abszolút értékben kevesebb mint 10,0 ezer forint, százalékosan pedig 3,0 százalék, amely magasabb, mint a kukoricánál tapasztalt költségelőny, de alacsonyabb, mint az őszi búzáé. A költségelőnyök megint csak a tápanyag-utánpótlásban a leginkább érzékelhetők, ott 11,0 ezer forintos megtakarítás keletkezik, amely a teljes műtrágyaköltség 23,2 százaléka. A növényvédő szer és a vetőmag felhasználása, valamint a gépi munkák költsége a napraforgónál is változatlan, ráfordításnövekedés egyedül a szaktanácsadási költségnél tapasztalható.

A hagyományos technológia esetében 3,0, a helyspecifikus gazdálkodásnál 3,2 tonnás hozamot realizálnak a gazdák, amely 5 százalékkal magasabb átlagtermést jelent. A napraforgó tonnánkénti önköltsége 108,4 ezer forint a hagyományos művelésnél, és ennél 8,3 ezer forinttal alacsonyabb a helyspecifikus gazdálkodásnál.

A napraforgó-termesztésben 102,0 ezer forintos piaci ár mellett hektáronként 306,0 ezer forint árbevétel keletkezik a hagyományos technológia alkalmazásával, 321,3 ezer forint a modernebb eljárásnál, amelyhez hozzájön a 70,0 ezer forintos támogatás. Vagyis 391,3 ezer forint termelési érték keletkezik a precíziós gazdálkodás esetében, amely 15,3 ezer forinttal magasabb, mint a hagyományos technológiánál. Összességében a napraforgó jövedelme a pontosabb eljárásoknak köszönhetően 25,2 ezer forinttal magasabb hektáronként, 76,0 ezer forint. Az említett eltérés nagyságrendileg másfélszer nagyobb nyereséget jelent (4. táblázat).

3. táblázat: **A kukorica költség- és jövedelemadatai a hagyományos intenzív és a precíziós technológiáknál barna erdőtalaj esetén**

Megnevezés	Hagyományos technológia	Precíziós technológia	Különbség	
	ezer HUF/hektár		százalék	
Költségek				
Anyagköltség	141 304	128 173	−13 131	−9,3
Műtrágyaköltség	69 126	57 173	−11 953	−17,3
Őszi alaptrágya	31 200	21 840	−9 360	−30,0
Starter trágya	12 000	12 000	0	0,0
Folyékony trágya	25 926	23 333	−2 593	−10,0
Vetőmagköltség	30 178	29 000	−1 178	−3,9
Növényvédőszer-költség	42 000	42 000	0	0,0
Gépi munkák költsége	115 663	118 663	3 000	2,6
Kémiai tarlóápolás	3 000	3 000	0	0,0
Műtrágyaszórás	3 500	3 500	0	0,0
Szántás	17 110	17 110	0	0,0
Alapművelés zárása	5 873	5 873	0	0,0
Vetés	15 000	15 000	0	0,0
Permetezés I.	3 000	3 000	0	0,0
Kultivátorozás I.	9 000	9 000	0	0,0
Kultivátorozás II.	9 000	9 000	0	0,0
Permetezés II.	3 000	3 000	0	0,0
Permetezés III.		3 000	3 000	−
Betakarítás	18 830	18 830	0	0,0
Szárítás	28 350	28 350	0	0,0
Személyi jellegű költségek	5 000	5 000	0	0,0
Egyéb költség	82 000	82 000	0	0,0
Földbérleti díj	80 000	80 000	0	0,0
Szaktanácsadási költség	0	2 000	0	−
Közvetlen költség	341 967	333 836	−8 131	−2,4
Általános költség	34 197	33 384	−813	−2,4
Termelési költség	376 164	367 220	−8 944	−2,4
Önköltség (ezer HUF/t)	41,8	39,1	−2,7	−6,5
Hozam, termelési érték, jövedelem, jövedelmezőség				
Hozam (t/ha)	9,0	9,4	0,4	4,4
Piaci ár (HUF/t)	45 000,0	45 000,0	0	0,0
Árbevétel (HUF/ha)	405 000	423 000	18 000	4,4
Támogatások (HUF/ha)	70 000,0	70 000,0	0	0,0
Termelési érték (HUF/ha)	475 000	493 000	18 000	3,8
Jövedelem (HUF/ha)	98 836	125 780	26 944	27,3
Tevékenységi jövedelem (HUF/ha)	28 836	55 780	26 944	93,4
Fedezeti pont (t/ha)	8,4	8,2	−0,2	−2,4
Költségarányos jövedelem (százalék)	26,3	34,3	8,0	30,4
Költségsszint (százalék)	79,2	74,5	−4,7	−5,9

Forrás: KITE Zrt.

A földbérleti díj és a támogatások nélkül 60,8 ezer forint nyereség képződik a hagyományos technológiával és 86,0 ezer forint a precízióssal. A helyspecifikus gazdálkodásnál 41,3 százalékkal érhető el nagyobb nyereség a napraforgó-termesztésben. A fedezeti pontot jelentő termésátlag 3,2 tonna a hagyományos gazdálkodásnál, ennél 0,1 tonnával alacsonyabb a helyspecifikus művelésnél. A költségárányos jövedelem 8,5 százalékponttal magasabb, 24,1 százalék a precíziós eljárásnál.

4. táblázat: **A napraforgó költség- és jövedelemadatai a hagyományos intenzív és a precíziós technológiáknál barna erdőtalaj esetén**

Megnevezés	Hagyományos technológia	Precíziós technológia	Különbség	
	ezer HUF/hektár		százalék	
Költségek				
Anyagköltség	131 274	120 319	-10 955	-8,3
Műtrágyaköltség	47 154	36 199	-10 955	-23,2
Őszi alaptrágya	31 200	21 840	-9 360	-30,0
Folyékony trágya	15 954	14 359	-1 595	-10,0
Vetőmagköltség	21 120	21 120	0	0,0
Növényvédőszer-költség	63 000	63 000	0	0,0
Gépi munkák költsége	79 333	79 333	0	0,0
Kémiai tarlóápolás	3 000	3 000	0	0,0
Műtrágyaszórás	3 500	3 500	0	0,0
Szántás	17 110	17 110	0	0,0
Alapművelés zárása	5 873	5 873	0	0,0
Magágykészítés	0	0	0	–
Permetezés I.	3 000	3 000	0	0,0
Vetés	14 000	14 000	0	0,0
Permetezés II.	3 000	3 000	0	0,0
Kultivátorozás	9 000	9 000	0	0,0
Permetezés, 3 alkalommal	9 000	9 000	0	0,0
Betakarítás	11 850	11 850	0	0,0
Szárítás	0	0	0	–
Személyi jellegű költségek	5 000	5 000	0	0,0
Egyéb költség	80 000	82 000	2 000	2,5
Földbérleti díj	80 000	80 000	0	0,0
Szaktanácsadási költség	0	2 000	2 000	–
Közvetlen költség	295 607	286 652	-8 955	-3,0
Általános költség	29 561	28 665	-896	-3,0
Termelési költség	325 168	315 317	-9 851	-3,0
Önköltség (ezer HUF/t)	108,4	100,1	-8,3	-7,6
Hozam, termelési érték, jövedelem, jövedelmezőség				
Hozam (t/ha)	3,0	3,2	0,2	5,0
Piaci ár (HUF/t)	102 000	102 000	0	0,0
Árbevétel (HUF/ha)	306 000	321 300	15 300	5,0
Támogatások (HUF/ha)	70 000	70 000	0	0,0
Termelési érték (HUF/ha)	376 000	391 300	15 300	4,1
Jövedelem (HUF/ha)	50 832	75 983	25 151	49,5
Tevékenységi jövedelem (HUF/ha)	-19 168	5 983	25 151	-131,2
Fedezeti pont (t/ha)	3,2	3,1	-0,1	-3,0
Költségárányos jövedelem (százalék)	15,6	24,1	-8,5	54,1
Költségszint (százalék)	86,5	80,6	-5,9	-6,8

Forrás: KITE Zrt.

5. táblázat: **A repce költség- és jövedelemadatai a hagyományos intenzív és precíziós technológiáknál barna erdőtalaj esetén**

Megnevezés	Hagyományos technológia	Precíziós technológia	Különbség	
	ezer HUF/hektár		százalék	
Költségek				
Anyagköltség	142 633	126 592	-16 041	-11,2
Műtrágyaköltség	52 200	36 159	-16 041	-30,7
Őszi alaptrágya	31 200	21 800	-9 400	-30,1
Folyékony trágya	21 000	14 359	-6 641	-31,6
Vetőmagköltség	30 433	30 433	0	0,0
Növényvédőszer-költség	60 000	60 000	0	0,0
Gépi munkák költsége	70 223	70 223	0	0,0
Kémiai tarlóápolás	3 000	3 000	0	0,0
Műtrágyaszórás	3 500	3 500	0	0,0
Forgatás nélküli alpművelés	12 500	12 500	0	0,0
Magágykészítés	5 873	5 873	0	0,0
Permetezés I.	3 000	3 000	0	0,0
Vetés	8 500	8 500	0	0,0
Permetezés II.	3 000	3 000	0	0,0
Kultivátorozás	9 000	9 000	0	0,0
Permetezés, 3 alkalommal	9 000	9 000	0	0,0
Betakarítás	12 850	12 850	0	0,0
Száritás	0	0	0	–
Személyi jellegű költségek	5 000	5 000	0	0,0
Egyéb költség	80 000	82 000	2 000	2,5
Földbérleti díj	80 000	80 000	0	0,0
Szaktanácsadási költség	0	2 000	2 000	–
Közvetlen költség	297 856	283 815	-14 041	-4,7
Általános költség	29 786	28 382	-1 404	-4,7
Termelési költség	327 642	312 197	-15 445	-4,7
Önköltség (ezer HUF/t)	109,2	99,1	-10,1	-9,3
Hozam, termelési érték, jövedelem, jövedelmezőség				
Hozam (t/ha)	3,0	3,2	0,2	5,0
Piaci ár (HUF/t)	110 000,0	110 000,0	0	0,0
Árbevétel (HUF/ha)	330 000	346 500	16 500	5,0
Támogatások (HUF/ha)	70 000	70 000	0	0,0
Termelési érték (HUF/ha)	400 000	416 500	16 500	4,1
Jövedelem (HUF/ha)	72 358	104 304	31 945	44,1
Tevékenységi jövedelem (HUF/ha)	2 358	34 304	31 945	1 354,5
Fedezeti pont (t/ha)	3,0	2,8	-0,1	-4,7
Költségarányos jövedelem (százalék)	22,1	33,4	11,3	51,3
Költség szint (százalék)	81,9	75,0	-7,0	-8,5

Forrás: KITE Zrt.

A hektáronkénti termelési költség a repcénél hagyományos termelési mód mellett 327,6 ezer forint, miközben helyspecifikus gazdálkodással 312,2 ezer forint. A különbség abszolút értékben 15,4 ezer forint, a vizsgált négy növény közül a legmagasabb. A megtakarítás az egyes ráfordításele-

mek közül megint csak a műtrágya-felhasználásban jelentkezik, ahol 16,0 ezer forint a költségelőny, a teljes tápanyag-utánpótlás 30,7 százaléka. A vetőmag és növényvédő szer, valamint a gépi munkák költsége azonos a kétféle művelési mód esetében, növekedést a ráfordításokban a szaktanácsadás okoz. Összességében a költségek 4,7 százaléka „spórolható meg” a pontosabb gazdálkodással, amely arányszám a vizsgált növények körében – csakúgy, mint abszolút értékben – a repcénél a legmagasabb.

A repce termésátlaga 3,0 tonna hektáronként a hagyományos gazdálkodásnál, 3,2 tonna a modern technológiánál, az eltérés 5 százalék. Az árbevétel 110,0 ezer forintos piaci ár mellett hektáronként rendre 330,0 és 346,5 ezer forint. A 70,0 ezer forint összegű támogatással együtt 400,0 ezer forint termelési érték keletkezik a hagyományos gazdaságokban és ennél 16,5 ezer forinttal magasabb a precíziós technológiánál. A költségek levonása után a hagyományos termelésnél 72,4 ezer forint nyereség marad, a helyspecifikusnál 104,3 ezer forint. A fentiekből adódóan a jövedelemtöbblet abszolút értékben is a repcénél a legnagyobb, 32,0 ezer forint, százalékosan 44,1 százalék (5. táblázat).

A földbérleti díjat és a támogatásokat figyelmen kívül hagyva hagyományos technológiával 82,4 ezer forint, a precízióssal 114,3 ezer forint nyereség érhető el, vagyis a repcénél a helyspecifikus eljárás 38,8 százalékkal magasabb jövedelemszintet eredményez. A bevételek és ráfordítások 3,0 tonnás termésátlagnál egyeznek meg a hagyományos művelés esetében és ennél 0,2 tonnával alacsonyabb szinten a precíziós technológiánál. A költségarányos jövedelem 33,4 százalék a helyspecifikus művelésnél és 22,1 százalék a hagyományos termelésnél.

6.2. A mintaüzemek főbb jellemzői és gazdálkodási tapasztalataik

Kutatásunk keretében több olyan precíziós és helyspecifikus gazdálkodást végző üzemet felkerestünk, amelyek elvileg megfeleltek kutatási céljainknak. Az előzetes vizsgálatok és szakmai konzultációk eredményeképpen végül három üzemnél – ezeket hívjuk mintaüzemnek – készítettünk mélyinterjúkat:

- Bács-Kiskun megyei mintaüzem,
- Zala megyei mintaüzem, és
- Somogy megyei mintaüzem.

A kiválasztott mintaüzemek rendelkeztek azzal a potenciállal, amely alkalmassá tette őket kutatási céljaink eléréséhez. A mintaüzemek földrajzilag differenciáltan helyezkednek el Magyarországon területén, azaz különböző gazdasági, környezeti és egyéb jellemzőkkel rendelkeznek, ami biztosítja a heterogenitást.

Az alfejezet célja, hogy röviden bemutassa a kiválasztott mintaüzemeket, koncentrálva a precíziós és helyspecifikus gazdálkodás tényezőire.

A Bács-Kiskun megyei mintaüzem a Dél-Alföldön található. Az egyéni vállalkozásként működő gazdaságban 2010 és 2015 között átlagosan 335 hektáron folytattak mezőgazdasági termelést. A mezőgazdasági terület teljes egészét bérlőként használják. Az alkalmazott éves munkaerőegység 4,4 fő, ami alig több mint 1 főt jelent 100 hektáronként. A foglalkoztatottak valamennyien családtagok, akik számára nem jelentett problémát a modern eszközök alkalmazására való átállás.

Helyspecifikus gazdálkodással már 2004 óta foglalkoznak az üzemben. A 2014/2015-ös gazdálkodási évben a teljes terület több mint 60 százalékán, összesen 229 hektáron őszi káposztarepce, őszi árpa, őszi búza és egyéb szántóföldi növények termesztése során alkalmaztak precíziós technológiát. Legnagyobb területen, 90 hektáron őszi káposztarepcét termeltek helyspecifikusan. A növénytermesztés minden lépésénél, így vetés, tápanyag-utánpótlás, talajművelés, növényvédelem és betakarítás során is végeznek precíziós tevékenységet, melyhez saját tulajdonban lévő precíziós képességű erő-, vető-, betakarító- és szervesztrágya-szóró gépeiket alkalmazzák. A közel 10 darab

precíziós képességű gép mellett GPS-rendszert is üzemeltetnek, melyhez saját RTK-bázisállomással rendelkeznek.

A gazdaság vezetőjének szemléletére és ezáltal a gazdaság működésére is általában jellemző az innovativitás. Ez a gyakorlatban megnyilvánul abban, hogy az üzem vetőmaggyártónak és gépgyártónak is referencia-, illetve bemutatógazdasága, valamint hogy a termelő maga is szívesen „kísérletezik” (pl. gabonavető géppel speciális homogenizált baromfitrágya kijuttatása, repce soronkénti vetése) a lehető legoptimálisabb termelési viszonyok elérése érdekében. Ez az újdonságokra való fogékonyság ösztönözte a precíziós technológia alkalmazását is, valamint a művelt terület és a táblák differenciáltsága, úgy a talajtípus, mint a domborzati viszonyok tekintetében.

A növénytermesztés során számos talajkímélő művelési elemet használnak: csökkentett menet-számú, illetve forgatás nélküli talajművelést, vetőkultivátoros és sávós vetést, direktvetést, bakhátas és mulchhagyó művelést, altalajlazítást, illetve szükség esetén ezek kombinációját. A talajkímélő művelés alkalmazását leginkább a talajnak mint erőforrásnak a hosszú távú megőrzése, fenntartása tette szükségessé, de szerepet játszott a nedvességtartalom megőrzésének igénye is, mivel a területen az öntözési lehetőségek meglehetősen korlátozottak. Jellemző, hogy a műtrágyát igyekeznek természetes tápanyag-utánpótlással helyettesíteni, azonban ez a gazdaságban csak a nagyobb fajlagos termelési értékkel bíró növénykultúráknál térül meg. A szármaradványok miatt ugyan több növényvédő szerre van szükség, de még így is folyamatosan javul a talaj állapota, ami végső soron a stabilabb hozamokban mutatkozik meg. A mélyinterjú felmérésből az is kiderült, hogy mind a precíziós, mind pedig a talajkímélő technológia alkalmazásának sikere nagyban múlik azon, hogy a gazdálkodó birto-
tokában van-e az azok alkalmazásához szükséges szakismereteknek.

A Zala megyei üzem Dél-Dunántúlon tevékenykedik. A társas vállalkozás átlagosan 1455 hektáron foglalkozott növénytermesztéssel 2010 és 2015 között, mely teljes egészében bérelt terület volt. Az első precíziós gazdálkodást is lehetővé tevő erőgépeket 2009-ben szerezték be, azonban ekkor még nem alkalmazták a technológiát. A következő években azonban egyre inkább előtérbe került a precíziós gazdálkodás, és 2011-től átálltak erre a művelési módra. Ezt követően már csak olyan mezőgazdasági gépeket szereztek be, amelyek alkalmasak voltak a precíziós termelésre (keskeny sortávú vetőgép, széles sortávú vetőgép, műtrágyaszóró gépek, permetezőgépek). Az üzem ebből a szempontból „túlgépesítettnek” tekinthető, de elsődleges szempont náluk a technológiai fegyelem, azaz a gazdálkodás során minden pontosan és időben történjen, technológiai akadály ne csökkentse a hatékonyságot.

A minél hatékonyabb gazdálkodás érdekében a területük 80 százalékán alkalmaztak és alkalmaznak jelenleg is precíziós talajminta-vételezést és talajtérképezést, a hozamtérképezés esetében ez az arány 100 százalék. A precíziós technológiával kukoricát, őszi árpát, őszi búzát, őszi káposztarepcét és szójababot termeltek, amelyeknél különböző mélységben alkalmazták a technológiát. A növénykultúrák közül kiemelkedett a kukorica termesztése, amelynél szinte minden munkafázisban ki- és felhasználták a precíziós technológia által biztosított előnyöket. A búza és a repce esetében leginkább a tápanyag-utánpótlás és a növényvédelem során alkalmazták a helyspecifikus gazdálkodás elemeit.

A Zala megyei üzem szemléletére is jellemző, hogy a precíziós technológia testreszabása, valamint az adott körülményeknek leginkább megfelelő „recept” érdekében szívesen „kísérleteznek”. Gyakran előfordul, hogy egy-egy táblán a talajművelést akár több alternatív eszközzel is el tudnák végezni, ilyenkor akár 2-3 változatot is kipróbálnak és az alapján határozzák meg, hogy melyiket alkalmazzák. A menedzsmentzónák szükségességéről a tábla mérete és heterogenitása alapján döntenek, homogén táblán nem differenciálnak. A megfelelő technológia kialakítása időigényes, például a napraforgónál 2-3 év is eltelt, mire bevezették a vetésszerkezetbe. A terméseredmények évről évre történő folyamatos növekedése jól mutatja azt a folyamatot, ahogyan a technológia mind mélyebb elsajátítása megmutatkozik az eredményekben.

A megfelelő képzettségű és minőségű munkaerő biztosításának problematikájával nem szembesült a vállalkozás. Alapvetően stabil munkaerő-állománnyal dolgoznak, akik nem feltétlen az agrárszakképzésből kerültek ki, hanem a cégnél szerezték meg a munkájukhoz szükséges ismereteket. Tapasztalataik szerint az alkalmazottak a kezdeti idegenkedés után többnyire jól fogadták és „megszerették” a modern eszközöket, amelyek nagy könnyebbséget jelentenek a munkában.

A Somogy megyei mintaüzem a Dél-Dunántúlon folytatja gazdálkodását. A vizsgált időszakban – 2010 és 2015 között – átlagosan 309,7 hektáron folytattak növénytermesztést, mely terület teljes egészét bérlőként használták. A gazdaságot 2003-ban alapították és a szükséges eszközöket, gépeket már ekkor beszerezték, az átgondolt jövőbeni céloknak megfelelően már ettől az évtől kezdődően alkalmaznak precíziós technológiát. Ekkor még csak egy sorvezető, kormányautomatika, fedélzeti számítógép és az ezeket kiegészítő berendezések jelentették a precíziós technológiát a vállalkozásnál. A kezdeti problémákat fokozatosan szüntették meg újabb eszközök és informatikai rendszerek beszerzésével. Az első években a permetezés során tudták kimagaslóan alkalmazni a technológia előnyeit. A magas színvonalú gépparkot 2-3 évente bővítették, s az újonnan beszerzett gépek szintén alkalmasak voltak a precíziós gazdálkodásban való alkalmazásra.

A hatékonyságot szem előtt tartva saját maguk állították össze kezdetektől fogva a precíziós talajminta-vételezést, a precíziós hozamtérképezést és a növényállapot-felvételezést. A tápanyag-kijuttatási tervet külső cég készítette/készíti el számukra, így a kijuttatás szakmailag megalapozott és a korábbi „megszokáson alapuló döntések” minimálisra csökkent. A szolgáltatás igénybevétele magasabb költséget jelent, amelyet tovább növel az újonnan fejlesztett inputanyagok felhasználása is. A ráfordítások növekedését ellensúlyozta, hogy intenzívebbé vált a gazdálkodás és nőtt a hatékonyság. A mintaüzem 2007-ben jelentős fejlesztést hajtott végre, mivel a meglévő kormányautomatika-rendszert lecserélték hidraulikába épített robotpilótára, továbbá ettől az évtől GPS-rendszert üzemeltetnek és saját RTK-bázisállomással is rendelkeznek, illetve a kezelőfelületet is újabbra cserélték. A fejlesztések elősegítették a további fejlesztéseket és beruházásokat is. A beruházás eredményeképpen jelentősen csökkent a permetezés vegyszerköltsége, valamint megtakarítás képződött a vetőmag-felhasználás során is.

Helyspecifikus technológiával alapvetően őszi búzát, őszi árpát, őszi káposztarepcét, napraforgót és cukorrépát termesztnek (a vetésforgótól függően átlagosan 7-9 növénykultúrát termelnek precíziós technológiával). Mindegyik növény esetében már 2005 óta precíziós gazdálkodást folytatnak és kivétel nélkül a termelés minden fázisában jelen van ez a technológia. A mintaüzem tudatos hozzáállását tükrözi, hogy középpontban áll esetükben a fenntarthatóság, melyet a tápanyag kijuttatásakor, a növényvédelem során és a teljes termelési fázisban szem előtt tartanak. Ez a tudatosság magasabb költséggel is jár, de kimutatható többlethozamot is generált az elmúlt időszakban. A költségeiket csökkenti, hogy vetőmag-előállítással is foglalkoznak.

A mintaüzem véleménye szerint a mezőgazdaság jövőbeni fejlődésének és fejlesztésének egyik mérföldköve a precíziós technológia alkalmazásának térnyerése. Ebben nagy szerepük lehet az integrátoroknak, akiknek viszont az inputanyag felhasználásának csökkenése miatt jelenleg nem minden esetben állhat érdekükben a teljes elterjedés elősegítése. Támogathatná a jövőbeni alkalmazás növelését, ha a fejlesztési forrásokat célzottabban határoznák meg, illetve ha az agrár-környezetgazdálkodási programban kiemelt szerepet kapna a technológia alkalmazása. Az elterjedést az is akadályozza, hogy a jó minőségű mezőgazdasági területen gazdálkodók nem érdekeltek a precíziós technológia terjesztésében és alkalmazásában, hiszen anélkül is jó hozamokat képesek elérni.

6.3. A mintaüzemek és a kontrollcsoportok összehasonlítása

A precíziós és helyspecifikus gazdálkodást végző mintaüzemek és a hagyományosan gazdálkodó üzemek összehasonlítása során az alábbi területekre fókuszáltunk:

- átlagos terményhozam (6 év);
- közvetlen költségek;
- termelési érték és
- ágazati eredmény.

Mind a négy dimenzióál megvizsgáltuk, hogy kimutatható-e eltérés a mintaüzemek és a kontrollcsoport között. Ezek figyelembevételével alakítottuk ki az egyes mintaüzemhez tartozó kontrollcsoportot.¹

6.3.1. Átlagos hozam és termelési érték alakulása

Az átlagos hozam a vetésterületre vetített megtermelt mennyiséget jelenti. Kutatásunk során azon főbb mezőgazdasági növényeket vettük figyelembe, melyeknél a mintaüzemek precíziós gazdálkodást folytattak vagy folytatnak. A kiemelt mezőgazdasági növények a következők voltak:

- őszi búza;
- kukorica;
- napraforgó;
- őszi káposztarepce és
- cukorrépa.

Az egyes növények termesztése időben mintaüzemenként eltérő volt: vagy egyáltalán nem termelték az adott kultúrát, vagy a vetésforgó miatt az adott évben nem került vetésre. Az alfejezetben csak a búza és a kukorica átlagos hozamának alakulását mutatjuk be, mivel e két növényt mindhárom mintaüzem majdnem a teljes vizsgált időszakban termesztette.²

17. ábra: A búza átlaghozamának alakulása a mintaüzemekben, 2010–2015

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

¹ A kapcsolódó módszertani leírások a 4. fejezetben találhatók.

² A napraforgó, repce és cukorrépa átlaghozamának üzemenkénti alakulását bemutató ábrák az 3., 4. és 5. számú mellékletben találhatók.

A mintaüzemek nem mutattak egységes képet a búza esetében. A Bács-Kiskun megyei mintaüzem átlaghozama igen hektikusan változott a vizsgált időszakban, de az még így is jelentősen meghaladta mind a Zala megyei, mind a Somogy megyei üzem hasonló értékeit. A Bács-Kiskun megyei termelő 2015-ben nem vetett búzát. A Zalai megyei mintaüzem átlagos búzatermés-eredménye folyamatos és egyenletes növekedést mutatott a vizsgált hat évben. Ennek oka, hogy a cég a mezőgazdasági gépparkját folyamatosan fejlesztette, illetve megfelelő szakismeretek birtokában alkalmazta a precíziós technológiát a tápanyag-utánpótlás, a növényvédelem és a betakarítás során. A Somogy megyei precíziós technológiát alkalmazó mintaüzem a búzatermesztés terén az előző két üzemmel szemben dinamikus és erőteljes hozamnövekedést tudott produkálni. A búza átlaghozama 2014-ben 8,9 tonna/hektár volt, melyet az adott évben a másik két üzem meg sem tudott közelíteni. Ebben az évben 40 hektáron termeltek búzát, amely jelentősen elmaradt a másik két üzem vetésterületétől, tehát hozzájuk képest a Somogy megyei üzem koncentráltabban termelt búzát. A növekedés azonban nem folytatódott tovább, a másik két üzemhez hasonlóan az átlaghozam 2015-ben több mint 1 tonnával esett vissza hektáronként (0).

A kukoricánál a Zala megyei mintaüzem a búzatermesztéshez hasonlóan szintén stabil növekedést mutatott a vizsgált időszakban. Az átlagos hozam 2014-ben 10,7 tonna/hektár volt, amelyet csak a Bács-Kiskun megyei üzem termésátlaga múlt felül. A Bács-Kiskun és a Somogy megyei mintaüzem termésátlaga változóan alakult a vizsgált időszakban. Ennek oka – kiváltképpen a Somogy megyei üzemnél, de a Bács-Kiskun megyeinél is a vizsgált időszak első négy évében –, hogy a kukoricát a cukorrépa után vetették. A cukorrépa egy igényes szántóföldi kultúra, a talajban lévő – számára szükséges – nitrogénmennyiséget leköti, így az elvetett kukorica csak jelentős műtrágya-felhasználás mellett képes a kívánt hozamot biztosítani. Továbbá az időjárási viszonyok is jelentősen befolyásolták a kukorica hozamát (18. ábra).

18. ábra: A kukorica átlaghozamának alakulása a mintaüzemekben, 2010–2015

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

Ha a mintaüzemek teljesítményét a kontrollcsoportba került üzemekhez hasonlítjuk, akkor megállapítható, hogy magasabb átlaghozamot értek el a mintaüzemek a legtöbb növénykultúra esetében. Ez alól kivételt csak a Bács-Kiskun megyei üzem kukorica-termésátlaga, valamint a Somogy megyei üzem napraforgó- és cukorrépa-termésátlaga képez (19. ábra).

19. ábra: A mintaüzemek átlaghozamának nagysága a kontrollcsoporthoz viszonyítva, 2010–2015

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

A búza esetében mindhárom mintaüzem átlaghozama meghaladta a kontrollcsoport által elért átlaghozamot. A legjelentősebb előnnyel a Bács-Kiskun megyei üzem rendelkezett, amely 52,1 százalékkal magasabb átlaghozamot ért el. Ehhez jelentősen hozzájárult, hogy a mintaüzem a búza esetében már 2004 óta folytat precíziós gazdálkodást. A Somogy és a Zala megyei mintaüzemek átlaghozama közel azonos mértékben haladta meg a saját kontrollcsoport átlaghozamának értékét (+22,2, illetve +22,6 százalékkal). A Zala megyei mintaüzem a búzatermesztés terén 2011 óta folytat precíziós gazdálkodást, míg a Somogy megyei üzem 2005-től műveli precíziós technológia alkalmazásával a búzával bevetett területet.

A kukorica átlaghozamának alakulása kissé vegyesebb képet mutat az egyes üzemeknél. Kitűnik a Zala megyei mintaüzem által elért 46,8 százalékos többlethozam. A legutolsó lezárt gazdálkodási évben több mint 350 hektáron termeltek kukoricát, illetve a növény esetében is 2011 óta alkalmaznak precíziós technológiát. A Somogy megyei üzem által produkált átlaghozam „csupán” 3,1 százalékkal volt magasabb, mint a kontrollcsoport átlaghozama. A Bács-Kiskun megyei mintaüzem esetében az előző két üzemmel ellentétben az átlaghozam 3,1 százalékkal maradt el a kontrollcsoport értékétől. Ennek fő oka, hogy a Somogy megyei üzemhez hasonlóan a korábbi években a cukorrépát követte a kukorica a vetésforgóban, a rosszabb évek így jelentősen „lehúzták” az elért átlaghozam értékét a vizsgált években.

Napraforgó termesztésével a Somogy és a Zala megyei üzem foglalkozott. A Zala megyei üzem átlaghozama 15,4 százalékkal volt magasabb, mint a kontrollcsoporté, a Somogy megyei üzem termésátlaga pedig jelentősen – 48,1 százalékkal – elmaradt a nem precíziós gazdálkodást folytató üzemek értékétől, aminek oka, hogy a Somogy megyei mintaüzem alapvetően napraforgó-vetőmag termesztésével foglalkozott.

A repce esetében a búzához hasonlóan mindhárom mintaüzem átlaghozama meghaladta a kontrollcsoportok által elért értéket. A Somogy megyei üzem átlaghozama 43,3 százalékkal volt magasabb – több mint 10 éve precíziós technológiával művelik a repcével bevetett területüket, illetve az utolsó gazdálkodási évben több mint 50 hektáron termeltek repcét –, a Bács-Kiskun megyei mintaüzem hozama 20,6 százalékkal, míg a Zala megyei 15,4 százalékkal volt több, mint a hozzájuk tartozó kontrollcsoport átlaghozamának értéke.

A Bács-Kiskun megyei üzem jelentős (39,8 százalékos) többlethozamot ért el a cukorrépa termesztése terén, míg a Somogy megyei mintaüzem átlaghozama 8,3 százalékkal maradt el a kontrollcsoport értékétől.

A termelési érték néhány kivételtől eltekintve minden növénykultúra esetében a mintaüzemnél volt magasabb. A búzánál a Somogy megyei üzem értéke maradt el a kontrollcsoporttól 11,4 százalékkal, miközben a Bács-Kiskun megyei precíziós gazdálkodást folytató mintaüzemnél 75,1 százalékkal meghaladta azt. A kukorica termelési értéke a Zala megyei üzemben 45,8 százalékkal magasabb értéket ért el, mint a kontrollcsoport üzei, a Bács-Kiskun megyei mintaüzem viszont 7 százalékos elmaradást mutatott (19. ábra).

A napraforgó-termesztésben mind a Zala megyei, mind a Somogy megyei üzem jelentős többletet mutatott a termelési értéket illetően.

A Somogy megyei üzem a búzához hasonlóan a repcetermesztésben 9,3 százalékkal maradt el a kontrollcsoport termelési értékétől, míg a másik két üzem többletet mutatott.

A cukorrépánál a két mintaüzem 32,1 százalékos, illetve 4,1 százalékos többlet termelési értéket ért el.

20. ábra: A termelési értékek eltérése a mintaüzemek és a kontrollcsoportok esetében

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

6.3.2. Költségek alakulása

A precíziós gazdálkodást folytató három mintaüzemnél a vizsgált időszakban a fajlagos termelési költség nagysága – abban az esetben, ha a költségeket a vetésterület nagyságára vetítettük – kivétel nélkül magasabb volt, mint a kontrollcsoportoknál kimutatott érték (20. ábra). Ennek legfőbb oka, hogy a precíziós és helyspecifikus gazdálkodást végző mintaüzemnél a technológia alkalmazása általában nagyobb költséggel jár. Ez természetesen függ attól is, hogy a technológiát milyen régóta alkalmazzák (megszerzett tapasztalatok), továbbá a vetésforgótól, az időjárási jellemzőktől, a kijuttatott növényvédő szerek, műtrágya szükséges és megtervezett mennyiségétől stb. A költségek áttekintése során az alábbi költségkategóriákat vettük figyelembe:

- vetőmag, szaporítóanyag költsége,
- műtrágyaköltség,

- növényvédőszer-költség,
- gépköltség, illetve
- összes termelési költség.

Külön kiemelendő, hogy a repce termesztésénél a vetőmagköltség mindhárom üzemben jelentősen alacsonyabb volt, mint a kontrollcsoport esetében. A búzánál a Bács-Kiskun megyei üzem a harmadát fizette a vetőmagért, míg a Somogy megyei mintaüzem 1,8 százalékkal kedvezőbb vetőmagköltséggel számolhatott, mint a kontrollcsoportba került üzemek. A kukoricánál, a napraforgónál és a cukorrépánál átlagosan 5-15 százalékkal volt magasabb a mintaüzemek vetőmagköltsége – kivéve a Somogy megyei üzemet a napraforgó, illetve a Bács-Kiskun megyei üzemet a cukorrépa esetében.

A műtrágyaköltség mindhárom üzemnél jelentős többletet mutatott a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Ez nem kirívó eltérés, hiszen jobb és kedvezőbb hozamot csak úgy lehet elérni, ha a tápanyag-utánpótlás célzott és átgondolt kijuttatási terv alapján történik. Magyarországon nemzetközi összehasonlításban jellemzően alacsony a műtrágya-felhasználás, így a precíziós technológia bevezetése a műtrágya-felhasználás növekedését is többnyire maga után vonja. Az eltérés az öt növényt figyelembe véve 70 és 170 százalék között szóródott.

A növényvédőszer-költségek eltérése a műtrágya-felhasználáshoz hasonlóan alakult, habár ebben az esetben az eltérés nagysága már mérsékeltebb volt, a különbség 20 és 135 százalék között szóródott. Kivételt képezett a kukoricánál a Zala megyei és a Somogy megyei üzem, esetükben a kijuttatott növényvédő szer költsége 0,3, illetve 24,2 százalékkal volt alacsonyabb, mint a kontrollcsoport ugyanezen értéke.

A gépköltség alakulása sokkal heterogénebb volt a három üzemnél. A Somogy megyei és a Zala megyei üzem gépköltsége a búza, a kukorica és a repce esetében is alacsonyabb volt, mint a kontrollcsoporté. A Bács-Kiskun megyei üzem gépköltsége mind az öt növénykultúránál meghaladta a kontrollcsoport gépköltségének értékét.

21. ábra: Hektárra vetített termelési költség alakulása

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

Amennyiben a termelési költséget a megtermelt növény mennyiségére (tonna) vetítettük, differenciáltabb eredményt kaptunk, mint az előzőekben. A búza termesztése során csupán a somogyi mintaüzem termelési költsége haladta meg a kontrollcsoport értékét 2,9 százalékkal, a másik két

üzem termelési költsége kedvezőbb volt az összehasonlításba bevont üzemekénél. A kukoricánál a zalai üzem termelési költsége 27,1 százalékkal kedvezőbb volt, mint a nem precíziós gazdálkodást folytató üzemeké. Jelentős eltérést mutatott a somogyi üzem a napraforgóhoz kapcsolódó termelési költségnél, de ahogy korábban is jeleztük, az egyik fő oka a jelentős többletnek, hogy a mintaüzem napraforgó-vetőmagot termesztett. A termelési költség eltérése a kontrollcsoporthoz viszonyítva a repcénél volt a legkiegyensúlyozottabb, az értékek 30 százalékos érték között szóródtak (22. ábra).

22. ábra: Termelési költség alakulása tonnánként

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

A termelési költségen belül a vetőmag költségének eltérése volt a legkedvezőbb a mintaüzemek oldaláról nézve. A Bács-Kiskun megyei üzem kukoricavetőmag-költsége 25,6 százalékkal haladta meg a kontrollcsoport értékét, ami az egyik legmagasabb volt az összes növénykultúrát és az összes mintaüzemet alapul véve.

A műtrágya-felhasználás költsége tekintetében egységes képet mutattak a mintaüzemek, ugyanúgy, mint a vetésterületre (hektár) vetített költségek esetében, mivel minden növénykultúránál a mintaüzemek költsége volt a magasabb: az értékek 20 és 265 százalék között szóródtak. A búzánál a Bács-Kiskun megyei üzem értéke volt a legkedvezőbb +19,9 százalékkal, kukoricánál a zalai üzemé +26,6 százalékkal, a repcénél a három üzem értéke pedig +50–90 százalék között ingadozott. Itt is a korábban megfogalmazott indokok okozták a jelentős eltérést, miszerint jelentősebb hozamot koncentráltabb tápanyag-utánpótlással lehet elérni.

A növényvédő szer költsége szintén a legtöbb esetben a nem precíziós gazdálkodást folytató üzemeknél volt a kedvezőbb. A Zala megyei üzem ezen költsége búza esetében 1,6 százalékkal volt kedvezőbb, míg a kukoricánál már 34,4 százalékkal. Hasonló kedvező értéket ért el a somogyi mintaüzem a kukoricánál, ahol 27,7 százalékkal volt alacsonyabb a növényvédőszer-költség a kontrollcsoporthoz viszonyítva.

A vetésterületre vetített gépköltség értéke a búza esetében mindhárom mintaüzemnél 20-35 százalékkal kedvezőbb volt, mint a nem precíziós gazdálkodást folytatóknál. Ezt az előnyt a zalai és a somogyi üzem megtartotta a kukorica esetében 44,4, illetve 22,6 százalékkal. A Bács-Kiskun megyei üzem már 47,8 százalékos többletköltséggel bírt. A napraforgó termesztésénél a Zala megyei üzem 21,6 százalékkal alacsonyabb gépköltséget számolt el, míg a somogyi üzem 130,6 százalékkal többet, mint a kontrollcsoportba tartozó üzemek. Repce esetében a kukoricánál tapasztalt eltéréseket

mutattunk ki a három üzemnél. Míg a Bács-Kiskun megyei üzem gépköltsége 2,1 százalékkal magasabb volt, addig a zalai üzemé 32,4 százalékkal, a somogyi üzemé pedig 49,5 százalékkal volt alacsonyabb a kontrollcsoporthoz viszonyítva. A cukorrépánál mind a Bács-Kiskun megyei, mind a Somogy megyei üzem gépköltsége magasabb volt 5,4, illetve 25,5 százalékkal.

6.3.3. Jövedelem és jövedelmezőség alakulása

A precíziós és nem precíziós gazdálkodást folytató üzemeknél a jövedelmet az egy hektárra vetített ágazati eredmény alapján határoztuk meg, amely a termelési érték és az összes költség különbsége egy hektárra vetítve.

A mintaüzemek jövedelme az egyes növénykultúráknál eltérő módon alakult a vizsgált időszakban a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Ebben jelentős szerepet játszott a megtermelt termék mennyisége és értékesítési ára, illetve a termeléshez kapcsolódó felmerült költségek aránya is.

A Bács-Kiskun megyei üzem jövedelme a búza- és a cukorrépa-termelésben volt igen kedvező, 146,8, illetve 53,6 százalékkal haladta meg a nem precíziós gazdálkodást folytató üzemek hasonló értékeit. A kukorica termesztésénél negatív eredményt ért el a mintaüzem, ami más üzemekre nem volt jellemző egyik növénykultúra esetében sem. A repcénél 25,6 százalékkal maradt el a kontrollcsoport értékétől, köszönhetően annak, hogy költségeik több mint 50 százalékkal voltak magasabbak (23. ábra).

A Zala megyei mintaüzem a kukoricánál és a repcénél ért el többletjövedelmet a nem precíziós gazdálkodást folytató üzemekhez viszonyítva: a kukorica esetében több mint 2,5-szeres eredményt realizáltak. A búza és a napraforgó mérsékeltbb jövedelmet eredményezett, azok 8,1, illetve 15,4 százalékkal maradtak el a kontrollcsoporttól.

A Somogy megyei mintaüzem jövedelemtermelő képessége kiváló volt a búza, a napraforgó és a repce esetében is, a napraforgónál elért jövedelmük közel háromszorosa volt a kontrollcsoporténak. A kukoricánál a megtermelt jövedelem hektáronként 52,1 százalékkal volt alacsonyabb, mint a nem precíziós gazdálkodást folytató üzemeknél.

23. ábra: Az ágazati eredmény eltérése a mintaüzemek és a kontrollcsoportok esetében

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

A mintaüzemek és a kontrollcsoport jövedelmezőségét összehasonlítottuk a költségarányos jövedelem vizsgálatával is, melynek során megvizsgáltuk, hogy az egyes üzemek egységnyi költségátfordítással mekkora jövedelmet értek el. Az eredményeink növénykultúránként és kultúrán belül is igen széles értékközben szóródtak (6. táblázat).

A Bács-Kiskun megyei mintaüzemnél a búza költségarányos jövedelme kedvezőbb volt a másik két mintaüzemnél és az egyes kontrollcsoportoknál is. Az elért 28,5 százalékos érték a magas értékesítési árakon keresztül realizált nagy árbevételnek is köszönhető. A három mintaüzem közül csak a Zala megyei üzem jövedelmezősége volt alacsonyabb (18,5 százalék), mint a kontrollcsoport által realizált érték (24,1 százalék).

A kukoricánál a Bács-Kiskun megyei mintaüzem elveszítette a búzánál kimutatott jelentős előnyét és a vizsgált időszakban a költségarányos jövedelme –28,3 százalék volt, szemben a kontrollcsoport 19,0 százalékos értékével. Ennek alapvető okát az előző alfejezetben már bemutattuk. Kiemelkedő jövedelmezőséget ért el a Zala megyei mintaüzem. A 9,1 tonna/hektáros kukoricatermésnek köszönhetően egységnyi költséggel 57,5 százalékos jövedelmet ért el a mintaüzem, ami több mint kétszerese volt a kontrollcsoportba tartozó üzemek átlagos értékének. A Somogy megyei mintaüzem a Bács-Kiskun megyeihez hasonlóan kedvezőtlenebb jövedelmezőséget ért el a kontrollcsoporthoz képest, de esetében még pozitív volt a mutató értéke.

6. táblázat: A költségarányos jövedelem a mintaüzemeknél és a kontrollcsoportnál

százalék

Növénykultúra	Mintaüzem	Költségarányos jövedelem átlagos értéke	
		mintaüzem	kontrollcsoport
Búza	Bács-Kiskun megyei	28,5	18,2
	Zala megyei	18,5	24,1
	Somogy megyei	24,9	24,6
Kukorica	Bács-Kiskun megyei	–28,3	19,0
	Zala megyei	57,5	27,2
	Somogy megyei	17,6	43,0
Napraforgó	Zala megyei	20,8	35,3
	Somogy megyei	69,0	33,3
	Bács-Kiskun megyei	15,2	33,7
Repcse	Zala megyei	23,1	26,5
	Somogy megyei	38,2	31,5
	Bács-Kiskun megyei	58,0	44,7
Cukorrépa	Bács-Kiskun megyei	58,0	44,7
	Somogy megyei	3,5	67,3

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

A somogyi mintaüzem a napraforgó termesztése során érte el a legkiemelkedőbb költségarányos jövedelmet, a 69,0 százalékos eredményt sem a zalai mintaüzem, sem a kontrollcsoport nem tudta megközelíteni. Az öt növénykultúra tekintetében is ez volt a legkiemelkedőbb jövedelmezőségi érték.

A repcénél mindhárom mintaüzem pozitív jövedelmezőséget ért el, ugyanakkor egyedül a Somogy megyei üzem jövedelmezősége volt magasabb, mint a kontrollcsoport átlagos értéke.

A cukorrépa termesztése során a Bács-Kiskun megyei üzem 58,0 százalékos jövedelmezőséget ért el, ami 1,3-szorosa volt a kontrollcsoport átlagos jövedelmezőségének. A Somogy megyei üzem 3,5 százalékos jövedelmezősége töredéke volt a kontrollcsoport 67,3 százalékos értékének.

7. A precíziós és talajkímélő gazdálkodást folytató termelők körében végzett statisztikai vizsgálatok

A fejezet a módszertani részben már ismertetett statisztikai vizsgálatok eredményeit mutatja be összesen négyféle változatban. Az egyes változatoknál a bevételt képező tételek közül a hozamok, a termelési érték, illetve az ágazat összes bevétele, míg a költségek közül az inputanyagköltségek – vetőmagköltség, növényvédőszer-költség, műtrágyaköltség, gépköltség és ebből traktorok költsége –, a főtermék termesztésének önköltsége, illetve a termelési költség került elemzésre, míg az eredménykategóriáknál a fedezeti hozzájárulás és az ágazati eredmény. A második alfejezetben azon számítási eredményeket, amelyek a legpontosabban szemléltetik a precíziós gazdálkodás üzemre gyakorolt hatását, statisztikai elemzéssel is igazoltuk.

7.1. A precíziós technológia gazdasági hatásainak kimutatása a 45 üzem körében, a kontrollcsoport adataihoz viszonyítva

Az első változatban a vállalkozások által precíziósan termesztett növénykultúrák 2015. évi ágazati költség- és jövedelemadatai képezték a vizsgálat tárgyát. A precíziós üzemek teljesítményét a hagyományos üzemekével vetettük össze úgy, hogy a kontrollcsoport kiválasztása kizárólag gazdasági forma (egyéni és társas) alapján történt.

Az eredmények a különböző növénykultúráknál számottevő eltérést mutattak a vetésterületnél. A precíziós üzemek átlagosan a kukoricánál több mint háromszoros, a repcénél 2,4-szeres, a napraforgónál közel kétszeres vetésterülettel bírtak a kontrollcsoporthoz képest, de a búzánál is magasabbnak bizonyult 51 százalékkal. Az őszi árpa vetésterülete mindössze 12 százalékos eltérést mutatott. A gazdaságok termőterületének minőségét meghatározó aranykorona-értékben nem volt számottevő az eltérés, a precíziós üzemek körében átlagosan maximum 10 százalékkal volt jobb minőségű a talaj, mint amelyen a kontrollcsoportban szereplő üzemek gazdálkodtak, azaz a talaj termőképességéből származó egyenlőtlenségek hatásával nem kellett számolnunk.

A precíziós gazdálkodás hozamai minden egyes növénykultúrában felülmúlták a kontrollcsoport által realizált értéket. A búzatermesztésben 7, a kukoricánál 9, a napraforgónál 10, az őszi káposztarepcénél 11, az őszi árpánál pedig 5 százalékkal takarítottak be nagyobb mennyiséget egy hektárról a precíziós termelők (7. táblázat). A hozamokhoz hasonlóan a termelési érték is nagyobb volumenű volt a helyspecifikus gazdálkodóknál, búza, kukorica, napraforgó, repce és őszi árpa esetében rendre 13, 16, 11, 24 és 13 százalékkal. Ennek eredményeképpen az ágazat átlagos összes bevétele a precíziós üzemekben a búza és a repce kivételével meghaladta a hagyományos gazdaságokét, kukoricánál 13, őszi árpánál 25, napraforgónál pedig 50 (!) százalékkal. Az őszi káposztarepce termesztése során a precíziós gazdaságok által realizált összes bevétel megegyezett a kontrollcsoportéval, a búzánál mindössze 3 százalékkal múlta alul azt. Az inputanyagköltségek közül a vetőmagköltség a búza és a repce esetében elmaradt a kontrollcsoporttól előbbinél 14, utóbbinál pedig 3 százalékkal, míg a kukoricánál és a napraforgónál kedvezőtlenül alakult, 12, illetve 8 százalékkal meghaladta azt. A felhasznált műtrágya mennyisége és költsége egyaránt magasabb volt a precíziós gazdaságokban, viszont itt érdemes megemlíteni – amire már a szakirodalomban is találtunk példát –, hogy a technológia nem feltétlenül hordozza magában a termelési költségek csökkenését, sokkal inkább eredményezi a hatékonyság növekedését. Műtrágyára a precíziós árpatermesztők 23 százalékkal, a búza- és repcetermesztő üzemek közel 30 százalékkal, a kukoricatermesztők pedig 41 százalékkal fordítottak többet a hagyományos üzemeknél. Csökkenés egyedül a napraforgónál volt kimutatható, amely 9 százalékkal volt alacsonyabb a kontrollcsoportot jellemző értéknél. A növényvédő szer költsége szintén meghaladta a hagyományos termesztéstechnológiát alkalmazókét, az eltérés mértéke 8 és 56 százalék között változott. Kiugróan magas értéket (56 és 37 százalékkal) a kukorica és a repce ese-

tében tapasztaltunk. Itt fontos hangsúlyozni, hogy – amint már a kérdőív kiértékelésénél is említésre került – a felmérésben részt vevő precíziós gazdaságok zöme talajkímélő művelést is folytat, amely sok esetben vezet a növényvédő szer mennyiségének növekedéséhez a termőtalajban felszaporodott gyomnövények és kórokozók miatt.

7. táblázat: **A vizsgált ágazatok főbb mutatóinak eltérése a precíziós technológia alkalmazásának hatására a 45 üzemnél**

százalék

Ágazati mutatók	Búza	Kukorica	Napraforgó	Őszi káposztarepce	Őszi árpa
Hozam	+7	+9	+10	+11	+5
Termelési érték	+13	+16	+11	+24	+13
Ágazat összes bevétele	-3	+13	+50	0	+25
Inputanyagköltségek					
<i>vetőmagköltség</i>	-14	+12	+8	-3	+14
<i>műtrágyaköltség</i>	+29	+41	-9	+31	+23
<i>növényvédőszer-költség</i>	+10	+56	+25	+37	+8
Gépköltség	+2	-14	-11	0	-13
ebből:					
<i>traktorok költsége</i>	-4	-25	-15	-3	-22
Termelési költség	+9	+23	+3	+19	+9
Fedezeti hozzájárulás	+12	+1	+12	+21	+5
Ágazati eredmény	+23	-17	+28	+40	+30
Főtermék önköltsége	-7	0	-10	-1	-6
Költségarányos jövedelem	+10	-36	+23	+2	+24

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A gépköltség közel azonos (búza és repce) vagy kisebb volt a precíziós üzemknél, a kukorica termesztése során 14, a napraforgónál 11, az árpánál pedig 13 százalékkal. Ebből a traktorok költsége minden esetben a precíziós gazdaságoknál volt alacsonyabb, a növénykultúráknál rendre 4, 25, 15, 3 és 22 százalékkal. A termelési költség a búza és az árpa esetében 9, a napraforgónál 3 százalékkal volt magasabb a mintagazdaságokban. A termelés során felhasznált anyagok költségei szintén a kukoricánál és a repcetermesztésben voltak kiemelkedően magasak, előbbi 23, utóbbi pedig 19 százalékkal haladta meg a kontrollcsoport átlagát. Ezzel szemben a fedezeti hozzájárulás mértéke egyaránt felülmúlta a hagyományos gazdaságokét az összes vizsgált szántóföldi növénykultúra esetében. Az ágazati eredmények a kukoricától eltekintve szintén kedvezően alakultak, a búzatermesztés során 23 százalékos, napraforgónál 28 százalékos, árpánál 30 százalékos többletet eredményezett a technológia alkalmazása. A legmagasabb ágazati eredménybeli különbség az őszi káposztarepce termesztésében jelentkezett, átlagosan 40 (!) százalékkal nagyobb volt a bevételek és a költségek különbözeteként meghatározott eredmény. A kukoricánál ellenben 17 százalékkal kisebb ágazati eredményt értek el a precíziós termelők. A főtermék önköltsége minden növényenél alacsonyabb vagy egyenlő volt, a búzánál 7 százalékkal, napraforgónál 10 százalékkal és árpánál 6 százalékkal múlta alul az egységnyi termékre jutó előállítási költség a hagyományos szántóföldi növénytermesztőkéét. A kukorica és a repce nem mutatott jelentős eltérést e tekintetben. A költségarányos jövedelem – szintén a kukorica kivételével – a főbb növénykultúráknál a precíziós gazdaságok esetében volt kedvezőbb 2-24 százalékkal.

7.2. A precíziós technológia gazdasági hatásainak kimutatása a 17 üzem körében a kontrollcsoport adataihoz viszonyítva

Amennyiben kizárólag a precíziós technológiát legmagasabb szinten művelők képezték a vizsgálandó üzemek körét, szintén megállapítható volt, hogy a vetésterületek nagysága érdemben felülmúlta a hagyományos növénytermesztőket, miközben a termőtalajok minőségében továbbra sem volt jelentős eltérés. A vetésterületnél tapasztalt számottevő méretkülönbség miatt az általuk elért eredmények szemléltetéséhez további feltételek megadására volt szükség a kontrollcsoport-képzésben. Másik problémaként jelentkezett, hogy a gazdaságok egy évre vonatkozó (2015) adatainak vizsgálata sem bizonyult elegendőnek, hiszen az évjárat hatását így nem lehetett kiszűrni. Ebből következően a továbbiakban 3 év adatából számított átlagos értékekkel végeztük el a számításokat, amely 17 üzemnél állt rendelkezésre a precíziós gazdálkodás bevezetése előtt legalább 3 éves, utána legalább 2 éves időszakra. Vizsgálatunk a továbbiakban ezen üzemekre szűkül.

A precíziós gazdálkodásban eltöltött idő alapján kiválasztott 17 üzem közül 12 búzát, 10 kukoricát, 8 napraforgót, 3 őszi árpát termesztett precíziós technológiával és mindössze 2 gazdaság foglalkozott repcével, így a kis elemszám miatt az őszi árpa és káposztarepce nem képezte a továbbiakban vizsgálatunk tárgyát. A gazdaságok által a növénykultúrákban alkalmazott technológiára jellemző, hogy leginkább menedzsmentzónás művelést végeznek. Az üzemeknél minden esetben a precíziós gazdálkodás bevezetésétől legtávolabb eső 3 év adatainak átlaga szerepel, hiszen minél hosszabb ideje végzik a növénytermesztést helyspecifikus módon, annál több tapasztalattal rendelkeznek a technológia alkalmazásáról. Továbbá az elemi kár miatt hozamkiesést elszenvedett évek nem képeztek vizsgálatunk tárgyát.

A precíziós gazdaságok és a kontrollcsoportot képező hagyományos szántóföldi növénytermesztő üzemek vetésterülete között ismételtelen jelentős eltérés tapasztalható, ami a precíziós növénytermesztők javára írható. A hozamokat tekintve továbbra is minden esetben a precíziós gazdaságok bizonyultak jobbnak. A búzánál átlagosan 17, kukoricánál 2, napraforgónál pedig 6 százalékkal magasabb hozamokat produkáltak a precíziós termelők (8. táblázat), a termelési értéknél pedig ezek rendre 10, 11 és 3 százalék voltak. Mindhárom vizsgált ágazat összes bevétele a precíziós technológia bevezetését igazolja, amely a kukoricánál volt a legmeggyőzőbb, ennél a növénykultúránál átlagosan 27 százalékkal érték el több bevétele a termelők. Az inputanyagok-ráfordítások közül a vetőmagköltség a kukoricánál és a napraforgónál közel azonos volt, búza esetében pedig jelentősen, 25 százalékkal fordítottak kisebb összeget a vetőmagra. A műtrágyaköltség viszont változatosan alakult, a napraforgónál 4, a kukoricánál pedig 14 százalékkal alacsonyabb volt a hagyományos termesztéstechnológiát alkalmazókhoz képest, ezzel ellentétben a búzánál 37 százalékkal múlta felül azt. A precíziós szántóföldi növénytermesztők a kukorica és a napraforgó esetében 21, illetve 1 százalékkal kevesebb növényvédőszer-költséggel számolhattak a 2015. évben, a búzatermesztők viszont átlagosan 3 százalékkal nagyobb összeget fordítottak növényvédelemre. A gépköltség és ezen belül a traktorok költsége átlagosan 7 százalékkal tért el a kontrollcsoportétól a kukoricánál, míg 1-1 százalékkal a búza és a napraforgó esetében. A termelési költség ellenben az előző számításhoz képest módosult, a búzában 1 százalékkal, kukoricánál 5, a napraforgónál pedig 8 százalékkal volt kevesebb. A főtermék önköltsége minden növényenél alacsonyabb volt, rendre 17, 13 és 17 százalékkal. Minden esetben a precíziós növénytermesztési technológiát használók érték el magasabb fedezeti hozzájárulást és ágazati eredményt. A kukoricánál és a búzánál kimagasló volt az utóbbi értéke, átlagosan 44 és 59 (!) százalékkal nagyobb jövedelmet realizáltak a precíziós gazdaságok a kontrollcsoportéhoz képest, míg a napraforgónál 34 százalékkal volt magasabb ez az érték. Az ágazati eredményhez hasonlóan a költségarányos jövedelem is jelentősen magasabb a precíziós gazdaságoknál, búza esetében 41, kukoricánál 70, napraforgónál pedig 34 százalékkal.

8. táblázat: **A vizsgált ágazatok főbb mutatóinak átlagos eltérése a precíziós technológia alkalmazásának hatására a 17 kiemelt üzemnél**

százalék

Ágazati mutatók	Búza	Kukorica	Napraforgó
Hozam	+17	+2	+6
Termelési érték	+10	+11	+3
Ágazat összes bevétele	+4	+27	+7
Inputanyagköltségek			
<i>vetőmagköltség</i>	-25	+2	0
<i>műtrágyaköltség</i>	+37	-14	-4
<i>növényvédőszer-költség</i>	+3	-21	-1
Gépköltség	-1	+7	-1
<i>ebből:</i>			
<i>traktorok költsége</i>	0	+2	-1
Termelési költség	-1	-5	-8
Fedezeti hozzájárulás	+10	+24	+7
Ágazati eredmény	+44	+59	+34
Főtermék önköltsége	-17	-13	-17
Költségarányos jövedelem	+41	+70	+34

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

7.3. A precíziós technológia gazdasági hatásainak kimutatása a 17 üzem körében a kontrollcsoport megválasztásának módosításával

Mivel a vetésterület az előző számításban jelentős eltérést mutatott, ezért a további számításoknál igyekeztünk a kontrollcsoportot úgy lehatárolni, hogy ezeket az eltéréseket mérsékeljük. Az összehasonlítás alapjául szolgáló üzemek körét azon gazdaságokra szűkítettük le, amelyeknél a vetésterület nagysága maximálisan ± 20 százalékos eltéréssel bír a precíziós üzemekhez képest. Továbbá az intenzív üzemekhez a magasabb inputanyag-felhasználású gazdaságok, a kisebb termelési intenzitású üzemekhez pedig szintén a hozzájuk hasonló, azaz az alacsonyabb inputanyag-felhasználású gazdaságok kerültek kiválasztásra, melyek legfeljebb ± 20 százalékos eltéréssel bírnak. A többi paraméter változatlan maradt az elemzés során.

A számítások eredményeképpen a búzaágazatban 14 százalékkal magasabb hozamokat, 8 százalékkal nagyobb termelési értéket tudhattak magukénak a precíziós üzemek a kontrollcsoportot képező gazdaságokhoz képest (9. táblázat). Az ágazat összes bevétele szintén felülmúlta a hagyományos növénytermesztő üzemekét, összességében 1 százalékkal. A búza termesztése során vetőmagra 26 százalékkal, növényvédő szerre pedig 6 százalékkal kisebb összeget fordítottak. Ezzel ellentétben 26 százalékkal többet költöttek műtrágyára a precíziós technológiát alkalmazók. A gépköltség 1 százalékos, ezen belül a traktorok költsége 2 százalékos eltérést mutatott a precíziós gazdálkodók rovására. A termelés során jelentkező összes költség (termelési költség) átlagosan 3 százalékkal volt magasabb a hagyományos üzemekben, azaz az intenzitás alapján szinte teljesen azonos üzemek kerültek elemzésre a számítás során. A fedezeti hozzájárulás 11 százalékkal volt nagyobb a precíziós üzemeknél. Hasonlóan kedvezően alakult a bevételek és költségek különbözeteként számított jövedelem, amelyben szintén a precíziós üzemek bizonyultak eredményesebbnek, méghozzá 43 százalékkal magasabb ágazati eredményt értek el. Emellett a helyspecifikus termesztéstechnológiát alkalmazók átlagosan 17 százalékkal alacsonyabb önköltségen tudták előállítani terményüket, továbbá a költségarányos jövedelem 16 százalékponttal volt magasabb.

9. táblázat: A búzaágazat főbb mutatóinak alakulása a precíziós gazdaságokban és a hagyományos növénytermesztő üzemekben

Ágazati mutatók	Precíziós gazdaságok (átlagos érték)	Hagyományos növény- termesztő üzemek (átlagos érték)	Átlagos eltérés, százalék
Hozam, tonna/hektár	5,81	5,10	+14
Termelési érték, HUF/ha	262 192	243 175	+8
Ágazat összes bevétele, HUF/ha	227 390	225 902	+1
Inputanyagköltségek			
<i>vetőmagköltség, HUF/ha</i>	<i>14 725</i>	<i>19 970</i>	-26
<i>műtrágyaköltség, HUF/ha</i>	<i>58 478</i>	<i>46 314</i>	+26
<i>növényvédőszer-költség, HUF/ha</i>	<i>20 951</i>	<i>22 214</i>	-6
Gépköltség, HUF/ha	37 582	37 248	+1
<i>ebből:</i>			
<i>traktorok költsége, HUF/ha</i>	<i>26 649</i>	<i>26 207</i>	+2
Termelési költség, HUF/ha	178 081	184 215	-3
Fedezeti hozzájárulás, HUF/ha	165 452	149 620	+11
Ágazati eredmény, HUF/ha	84 111	58 960	+43
Főtermék önköltsége, HUF/tonna	30 917	37 324	-17
Költségarányos jövedelem, százalék	50	34	+49

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A kukoricaágazatban a precíziós technológiát alkalmazóknál szintén kedvezőbben alakultak a költség- és jövedelemelszámolási adatok. Azok a gazdálkodók, akik helyspecifikus módon termesztették a kukoricájukat, átlagosan 2 százalékkal növelték hozamaikat, 13 százalékkal a termelési értéküket és 34 százalékkal az összes bevételeiket (10. táblázat). Az inputanyag-felhasználás a búzaágazatban megvalósult gyakorlattól eltérő volt, a vetőmagköltség 8 százalékkal nagyobb volt a precíziós gazdaságoknál, míg a műtrágya költsége 6 százalékkal, a növényvédő szeré 18 százalékkal kisebb volt. A ráfordításelemek közül a gépek költsége 7 százalékkal múlta felül a hagyományos szántóföldi növénytermesztőkéét. A gépköltségeken belül a traktorok ráfordításai átlagosan 2 százalékkal magasabbak voltak a precíziós gazdaságokban. A precíziós üzemek termeléshez felhasznált költségei átlagosan azonos mértékűek voltak a kontrollcsoportban szereplő üzemekéhez viszonyítva, vagyis a precíziós kukoricatermesztő üzemek és azok kontrollcsoportja között az intenzitásbeli eltéréssel nem kell számolni. Mindezek eredményeképpen a termelési érték és a változó költségek különbözeteként meghatározott fedezeti hozzájárulás és az ágazati eredmény egyaránt ebben az ágazatban is meghaladta a hagyományos szántásos technológiával gazdálkodó termelőkéét 22, illetve 44 százalékkal. Ezáltal az egységnyi főtermékre eső költséget 8 százalékkal mérsékelni tudták a precíziós technológia hatására, emellett a költségarányos jövedelem 22 százalékponttal volt magasabb a precíziós gazdaságoknál.

10. táblázat: A kukoricaágazat főbb mutatóinak alakulása a precíziós gazdaságokban és a hagyományos növénytermesztő üzemekben

Ágazati mutatók	Precíziós gazdaságok (átlagos érték)	Hagyományos növény- termesztő üzemek (átlagos érték)	Átlagos eltérés, százalék
Hozam, tonna/hektár	7,06	6,93	+2
Termelési érték, HUF/ha	330 796	293 448	+13
Ágazat összes bevétele, HUF/ha	327 226	243 932	+34
Inputanyagköltségek			
<i>vetőmagköltség, HUF/ha</i>	<i>35 101</i>	<i>32 455</i>	+8
<i>műtrágyaköltség, HUF/ha</i>	<i>33 446</i>	<i>35 699</i>	-6
<i>növényvédőszer-költség, HUF/ha</i>	<i>16 617</i>	<i>20 247</i>	-18
Gépköltség, HUF/ha	44 575	41 787	+7
<i>ebből:</i>			
<i>traktorok költsége, HUF/ha</i>	<i>31 802</i>	<i>31 049</i>	+2
Termelési költség, HUF/ha	208 419	208 273	0
Fedezeti hozzájárulás, HUF/ha	224 481	184 187	+22
Ágazati eredmény, HUF/ha	122 377	85 175	+44
Főtermék önköltsége, HUF/tonna	30 204	32 661	-8
Költségarányos jövedelem, százalék	66	44	+50

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A napraforgó-termesztés gyakorlatában precíziós technológiát használó üzemek átlagosan 9 százalékos hozamtöbbletet értek el a szántásos művelést végzőkhöz képest (11. táblázat), ami termelési értékben 7 százalékos többletet jelentett. A napraforgó-ágazat bevétele összességében 11 százalékkal múlta felül a hagyományos üzemekét. A termelés költségei együttesen 2 százalékkal tértek el, amely alátámasztja, hogy hasonló intenzitású üzemek kerültek kiválasztásra a kontrollcsoport meghatározása során. A ráfordításokon belül a vetőmagköltség (2 százalékos), a műtrágya (14 százalékos) és a növényvédő szer költségének (8 százalékos) átlagos növekedése volt jellemző. A magas ráfordítási összegek ellenére az állandó költségek térítésére felhasználható összeg, azaz a fedezeti hozzájárulás 8 százalékkal nagyobb volt, továbbá ebben az ágazatban is a precíziós technológia alkalmazásával lehetett – 29 százalékkal – magasabb eredményt elérni. A vizsgált helyspecifikus technológiát alkalmazók egyértelműen hatékonyabban gazdálkodtak a 2015. évben, amelyet a hozamegységre jutó költség (önköltség) 14 százalékkal alacsonyabb mértéke is alátámaszt. Emellett egységnyi költséggel magasabb jövedelmet tudtak elérni, összességében 13 százalékponttal.

11. táblázat: A napraforgóágazat főbb mutatóinak alakulása a precíziós gazdaságokban és a hagyományos növénytermesztő üzemekben

Ágazati mutatók	Precíziós gazdaságok (átlagos érték)	Hagyományos növény- termesztő üzemek (átlagos érték)	Átlagos eltérés, százalék
Hozam, tonna/hektár	2,76	2,54	+9
Termelési érték, HUF/ha	266 722	249 725	+7
Ágazat összes bevétele, HUF/ha	267 907	240 904	+11
Inputanyagköltségek			
<i>vetőmagköltség, HUF/ha</i>	<i>23 393</i>	<i>23 045</i>	<i>+2</i>
<i>műtrágyaköltség, HUF/ha</i>	<i>28 572</i>	<i>25 084</i>	<i>+14</i>
<i>növényvédőszer-költség, HUF/ha</i>	<i>26 821</i>	<i>24 734</i>	<i>+8</i>
Gépköltség, HUF/ha	43 197	44 917	-4
<i>ebből:</i>			
<i>traktorok költsége, HUF/ha</i>	<i>33 256</i>	<i>34 796</i>	<i>-4</i>
Termelési költség, HUF/ha	171 017	175 252	-2
Fedezeti hozzájárulás, HUF/ha	184 994	170 630	+8
Ágazati eredmény, HUF/ha	95 705	74 474	+29
Főtermék önköltsége, HUF/tonna	62 636	73 188	-14
Költségarányos jövedelem, százalék	57	44	+28

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Összességében megállapítható, hogy a magasabb ráfordítások jóval magasabb ágazati jövedelmet eredményeznek, vagyis az erőforrás-felhasználás a precíziós üzemeknél volt hatékonyabb. A kutatás eredménye alapján a költségekben nem lehetett egyértelműen csökkenésre számítani, hiszen ahogy azt Schieffer és Dillon (2014) a vizsgálataik során kimutatta, a gazdaságok ráfordításai nem minden esetben mérséklődtek a technológiának köszönhetően. Ennek oka, hogy amennyiben az üzemek a korábbi inputfelhasználásukat növelik, és az megtérül a hozamok emelkedésében, akkor az egyértelműen arra ösztönzi a gazdaságokat, hogy tovább növeljék az inputanyag-mennyiséget a termés során. Ezt támasztják alá a felmérési eredmények, miszerint a precíziós gazdaságok hozamai és inputanyag-ráfordításai egyaránt felülmúlták a hagyományos szántóföldi növénytermesztőket. A bevételek növekedése viszont túlszárnyalta a költségek emelkedését, így az ágazati eredmény szinte minden esetben a precíziós technológiát alkalmazóknál volt magasabb. Ennek értelmében a hatékonyság növekedését sikerült igazolni a számításaink során.

7.4. Eredmények igazolása statisztikai módszerekkel

A kutatás során feltételeztük, hogy a precíziós gazdálkodás bevezetése egyértelmű hozamtöbbletet, költségmegtakarítást és jövedelmezőségi előnyt eredményez a szántóföldi növénytermesztők számára (H2). A hipotézis ellenőrzését statisztikai módszerekkel végeztük el. A búza esetében a vizsgálat 12 precíziós üzemre és 12 hagyományosan gazdálkodó üzemre terjedt ki. Az elemzés 3 év adatait tartalmazza az egyes növénykultúrák esetében, így a minta sokasága 36, illetve 35. A két csoport különbsége abból adódik, hogy egy precíziós búzatermesztő gazdaság egy évéhez nem lehetett kontrollüzemeket párosítani a megadott feltételek mellett. A kukoricánál 8-8 kultúra képezte a vizsgálandó sokaság körét, azaz 24 esetet lehetett elemezni, míg a napraforgónál a búzához hasonlóan egy esetben nem volt összehasonlításra alkalmas adat, így 8 precíziós technológiával termesztett növény esetén 24, illetve 23 érték statisztikai elemzése valósult meg.

Az eloszlásvizsgálat során három esetben az interkvartilis terjedelem legalább másfélszeresénél is nagyobb az abszolút eltérés, de akár a háromszorosát is meghaladja. A kiugró érték magyarázata az alacsony hozamszint esetében valószínűleg elemi kár miatti hozamkiesés, amely nem került bejelentésre, vagy akár egy nagyobb tápanyagmennyiséget igénylő elővetemény is okozhatta. Azon kontrollcsoportok is kizárásra kerültek a sokaságból, amelyek az adott évre kevés elemszámmal rendelkeznek, így a vizsgálandók köre szűkítésre került, melyre vonatkozó alapadatokat a 12. táblázat tartalmazza.

12. táblázat: Csoporton belüli adatok

Növény	Kategória	N	Hozamátlag	Termelési érték	Termelési költség	Ágazati eredmény	Önköltség
			átlag	átlag	átlag	átlag	átlag
			tonna/hektár	HUF/hektár	HUF/hektár	HUF/hektár	HUF/hektár
Búza	Precíziós	36	5,52	252 174	183 189	68 986	33 626
	Nem precíziós	33	5,05	236 609	179 376	57 233	36 656
	Összesen	69	5,30	244 730	181 365	63 365	35 075
Kukorica	Precíziós	24	7,56	335 352	208 134	127 218	28 288
	Nem precíziós	24	6,74	286 519	206 001	80 518	33 267
	Összesen	48	7,15	310 935	207 068	103 868	30 777
Napraforgó	Precíziós	23	2,90	292 299	168 728	123 572	58 550
	Nem precíziós	23	2,54	246 379	168 988	77 391	70 761
	Összesen	46	2,72	269 339	168 858	100 481	64 656

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján SPSS program segítségével készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A változók Shapiro–Wilk-tesztel történő normalitásvizsgálata során a nullhipotézis, azaz a változók normalitásának teljesülése elfogadásra került (7. melléklet). Mivel a változók normáloszlást követnek a csoporton belül, így lehetőség adódott a varianciaelemzés elvégzésére. Az ANOVA-teszt (*ANalysis Of VAriance*) segítségével a precíziós és nem precíziós sokaságok közötti szignifikáns összefüggés vizsgálata valósult meg az alábbi változók esetén: hozamátlag, termelési érték, termelési költség, önköltség és ágazati eredmény.

Az ANOVA-modell lefuttatásával megállapítható, hogy a precíziós termesztési technológia búza esetén a hozamra és az önköltségre, illetve kukorica és napraforgó esetén a hozamra, a termelési értékre, az ágazati eredményre és az önköltségre való hatása szignifikáns (13. táblázat). Ennek értelmében a búza esetén a precíziós technológia alkalmazása egyértelműen hatással van a hozamok és az önköltség alakulására, míg a kukoricánál és a napraforgónál a hozam, a termelési érték, az ágazati eredmény és az önköltség változására egyaránt.

A modell által megmagyarázott hányadot a 14. táblázat éta-értékei tartalmazzák. Összességében kimutatható, hogy mind a három növénykultúrában a hozam és az önköltség a precíziós technológia alkalmazásának függvényében eltérő, míg a termelési költség esetén azért nem mutatható ki szignifikáns eltérés egyetlen növénykultúrában sem, mert a vizsgálat során ± 20 százalékos intervallum került meghatározásra a kontrollcsoport kiválasztásánál annak érdekében, hogy az intenzitások meggyezőek legyenek.

13. táblázat: ANOVA-teszt eredménye

Növény	Hozamátlag		Termelési érték		Termelési költség		Ágazati eredmény		Önköltség	
	F	Szig.	F	Szig.	F	Szig.	F	Szig.	F	Szig.
Búza	5,17	0,03	2,057	0,16	0,18	0,68	1,52	0,22	3,99	0,05
Kukorica	4,24	0,05	13,902	0,00	0,03	0,86	9,96	0,00	6,86	0,01
Napraforgó	14,02	0,00	8,56	0,01	0,00	0,97	11,08	0,00	21,33	0,00

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján SPSS program segítségével készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

14. táblázat: A modell által magyarázott hányad (éta)

Növény	Hozamátlag		Termelési érték		Termelési költség		Ágazati eredmény		Önköltség	
	éta	éta-négyszet	éta	éta-négyszet	éta	éta-négyszet	éta	éta-négyszet	éta	éta-négyszet
Búza	0,27	0,07	0,17	0,03	0,05	0,00	0,15	0,02	0,24	0,06
Kukorica	0,29	0,08	0,48	0,23	0,03	0,00	0,42	0,18	0,36	0,13
Napraforgó	0,49	0,24	0,40	0,16	0,01	0,00	0,45	0,20	0,57	0,33

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján SPSS program segítségével készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A 15. táblázat a csoportátlagokat és a csoportátlagok főátlagtól való eltérését tartalmazza. Jól látható, hogy a precíziós búzatermesztő gazdaságok a hagyományos üzemekhez képest egyértelműen magasabb fajlagos hozamot realizálnak, illetve egységnyi termésmennyiség előállítására kevesebb költséget fordítanak. Azok a gazdaságok, amelyek a kukorica és a napraforgó termesztése során precíziós technológiát alkalmaznak, szignifikánsan nagyobb termésmennyiséget takarítanak be egy hektárról, illetve magasabb jövedelmezőséget érnek el a hagyományos szántóföldi növénytermesztő üzemekhez képest. Az önköltség ezen növénykultúrák esetében szintén alacsonyabb, azaz hatékonyabban gazdálkodnak a hagyományos művelést végzőkhöz képest.

15. táblázat: A csoportátlag főátlagtól való eltérése

Megnevezés		Hozamátlag		Termelési érték		Ágazati eredmény		Önköltség	
		átlag	átlagos eltérés	átlag	átlagos eltérés	átlag	átlagos eltérés	átlag	átlagos eltérés
		tonna/hektár		HUF/hektár		HUF/hektár		HUF/hektár	
Búza	Precíziós	5,5	0,23	252 174	7 444	68 986	5 621	33 626	-1 449
	Nem precíziós	5,1	-0,25	236 609	-8 121	57 233	-6 132	36 656	1 581
Kukorica	Precíziós	7,6	0,41	335 352	24 417	127 218	23 350	28 288	-2 490
	Nem precíziós	6,7	-0,41	286 519	-24 417	80 518	-23 350	33 267	2 490
Napraforgó	Precíziós	2,9	0,18	292 299	22 960	123 572	23 090	58 550	-6 105
	Nem precíziós	2,5	-0,18	246 379	-22 960	77 391	-23 090	70 761	6 105

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján SPSS program segítségével készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Összességében az állítás, miszerint a precíziós technológia egyértelműen több hozamot és magasabb jövedelmet eredményez, mindemellett növeli a termelés hatékonyságát azáltal, hogy egységnyi költséggel magasabb hozamokat érnek el, a napraforgó és kukorica esetében teljes mértékben igazolható a fenti számítások alapján. A búzatermesztésben magasabb hozamok és az önköltség csökkenése mutatható ki, az ágazati eredmény viszont nem növekedett szignifikánsan, így a magasabb jövedelemre vonatkozó hipotézis elvetésre került.

7.5. A precíziós technológia gazdasági hatásainak kimutatása a 17 üzem körében 6 év (3 precíziós előtti, 3 utáni) adatai alapján

Kizárólag a precíziós szántóföldi növénytermesztés gazdasági előnyeit a hagyományos termesztéshez képest úgy célszerű kimutatni, hogy a művelési módtól eltekintve minden más tényező azonos az összehasonlítandó üzemek esetében, így például a természeti adottságok (domborzat, talajadottságok stb.), a táblaméret, az üzemméret stb. Ezt szem előtt tartva mindenképpen indokolt a precíziós technológiára áttért üzemek önmagukkal való összehasonlítása. Meg kell azonban jegyezni, hogy az időbeli összehasonlításnál az időjárási hatások kiszűrésére csak korlátozottan adódik lehetőség. Követve az egyes üzemek évről évre történő fejlődését összehasonlítottuk a hosszabb ideje (legalább három éve) precíziós gazdálkodást végző 17 üzem technológiaváltást megelőző adatait a bevezetés utáni évek értékeivel. A számítások az éves adatok mellett az egyes növénykultúrák precíziós termesztésben töltött utolsó 3 évi költség- és jövedelemelszámolási adatai átlagának, illetve az alkalmazás előtti három év átlagának hányadosát is tartalmazzák. Az üzemeket az ABC betűivel különböztetjük meg.

A 17 üzem közel fele (8 üzem) 50 és 250 hektár közötti termőterületet művelt precíziós technológiával, 29,4 százaléka 50 hektárnál kisebb területen gazdálkodott, 23,5 százalékanak vetésterülete pedig a 250 hektárt is meghaladta (24. ábra).

24. ábra: A 2015. évben precíziósan művelt területek megoszlása az üzemek között

Forrás: Kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A vizsgált precíziós gazdaságok több mint háromnegyede a vetésterület teljes egészén vagy megközelítőleg 100 százalékan végzi a helyspecifikus technológiát, míg 17,6 százaléku az azon növénykultúrában, amelyet precíziós gazdálkodással művel, a teljes vetésterület több mint felén alkalmazza a technológiát. Mindössze egy üzem gazdálkodására volt jellemző, hogy precíziós technológiával a vetésterületének kevesebb mint 50 százalékan termeszti az adott növénykultúrát (25. ábra).

A 17 üzem által termesztett növények közül 16 növényt, összesen 4-féle növénykultúrát (búza, kukorica, napraforgó, őszi árpa) műveltek precíziós technológiával 50 hektárnál kisebb területen. A 16 növény közül 11 esetben magasabb ágazati eredményt ért el a modernebb technológia alkalmazásával. Azok az üzemek, amelyek az egyes növénykultúrákat 50–250 hektár közötti vetésterületen művelték, ágazati szinten 8 növény esetében³ gazdálkodtak eredményesebben a technológia

³ Magasabb ágazati eredményt a következő növénykultúrák termesztésében ért el a gazdálkodók: búza, kukorica, csemegekukorica és napraforgó.

segítségével. A 250 hektár feletti vetésterület-méreteknél egyértelműen kimutatható volt az üzemek által realizált ágazati eredménytöbblet, amelyet a helyspecifikus növénytermesztés eredményezett (26. ábra). Összességében az üzemek által termesztett 35 növény közül 23 esetben növekedett az ágazati eredmény, 12 esetben pedig nem volt kimutatható a jövedelembővülés a technológia alkalmazásának hatására (8. melléklet).

25. ábra: A 2015. évben precíziósan művelt területek aránya a vetésterülethez képest az egyes növénykultúrákban

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok és a kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

26. ábra: Az ágazati eredmények változása a 2015. évben precíziósan művelt vetésterület-méretkategóriákban

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok és a kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Az egységnyi ráfordítással előállított termelési érték az 50 hektárnál kisebb területen termesztett növények többségében (62,5 százalékában), az 50–250 hektár közötti vetésterület esetében az üzemek 53,3 százalékában nőtt a precíziós technológia bevezetése utáni években (27. ábra). A 250 hektáros területméret felett ugyanakkor már a növények 75 százalékában nagyobb hatékonyságot értek el az üzemek a technológia alkalmazásának hatására.

Itt fontos megemlíteni, hogy a termelési költség részét képezi az értékcsökkenési leírás is, amely a technológia bevezetéséhez szükséges eszközberuházás miatt az alkalmazott években magasabb, amely a termelési költséget jelentősen megnöveli.

Összességében a 35 precíziósan termesztett növénykultúra közül 17 növény esetében, azaz kevesebb mint 50 százalékában sikerült kimutatni hatékonyságnövekedést a technológia alkalmazásának eredményeképpen (9. melléklet).

27. ábra: **A termelési érték és a termelési költség hányadosának alakulása a 2015. évben precíziósan művelt vetésterület-méretkategóriákban**

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok és a kérdőíves felmérés adatai alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A 35 növény hozamátlagainak vizsgálatakor az ágazati költség- és jövedelemadatok lehetőséget adtak azoknak az éveknél a kiszűrésére, amelyek során elemi kár okozta hozamkiesést szenvedett el a gazdaság, ezáltal lehetővé vált a technológia hozamokra gyakorolt hatásának pontosabb kimutatása. Így az időjárás okozta hozamcsökkenést elszenvedett üzemek károsult évi adatai nem kerültek figyelembevételre az elemzéskor. A vizsgált évek szelektálása után az „A” üzem és a „P” üzem kukorica növénykultúrájánál kevesebb mint 3 évre állt rendelkezésre adat a precíziós technológia bevezetését követően, így ezen gazdaságok hozamátlagainak alakulását nem lehetett vizsgálni.

Az inputanyag növelésének köszönhetően mindössze 7 növény hozama volt alacsonyabb a precíziós technológia bevezetése előtti három év átlagában az alkalmazást követő évekhez viszonyítva (28. ábra), míg az üzemek a precíziósan termesztett növények 80,0 százalékánál átlagosan 16,5 százalékkal tudták növelni a hozamokat a helyspecifikus technológia hatására. Azok körében tehát, akik precíziós technológiát alkalmaztak a termesztési gyakorlatukban, sikerült igazolni a hagyományostól eltérő gazdálkodás hozamnövelő hatását.

28. ábra: **Hozamátlagok alakulása a precíziós üzemeknél a technológia bevezetése előtti és az alkalmazást követő 3 év átlagában**

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

29. ábra: **Vetőmagköltség a precíziós technológia alkalmazása előtti és az alkalmazást követő 3 év átlagában**

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A fentiekben már említésre került, hogy a 17 üzemből 12 magas szinten műveli a technológiát, azaz menedzsmenzónákra osztja a tábláit annak megfelelően, hogy milyen adottságokkal rendelkeznek az egyes területek, majd a tulajdonságokhoz mérten juttatja ki az inputanyagokat. Attól függően

viszont, hogy a gazdaságok mely növénytermesztési fázisban alkalmazzák a technológiát, eltérnek az elemszámok a 12 üzem körében. A növényvédelmet majdnem minden magas technológiai színvonalat képviselő gazdaság precíziósan végzi (11 gazdaság), emellett a tápanyag-utánpótlásban 8 üzem, a vetésben pedig 9 gazdaság alkalmazta azt. A továbbiakban a növényvédelmet helyspecifikusan megvalósító üzemeknél a növényvédőszer-költség, a tápanyag-utánpótlás esetén a műtrágyamennyiség, a precíziós vetésnél pedig a vetőmagköltség kerül elemzésre.

A vetés során sorművelést alkalmazó és tőszámot változtató 9 üzem a precíziós technológia bevezetése előtt átlagosan 56 százalékkal kevesebbet fordított vetőmagra és mindössze 3 gazdaság csökkentette a vetőmagköltségét a precíziós gazdálkodás során, azaz a technológia vetőmagköltség-csökkentő hatását nem sikerült igazolni (29. ábra). A vetőmag-ráfordítás növelése főként abból adódik, hogy a gazdaságok jobb minőségű vetőmagot vásároltak. A vetőmag mennyiségének változását erre vonatkozó adatok hiányában nem tudtuk vizsgálni.

A precíziós gazdaságok között 10 üzem helyspecifikusan valósította meg a talaj tápanyag-utánpótlását. Ezen üzemeknél az adatbázis lehetőséget biztosított a kijuttatott műtrágya mennyiségének vizsgálatára is, amely a költségadatoknál pontosabban tükrözi a technológia műtrágya-felhasználásra gyakorolt hatását, még akkor is, ha a ráfordítás korrigálásra került az áringadozással. A technológia átvétele, ahogy az a fentiekben már említésre került, egyes üzemeknél jellemzően nem jár az inputanyag-mennyiség mérséklésével, hiszen előfordulhat, hogy a gazdálkodó a szükségesnél kevesebb műtrágyát szórt ki a technológia bevezetése előtt a területére, erre azonban fény derül a talajminta-vételezés során. Abban az esetben javasolt a mennyiség növelése, amennyiben a hozamok kompenzálni képesek a megnövekedett költséget. A tíz üzem átlagosan 4,7 százalékkal növelte a kijuttatott műtrágya mennyiségét a technológia bevezetését követően (30. ábra).

30. ábra: **Kijuttatott műtrágya mennyiségének alakulása a precíziós üzemeknél a technológia bevezetése előtti és az alkalmazást követő 3 év átlagában**

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A tíz üzem precíziósan termesztett növénykultúráiban a 21 esetből összesen 11 alkalommal kevesebb volt a műtrágya-felhasználás mértéke, vagyis az üzemek fele a kijuttatott műtrágya mennyiségét csökkentette (30. ábra). Nem meglepő módon azok az üzemek mérsékeltek a felhasznált mennyisé-

get, amelyek a technológia alkalmazása előtt jelentős mennyiségű műtrágyát szórtak ki, azaz náluk a mennyiségi csökkentés a gazdaságosság szempontjából is szükségzerű volt.

A vizsgált precíziós gazdaságok növényvédőszer-költsége szintén emelkedett a technológia bevezetése előtti három év középértékéhez képest átlagosan 37,2 százalékkal. A kijuttatott műtrágyától eltérően a növényvédő szer mennyiségére vonatkozóan nem állt rendelkezésre adat. A költségnövekedést befolyásolja, hogy a gazdaságok zöme talajkímélő művelést is végez a precíziós tevékenység mellett, amely magasabb növényvédőszer-mennyiség felhasználását eredményezi, vagyis a növényvédőszer-költség növekedésének fő mozgatórugója a talajkímélő gazdálkodásra való áttérés. Az üzemek számottevő része minden precíziósan termesztett növénykultúrában növelte a növényvédő szerre fordított költségét. Mindösszesen 4 gazdaság növényvédőszer-ráfordítása csökkent a helyspecifikusan művelt növényeik közül egyetlen kultúra esetében (31. ábra).

31. ábra: Növényvédőszer-költség alakulása a precíziós üzemeknél a technológia bevezetése előtti és az alkalmazást követő 3 év átlagában

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Összességében elmondható, hogy a vizsgált üzemeknél a technológia nem csökkentette a termelés ráfordításait, viszont nagymértékben növelte a hozamokat, ami a költségek emelkedéséhez képest magasabb termelési értéket eredményezett. Az eredmények növekedése ágazati szinten a növények mintegy 66 százalékánál volt megfigyelhető. Ezzel szemben az egységnyi költséggel előállított termelési érték már kevésbé alakult kedvezően, ágazati szinten 48,6 százalékot tett ki azon növények száma, amelyek termesztése során a precíziós technológia bevezetése egyértelműen növelte a ráfordításokkal elérhető termelési értéket.

8. A precíziós gazdálkodás becsült makrogazdasági hatásai

Az eddig bemutatott szakirodalmakból és saját számításainból egyértelműen kiderült, hogy a precíziós technológia egyaránt hatással van a hozamokra, a termelési értékre, a termelési költségre, az önköltségre és az ágazati eredményre. Hogy ez a hatás pontosan mekkora, abban már kisebb-nagyobb eltéréseket jeleznek a különböző információs források. A fejezet első részében áttekintjük az előbbieken felsorolt tényezőket, hogy rendszerezzük és összegezzük az eddig bemutatott számítási eredményeket, valamint hogy behatároljuk a precíziós technológia által elérhető különbséget az egyes növénykultúráknál a hagyományos üzemekhez képest. Amint azt korábban már több helyen leírtuk, a precíziós technológia bevezetése által elérhető többlet nagyban függ az adott gazdaság adottságaitól. Ezt a bizonytalanságot a fejezet második részében úgy kívánjuk számszerűsíteni, hogy a számítások során a korábban üzemszinten kimutatott minimális és maximális értékek alapján végezzük el a becsléseket.

8.1. A precíziós gazdálkodást folytató üzemek és a kontrollcsoport vizsgálatának eredményei

Első lépésben a **hozam** tekintetében a gazdák által érzékelt hatásokat összesítettük. Mivel kérdéseink során nem kötöttük időszakhoz a hatásra adott válaszokat, ezért alapvetően azt feltételezzük, hogy a válaszokban az áttérés utáni átlagos értékek jelennek meg. Ugyanakkor a technológiát rövidebb ideje alkalmazók esetében még torzíthatják a képet az áttéréshez kapcsolódó nehézségek. A kérdőívekre adott válaszok alapján megállapítottuk, hogy a napraforgó kivételével valamennyi növénykultúránál 5-15 százalékos hozamemelkedést tapasztalnak a megkérdezettek. A napraforgónál ez az intervallum az 5 százalékos hozamcsökkenéstől a 15 százalékos hozamnövekedésig terjed.

A KITE Zrt. adatai ugyancsak hozamnövekedést számszerűsítenek a precíziós technológia bevezetésének hatására. A legnagyobb mértékű többlet az őszi káposztarepce és őszi árpa esetében (+5 százalék) jelentkezett, de a kukorica és a búza is mindössze 1, illetve 2 százalékponttal marad el az előbbiektől.

16. táblázat: A precíziós gazdálkodás hozamra gyakorolt hatása

Növény	Hipotézis	százalék							
		Kérdőív alapján		KITE Zrt. adatai			Kontrollcsoport-hoz viszonyítva		Eltérés a számítások alapján
		Gazda hiedelme		45 üzem (1 év)	17 üzem (3 év)	17 üzem (3 év, kontrollcsoport-szűkítés)	17 üzem (3 precíziós előtti, 3 utáni év)	Mini-mum	Maxi-mum
Őszi búza	Nagyobb	+5 – +15	+3	+7	+17	+14	+17	+7	+17
Kukorica	Nagyobb	+5 – +15	+4	+9	+2	+2	+8	+2	+9
Napraforgó	Nagyobb	–5 – +15	+5	+10	+6	+9	+9	+6	+10
Őszi káposztarepce	Nagyobb	+5 – +15	+5	+11	–	–	–	–	–
Őszi árpa	Nagyobb	+5 – +15	–	+5	–	–	–	–	–

Megjegyzés: Nem egyértelműen igazolható, Számításokkal igazolható, Statisztikailag igazolható.

Forrás: A KITE Zrt. adatai, a kérdőíves értékek és az FADN-adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Az általunk végzett vizsgálatok közül háromnál a kontrollcsoport (lásd 4. fejezet módszertan) értékeit vetettük össze a 2015. évtől precíziósan gazdálkodók hozamadataival (45, illetve 17 üzem). A precíziósan gazdálkodó üzemek esetében a hozamnövekedés minden növénynél meghaladta az 5 százalékot, legmagasabb értéke az őszi káposztarepcénél volt 11 százalékkal.

Annál a 17 üzemnél, akik legalább három éve áttértek a precíziós gazdálkodásra, a váltás után a kontrollcsoporthoz képest 17 százalékos többlet keletkezett a búzánál, 2-6 százalékos bővülés pedig a kukorica és napraforgó esetében.⁴ Az eredmények statisztikai módszerekkel is igazolhatók voltak. Ezeknél az üzemeknél a technológiai váltás miatt fellépő különbségek markánsabb kidomborítása érdekében tovább szigorítottuk a kontrollcsoport kiválasztásának feltételeit (lásd 4. fejezet). Ennek eredményeként a kimutatható különbségek erősödtek, a 17 üzem hozamértékei 2-14 százalékkal múltak felül a kontrollcsoport hozamértékeit az egyes szántóföldi növények esetében.

A vizsgálat utolsó lépésében azt elemeztük, hogy az üzemek hozameredményei önmagukhoz képest is javultak-e a precíziós technológiára való áttérés hatására, amihez az üzemek precíziós gazdálkodás előtti és utáni hároméves hozamértékeit vetettük össze. A hipotézis ez esetben is igaznak bizonyult, ugyanis búza esetében 17, kukoricánál és napraforgónál 8-9 százalékos hozamemelkedés igazolódott.

Összességében a minimum- és maximumértékeket nézve megállapítható, hogy a precíziós gazdálkodást végzők körében a búzánál 7-17 százalékbán, a kukoricánál 2-9 százalékbán, a napraforgónál 6-10 százalékbán emelkedtek meg a hozamok (16. táblázat) a precíziós technológiát alkalmazók körében.

Az eredmények összegzését a termelési értéknél is elvégeztük. A 17. táblázatban jól látható, hogy a termelési értékek valamennyi információs forrás szerint egyértelműen nőttek. A gazdák várakozásai szerint a termelési érték a precíziós technológiát alkalmazók körében 5-15 százalékkal növekedhet mind az öt nagy szántóföldi kultúránál. A KITE Zrt. adatai szerint a precíziós gazdálkodás hatása a búzatermesztésnél 3 százalékos termelésiérték-növekedést jelent a hagyományos gazdálkodással szemben. A kukoricánál, a napraforgónál és az őszi káposztarepcénél ez az eltérés 4 százalék volt.

17. táblázat: A precíziós gazdálkodás termelési értékre gyakorolt hatása

Növény	Hipotézis	százalék							
		Kérdőív alapján	KITE Zrt. adatai	Kontrollcsoporthoz viszonyítva			Üzemen belül	Eltérés a számítások alapján	
				45 üzem (1 év)	17 üzem (3 év)	17 üzem (3 év, kont- rollcsoport- szűkítés)		Mini- mum	Maxi- mum
Őszi búza	Nagyobb	+5 – +15	+3	+13	+10	+8	+38	+8	+38
Kukorica	Nagyobb	+5 – +15	+4	+16	+11	+13	+42	+11	+42
Napraforgó	Nagyobb	+5 – +15	+4	+11	+3	+7	+32	+3	+32
Őszi káposztarepce	Nagyobb	+5 – +15	+4	+24	–	–	–	–	–
Őszi árpa	Nagyobb	+5 – +15	–	+13	–	–	–	–	–

Megjegyzés: Számításokkal igazolható, Statisztikailag igazolható.

Forrás: A KITE Zrt. adatai, a kérdőíves értékek és az FADN-adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

⁴ Az őszi káposztarepcére és az őszi árpára az üzemek nem rendelkeztek elegendő adattal a számításhoz.

Annál a 45 üzemnél, amely legalább egy éve végez precíziós gazdálkodást, a búza, a kukorica, a napraforgó és az őszi árpa termelési értéke 11-16 százalékkal volt magasabb, mint a hagyományos üzemeknél. A termelési értéknél jelentkező többlet az őszi káposztarepcénél volt a legmagasabb arányú, 24 százalék a viszonyítási alaphoz képest. A három éve precíziós gazdálkodást végzőknél a termelési érték búzánál 10, kukoricánál 11 és napraforgónál 3 százalékkal nőtt a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Ugyanezen üzemek előnye mind a szűkített kontrollcsoporthoz képest, mind pedig a három éve precíziós gazdálkodást folytatókhoz mérten jelentősen nagyobbak bizonyult. A kukorica és a napraforgó esetében 7-13 százalékos statisztikailag is igazolható növekedés mutatható ki, búzánál a precíziós gazdálkodás 8 százalékos termelésiérték-többletet jelentett.

A precíziós gazdálkodást folytató üzemek termelési értékei önmagukhoz képest is javultak, a búza esetében 38, a kukoricánál 42 és a napraforgónál 32 százalékos termelésiérték-emelkedés igazolódott.

Összességében a minimum- és maximumértékeket nézve megállapítható, hogy a precíziós gazdálkodást végzők körében a búzánál 8-38 százalékkal, a kukoricánál 11-42 százalékkal, a napraforgónál 3-32 százalékkal nőtt a termelési érték (17. táblázat).

Hipotézisünk szerint a precíziós gazdálkodást folytató üzemeknél a termelési költség alacsonyabb, mint a hagyományos termesztési technológiát alkalmazóknál. A 18. táblázatból leolvasható, hogy ez a feltételezés a legtöbb esetben igazolást nyert.

A gazdák várakozásai szerint a precíziós technológia alkalmazása a termelési költségben 5-15 százalékos csökkenést jelent az egyes növénykultúráknál, kivéve a napraforgót. A KITE Zrt. tapasztalati eredményei szerint a precíziós gazdálkodás bevezetése a búza és a napraforgó termesztésénél 3 százalékos termelési költségelőnnel bír a hagyományos gazdálkodáshoz képest, kukoricánál ez az eltérés 2 százalék.

A 45 precíziós gazdálkodást folytató üzem termelési költségének kontrollcsoporthoz viszonyított alacsonyabb értékét nem tudtuk kimutatni, mivel ezeknél az üzemeknél mind az öt növény esetében 3-23 százalékos termelésiköltség-emelkedés következett be. Ez részben az intenzív gazdálkodásra való áttérés okozta magasabb inputigénynek tulajdonítható. Legnagyobb mértékben, több mint 15 százalékkal a kukorica és az őszi káposztarepce termesztőinek termelési költsége nőtt, míg a napraforgó termelési költsége változott legkevésbé (+3 százalék). A legalább három éve precíziós gazdálkodást végzőknél a termelési költség búzánál 1, kukoricánál 5 és napraforgónál 8 százalékkal maradt el a kontrollcsoporthoz viszonyítva.

18. táblázat: A precíziós gazdálkodás termelési költségre gyakorolt hatása

Növény	Hipotézis	százalék							
		Kérdőív alapján	KITE Zrt. adatai	Kontrollcsoporthoz viszonyítva			Üzemen belül	Eltérés a számítások alapján	
				45 üzem (1 év)	17 üzem (3 év)	17 üzem (3 év, kontrollcsoport- szűkítés)		Mini- mum	Maxi- mum
Őszi búza	Kisebb	-15 – -5	-3	+9	-1	-3	+47	-3	+47
Kukorica	Kisebb	-15 – -5	-2	+23	-5	0	+30	-5	+30
Napraforgó	Kisebb	-15 – +15	-3	+3	-8	-2	+26	-8	+26
Őszi káposztarepce	Kisebb	< -5	–	+19	–	–	–	–	–
Őszi árpa	Kisebb	-15 – -5	–	+9	–	–	–	–	–

Megjegyzés: Nem egyértelműen igazolható, Számításokkal igazolható, Számításokkal nem igazolható.

Forrás: A KITE Zrt. adatai, a kérdőíves értékek és az FADN-adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Ugyanezen üzemeknél a szűkített kontrollcsoporthoz képest vizsgálva az eredményeket, a kukorica termelési költségében jelentős különbség nem volt kimutatható a hagyományos üzemekhez képest. Búzánál és napraforgónál a termelési költségek 2-3 százalékkal csökkentek a precíziós gazdálkodást folytatók körében.

A 18. táblázatból látható az is, hogy a precíziós gazdálkodást folytató üzemek termelési költségei önmagukhoz képest jelentősen nőttek. Búza esetében 47, a kukoricánál 30 és a napraforgónál 26 százalékos termelésiköltség-bővülés mutatható ki. Itt szintén az optimális technológiára való áttérés okán megnövekedett inputanyagköltség volt meghatározó.

Összességében a minimum- és maximumértékeket nézve megállapítható, hogy a precíziós gazdálkodást végzők körében egyértelműen nem jelenthető ki, hogy a termelési költségek csökkennének, hiszen a búzánál –3 és +47, a kukoricánál –5 és +30, a napraforgónál –8 és +26 százalék között változtak a termelési költségek (18. táblázat). Azonban látható az is, hogy ha valaki extenzív technológiával gazdálkodik, akkor a termelési költségek jóval nagyobb mértékben emelkedhetnek (maximum százalékos értékek), míg az intenzív technológiát folytatóknál – növénykultúrától függően – a termelési költségek 3-8 százalékban csökkenhetnek.

Az önköltséggel kapcsolatban azzal az előfeltevéssel éltünk, hogy a precíziós gazdálkodást folytató üzemek önköltsége alacsonyabb, mint a hagyományos termesztési technológiát alkalmazóké. A 19. táblázatból leolvasható, hogy az esetek többségében ezt igazolni is tudtuk.

A kérdőíves megkérdezés nem tartalmazta az önköltségre vonatkozó kérdést. A KITE Zrt. adatai szerint a precíziós gazdálkodás a búza- és a kukoricatermesztésnél 6 százalékos önköltségcsökkenést jelent a hagyományos gazdálkodással szemben. A napraforgó és az őszi káposztarepce termesztésének önköltsége 8 százalékkal alacsonyabb, mint a hagyományos gazdaságoké.

A legalább 1 éve precíziós gazdálkodást folytató 45 üzem és a kontrollcsoport önköltségadatai között a kukoricánál nem jelentkezett különbség, búzánál és őszi árpanál azonban 6-7, őszi káposztarepcénél 1 százalékos önköltségcsökkenést lehetett kimutatni. A 19. táblázatból látható, hogy a precíziós technológiát alkalmazó üzemeknél legjobban a napraforgó önköltsége mérséklődött (–10 százalék). A három éve precíziós gazdálkodást végzőknél az önköltség búzánál és napraforgónál 17, kukoricánál 13 százalékkal csökkent a kontrollcsoporthoz viszonyítva.

19. táblázat: A precíziós gazdálkodás önköltségre gyakorolt hatása

Növény	Hipotézis	százalék							
		Kérdőív alapján	KITE Zrt. adatai	Kontrollcsoporthoz viszonyítva			Üzemen belül	Eltérés a számítások alapján	
		Gazda hiedelme		45 üzem (1 év)	17 üzem (3 év)	17 üzem (3 év, kontrollcsoport-szűkítés)	17 üzem (3 precíziós előtti, 3 utáni év)	Minimum	Maximum
Őszi búza	Kisebb	–	–6	–7	–17	–17	+29	–17	+29
Kukorica	Kisebb	–	–6	0	–13	–8	+22	–13	+22
Napraforgó	Kisebb	–	–8	–10	–17	–14	+20	–17	+20
Őszi káposztarepce	Kisebb	–	–8	–1	–	–	–	–	–
Őszi árpa	Kisebb	–	–	–6	–	–	–	–	–

Megjegyzés: ■ Számításokkal igazolható, ■ Statisztikailag igazolható, ■ Számításokkal nem igazolható.

Forrás: A KITE Zrt. adatai, a kérdőíves értékek és az FADN-adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A szűkített kontrollcsoporthoz képest is jelentős különbségek adódtak az önköltségben. Búzánál a precíziós gazdálkodás 17 százalékkal alacsonyabb önköltséget jelentett. A kukorica- és a napraforgó-termesztők között 8-14 százalékkal mérsékeltebb önköltségértékek jelentkeztek a hagyományosan gazdálkodókkal szemben, ami statisztikailag is igazolható volt.

A precíziós gazdálkodást folytató üzemek önköltsége a technológiaváltást követően nőtt. Ennek oka leginkább az lehet, hogy e gazdaságok korábban is extenzíven gazdálkodtak. A precíziós gazdálkodásra való áttérés intenzív gazdálkodást hozott, ami az inputanyagköltségeket, így az önköltséget is megemelte. Búza esetében 29, a kukoricánál 22 és a napraforgónál 20 százalékos önköltség-emelkedés történt, vagyis ebben az esetben a hipotézisünk nem igazolódott.

Összességében a minimum- és maximumértékeket nézve megállapítható, hogy a precíziós gazdálkodást végzők körében az önköltség búzánál és napraforgónál akár 17 százalékkal, kukoricánál akár 13 százalékkal csökkenhet, de növekedhet is 20-29 százalékkal.

Hipotézisünk alapján azt vártuk, hogy vizsgálataink a precíziós gazdálkodást folytató üzemek esetében magasabb ágazati eredményt igazolnak a hagyományos termesztési technológiát alkalmazókhoz képest. A 20. táblázatból leolvasható, hogy ez a várakozásunk a legtöbb esetben teljesült. Ráadásul az is megállapítható, hogy a korábbi tényezőkhöz képest az ágazati eredményeknél jelentkezik százalékosan a legnagyobb előny.

A kérdőíves felmérésben nem tértünk ki az ágazati eredmény kérdésére. A KITE Zrt. adatai szerint a precíziós gazdálkodás búza esetében 42, kukoricánál 27, napraforgónál 50 és őszi káposztarepcénél 44 százalékos többletet jelent az ágazati eredményben. A 45 precíziós gazdálkodást folytató üzem eredményei a kontrollcsoporthoz viszonyítva egyedül a kukorica esetében csökkentek (–17 százalékkal). Búzánál és napraforgónál a precíziós üzemek 23-28 százalékkal, míg az őszi káposztarepcénél és az őszi árpanál 30-40 százalékkal realizáltak magasabb ágazati eredményt.

20. táblázat: A precíziós gazdálkodás ágazati eredményre gyakorolt hatása

százalék									
Növény	Hipotézis	Kérdőív alapján	KITE Zrt. adatai	Kontrollcsoport hoz viszonyítva			Üzemen belül	Eltérés a számítások alapján	
		Gazda hiedelme		45 üzem (1 év)	17 üzem (3 év)	17 üzem (3 év, kont- rollcsoport- szűkítés)		17 üzem (3 precízi- ós előtti, 3 utáni év)	Mini- mum
		Búza		Kisebb	–	+42	+23	+44	+43
Kukorica	Kisebb	–	+27	–17	+59	+44	+105	–17	+105
Napraforgó	Kisebb	–	+50	+28	+34	+29	+52	+28	+52
Őszi káposztarepce	Kisebb	–	+44	+40	–	–	–	–	–
Őszi árpa	Kisebb	–	–	+30	–	–	–	–	–

Megjegyzés: Számításokkal igazolható, Statisztikailag igazolható, Számításokkal nem igazolható.

Forrás: A KITE Zrt. adatai, a kérdőíves értékek és az FADN-adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A három éve precíziós gazdálkodást végző 17 üzemnél az ágazati eredmény búzánál 44, kukoricánál 59 és napraforgónál 34 százalékkal nőtt a kontrollcsoporthoz képest. A szűkített kontrollcsoporthoz viszonyítva a kukorica és a búza ágazati eredménye 43-44 százalékkal meghaladta a hagyományos üzemekét, ami kukorica esetében statisztikailag is igazolható volt. Napraforgónál az ágazati eredménytöbblet 29 százalék volt a kontrollcsoporthoz viszonyítva.

A 20. táblázatból leolvasható az is, hogy a precíziós gazdálkodásra áttért üzemek ágazati eredménye önmagukhoz képest többszöröződött. Búza esetében 133, a kukoricánál 105 és a napraforgónál 52 százalékos ágazateredmény-növekedés volt kimutatható.

Összességében a minimum- és maximumértékeket nézve megállapítható, hogy a precíziós gazdálkodást végzők körében a kukoricatermesztés kivételével az ágazati eredmények emelkedtek, azaz búzánál 23-133 százalékban, napraforgónál pedig 28-52 százalékban növekedtek az ágazati eredmények (20. táblázat).

8.2. A precíziós gazdálkodás hatásai ágazati szinten

A fejezet második részében azt vizsgáljuk meg, hogy ha az üzemek egy csoportja – amelyekre igazolni tudtuk a technológia hatásait – áttérne a precíziós gazdálkodásra, akkor ágazati szinten hogyan változnának meg a gazdálkodást jellemző mutatók (hozamok, ágazati eredmény, termelési érték, termelési költség, valamint a vetőmag-, műtrágya- és növényvédőszer-költség). Az eredményekhez tartozó alapadatok a 10-18. mellékletekben kaptak helyet.

A 4.3 alfejezetben leírtak alapján és a tesztüzemi adatok szerint a precíziós technológiára való áttérés a búzánál 7130, a kukoricánál 6601, a napraforgónál 5273, az árpánál 2131, a repcénél 338 gazdaságot érint. Az összes üzemet tekintve ez búzánál a gazdaságok 20 százalékát, kukoricánál 13 százalékát, napraforgónál 24 százalékát, őszi árpánál 16 százalékát, őszi káposztarepcénél pedig kevesebb mint 10 százalékát jelentené (32. ábra).

32. ábra: Precíziós és nem precíziós üzemek aránya a technológiai váltás után

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

Amennyiben az általunk kiválasztott, a becslés alapjául szolgáló üzemcsoport áttérne a precíziós gazdálkodásra, akkor a búza esetében a precíziós területek a teljes (937 ezer hektár 2015-ben) búza-termő terület 59,0 százalékát (553 ezer hektár), a kukoricánál a teljes (933 ezer hektár) kukoricatermő terület 39,8 százalékát (371 ezer hektár), a napraforgónál a teljes (585 ezer hektár) napraforgó-terület 58,4 százalékát (341 ezer hektár) tennék ki. Az őszi árpa és őszi káposztarepce precíziós technológiával művelt területe (93 ezer hektár) külön-külön 19-23 százalékát adná a két ágazat összes vetésterületének (33. ábra).

33. ábra: A vetésterület megoszlása a vizsgált üzemek precíziós gazdálkodásra való áttérése esetén

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

34. ábra: A termésmennyiség változása a precíziós gazdálkodásra való áttérés hatására

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

A termésmennyiséget elemezve megállapítható, hogy a kiválasztott üzemek precíziós gazdálkodásra való áttérése hatására búzánál 4-10 százalékos, azaz minimálisan 212,4 ezer tonna, maximálisan 515,9 ezer tonna termésmennyiség-bővülésre lehet számítani országos szinten. Kukoricánál 1-4 százalékkal, vagyis minimálisan 50,7 és maximálisan 228,2 ezer tonnával növekedne a termés. Napraforgónál átlagosan 5 százalékos hozamnövekedés lenne realizálható, ami a termésmennyiséget nézve 53,0-88,3 ezer tonnás emelkedést jelenthet makroszinten. Őszi árpánál 11,8, őszi káposztarepce

cénél 14,7 ezer tonna termésnövekedés keletkezhet, ami országosan 1-2 százalékkal haladja meg az egyébként elérhető hozamokat (34. ábra).

A makroszintű termelési érték a technológiaváltás hatására a búzánál 5-23 százalékkal, azaz minimálisan 12,0 milliárd forinttal, maximálisan pedig 56,9 milliárd forinttal emelkedhet. Kukoricánál ez 5-18 százalékos bővülést, azaz 12,1-46,1 milliárd forint többletet jelenthet. Napraforgónál 2-18 százalékos, minimálisan 3,0 és maximálisan 31,6 milliárd forintnyi termelésiérték-emelkedés várható. Őszi árpánál és őszi káposztarepcénél a precíziós gazdálkodásra való áttérés a 3-5 százalékos növekedés mellett 1,3-3,7 milliárd forint közötti gyarapodást hozhat országosan (35. ábra).

35. ábra: A termelési érték változása a precíziós gazdálkodásra való áttérés hatására

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

A precíziós gazdálkodás hatására – abban az esetben, ha a gazdálkodó már intenzív technológiát alkalmaz – búzánál, kukoricánál és napraforgónál 2-5 százalékos, vagyis mintegy 3,3-5,7 milliárd forint termelési költség-csökkenés érhető el országos szinten. Az extenzív technológiáról való áttérés után kezdetben 13-28 százalékos, azaz 18,6-51,5 milliárd forint termelési költség-emelkedés várható összességében a fentebb említett három növény esetében. Számításaink szerint az extenzív technológiáról a precíziós gazdálkodásra való áttérés búza esetében növeli meg a legjobban a termelési költségeket (+51,5 milliárd forint) és napraforgónál a legkevésbé (18,6 milliárd forint). Őszi árpánál 2 százalékos (+0,7 milliárd forint), őszi káposztarepcénél 5 százalékos (+2,5 milliárd forint) emelkedéssel lehet számolni (36. ábra).

A precíziós gazdálkodásra való áttérés országosan 14-80 százalékos növelné a búzatermesztők ágazati eredményét, azaz minimálisan 9,2 milliárd forinttal, maximálisan pedig 53,5 milliárd forinttal bővülne az ágazati eredmény a precíziós gazdálkodásra való áttérés esetében. Ugyanez napraforgónál 14-27 százalékkal (+7,6-14,0 milliárd forint) növelné, őszi árpánál és őszi káposztarepcénél 4-8 százalékkal (+0,6-0,9 milliárd forint) emelné az országos ágazati eredményt a precíziós technológiára történő áttérés után. Figyelemreméltó, hogy kukorica esetében nem ilyen kedvező a kép, hiszen az ágazati eredmény 3,1 milliárd forinttal maradhat el, de akár 19,2 milliárd forinttal (8-47 százalékos) növekedhet is a nem precíziósan gazdálkodók ágazati eredményéhez képest (37. ábra).

36. ábra: A termelési költség változása a precíziós gazdálkodásra való áttérés hatására

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

37. ábra: Az ágazati eredmény változása a precíziós gazdálkodásra való áttérés hatására

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

A vetőmagköltség a precíziós gazdálkodás hatására kukoricánál 1-20 százalékkal, azaz minimálisan 0,3 milliárd, maximálisan 6,3 milliárd forinttal növekedne makroszinten. Napraforgónál 0-14 százalékkal (+1,8 milliárd forint), őszi árpánál 3 százalékkal (0,1 milliárd forint) haladna meg a vetőmagköltség a korábbi értéket, amennyiben az üzemek áttérnének a precíziós technológiára.

Búzánál a vetőmagköltség akár 15 százalékkal (2,7 milliárd forinttal) csökkenhet országosan. Ennek hátterében az áll, hogy búzánál a nagyobb hozamú búzafajták vetőmagját használják, ebben az esetben még a magasabb ár mellett is kisebb mennyiséget vetnek el. Ugyanakkor az is előfordulhat, hogy 5,0 milliárd forinttal (+28 százalék) növekszik a vetőmag költsége. Az őszi árpánál a precíziós gazdálkodásra való átállás hatására makroszinten 0,1 milliárd forinttal, azaz 3 százalékkal emelkedhetnek a vetőmagköltségek. Őszi káposztarepcénél mérsékelten, 282 millió forinttal (–1 százalék) csökkenhet a vetőmag költsége országos szinten (38. ábra).

38. ábra: A vetőmagköltség változása a precíziós gazdálkodásra való áttérés hatására

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

Intenzív technológia mellett búzánál és kukoricánál akár 4-9 százalékos megtakarítást is eredményezhet a helyspecifikus gazdálkodás a növényvédőszer-költségben országosan, ami forintban kifejezve 0,8-1,9 milliárd forintot jelent. Extenzív technológiáról való áttérés esetén a növényvédőszer-költségek a két növény esetében 23-30 százalékos (+5,2-6,4 milliárd forintnyi) többletköltséget is jelenthetnek makroszinten. Napraforgónál 26 százalékkal (+4,9 milliárd forint), őszi árpánál 2 százalékkal (+0,1 milliárd forint) és őszi káposztarepcénél 9 százalékkal (+1,0 milliárd forint) emelkedhetnek a növényvédő szerre fordított összegek (39. ábra).

A műtrágyaköltség a precíziós gazdálkodás hatására búzánál országosan 15-27 százalékkal, azaz minimálisan 6,3 milliárd forinttal, maximálisan 11,2 milliárd forinttal emelkedhet. Őszi árpánál és őszi káposztarepcénél 0-6 százalékos (+0,1-0,4 milliárd forint) növekedést jelenthet a technológiai váltás. Kukoricánál és napraforgónál makroszinten 5-6 százalékos (–0,9-2,1 milliárd forint) csökkenés is bekövetkezhethet, ugyanakkor 21-34 százalékos (+6,0-7,5 milliárd forint) műtrágyaköltség-emelkedés is elképzelhető (40. ábra).

39. ábra: A növényvédőszer-költség változása a precíziós gazdálkodásra való áttérés hatására

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

40. ábra: A műtrágyaköltség változása a precíziós gazdálkodásra való áttérés hatására

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

A precíziós technológiára való áttérés a vizsgált növénykultúrák termésmennyiségében jelentős, legalább 342,6, legfeljebb 858,9 ezer tonna többletet eredményezne. A termelési érték a hozamokhoz hasonlóan növekedne, összességében mintegy 32-140 milliárd forinttal. A termelési költség több mint 10 milliárd forinttal csökkenhet, de akár 100,7 milliárd forinttal is emelkedhet annak megfelelően, hogy intenzíven vagy extenzíven gazdálkodó üzemek térnek át a precíziós technológiák

alkalmazására. Az inputanyagköltségek szintén változatosan alakulnak, amely alól a műtrágya képez kivételt, ahol minden esetben növekedést lehet kimutatni. A vizsgált ágazatok eredménye viszont összességében számottevően, legalább 15,2, legfeljebb 88,2 milliárd forinttal meghaladná a hagyományos technológiával elérhető jövedelmet (21. táblázat).

21. táblázat: A technológiaváltás becsült hatása a termelési tényezőkre

Termelési tényezők	Változás összesen	
	Minimum	Maximum
Termésmennyiség, ezer tonna	342,6	858,9
Termelési érték, milliárd HUF	32,1	139,6
Termelési költség, milliárd HUF	-10,4	100,7
Ágazati eredmény, milliárd HUF	15,2	88,2
Vetőmagköltség, milliárd HUF	-2,3	13,2
Műtrágyaköltség, milliárd HUF	3,8	25,2
Növényvédőszer-költség, milliárd HUF	-1,7	17,6

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályon készült számítások

8.3. A precíziós gazdálkodás beruházási költségei

Az eddigiekben már bemutattuk, hogy milyen hatással járna a precíziós technológia bevezetése a termelés mennyiségére, értékére, illetve a költségekre és az eredményre. Jelen fejezetben azt vizsgáljuk, hogy a vázolt hatások eléréséhez milyen beruházások szükségesek üzemi és makroszinten, azok mekkora beruházási költséggel járnak, és hogy a technológia bevezetésének forrásigénye hogyan viszonyul a realizálható előnyökhöz.

Amennyiben azon üzemek, amelyekre vonatkozóan igazolni tudtuk a technológia előnyeit, végrehajtanák a technológiaváltást az öt növény termelésében, akkor összesen 21 473 üzem foglalkozna precíziós gazdálkodással együttesen 1,36 millió hektáron.

A precíziós technológiára való áttérés beruházási költségét illetően nem mindegy, hogy

- a beruházásnál teljes gépparkcserét kell-e végrehajtani,
- a meglévő gépparkot szükséges precíziós eszközökkel felszerelni, vagy
- csak szerkezeti elemeket, illetve szoftvereket kell beszereznie az üzemnek.

A teljes gépparkcsere a gyakorlatban ritkán fordul elő, inkább a folyamatos átállás a jellemző. E három scenárió költségére vonatkozóan a KITE Zrt. által rendelkezésre bocsátott adatok alapján végeztünk becslést.

Annak megítéléséhez, hogy az egyes üzemeknél a háromféle scenárió közül melyiket vegyük figyelembe a számításnál, a precíziós gazdálkodásra áttérő üzemeket eszközállományuk elhasználódottsága alapján három csoportra bontottuk. Az első csoportba azon üzemek kerültek, ahol a bruttó és a nettó eszközállomány értékének különbsége több mint 70 százalék, tehát a gépek, eszközök értékének több mint 70 százaléka leírásra került. Ezen üzemek esetében feltételeztük, hogy a géppark avultsága miatt nem alkalmas a precíziós gazdálkodásra, és a teljes eszközállomány cseréje szükséges a technológia bevezetéséhez. A második csoportba a 40 és 70 százalék közötti elhasználódottságú eszközállománnyal rendelkező gazdák kerültek. Itt feltételeztük, hogy az eszközök felszerelhetők olyan kiegészítőkkel, amelyek alkalmassá teszik azokat a precíziós gazdálkodásra. A harmadik csoportba a 40 százaléknál alacsonyabb elhasználódottságú gépparkkal rendelkező üzemek kerültek. Itt feltételeztük, hogy a géppark alkalmas a precíziós gazdálkodásra és már csak

a precíziós gazdálkodáshoz szükséges szoftverek, GPS-jelkorrekció és szaktanácsadás szükséges a helyspecifikus gazdálkodás elindításához (20–26. melléklet). A fenti csoportosításon túl az üzemeket méretük alapján 1000 hektár alatti és 1000 hektár feletti területeken gazdálkodókra osztottuk.

Első esetben azon üzemeknél vizsgáltuk a beruházási költségeket, amelyek ha áttérnének a precíziós gazdálkodásra, akkor komplett gépparkcserét hajtanának végre. A 21 473 üzemből 8955 azon gazdaságok száma, amelyek 1000 hektár alatt gazdálkodnának precíziósan a jövőben, az 1000 hektár feletti üzemek száma ennél lényegesen kevesebb, 790 lenne. A vetésterület az 1000 hektár alatti üzemeknél összegaztati szinten 370 ezer hektár körül, az 1000 hektár felettiéknél 300 ezer hektár körül alakulna (22. táblázat).

A beruházási költségek makroszinten az 1000 hektár alatt gazdálkodóknál több mint kétszeresét tennék ki az 1000 ha felettiékének a teljes géppark cseréje esetében, míg az ágazati eredmények precíziós gazdálkodásból fakadó többlete egyaránt 10 milliárd forint felett alakulna a kis- és nagyüzemeknél. Üzemszinten átlagosan a kisüzemek 40 hektáron, a nagyüzemek 380-430 hektáron végeznének precíziós termelést, a beruházási költségek a kisebb gazdaságokban egy hektárra vetítve 500 ezer forint felett alakulnának, a nagyüzemeknél ugyanezen érték alacsonyabb, 328 ezer forint lenne. A beruházási költségek üzemszinten az 1000 hektárnál kisebb gazdaságok esetében 22 millió forint felett, az 1000 hektár felettiéknél 125-139 millió forint között változnának számításaink szerint.

22. táblázat: **Becslések a géppark teljes (komplett) cseréjét igénylő üzemekre vonatkozóan**

Megnevezés		1000 ha alatti üzemek	1000 ha feletti üzemek
Makro-szint	Precíziós üzemek száma a jövőben, db	8 955	790
	Precíziós vetésterület a jövőben, ha	366 958	301 647
	Beruházási költség, millió HUF	199 148	98 955
	Ágazati eredménytöbblet, millió HUF	11 204	10 502
Üzemszint	Precíziós terület átlagos nagysága üzemenként, ha/üzem	41	382
	Beruházási költség, HUF/ha	542 700	328 050
	Beruházási költség, HUF/üzem	22 238 118	125 221 125
	Jövedelemtermelő képesség becsült növekedése, HUF/ha	30 532	34 815
	Nettó jelenérték 7 éves megtérülés és 3 százalékos kamat esetén, HUF/ha	–352 477	–111 143

Forrás: A KITE Zrt. adatai és az FADN-adatbázis alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

A precíziós gazdálkodás többletjövedelmét az egyes ágazatok többletjövedelméből számoltuk ki, amelynek során úgy kalkuláltunk, hogy búza esetében 61, kukoricánál 48, napraforgónál 35, őszi káposztarepcénél 40 és őszi árpánál 30 százalékkal nő a jövedelem. Ezeket az arányokat úgy alkalmaztuk a jövedelemtermelő képesség becsült növekedésének meghatározásakor, hogy a technológiaváltást végrehajtó üzemek növénykultúránkénti vetésterületének méretét is figyelembe vettük.

Üzemszinten a beruházási költség és az átlagos jövedelemnövekedés egy hektárra vetített értékei alapján vizsgáltuk a beruházás megtérülését. A nettó jelenérték alapján a teljes gépparkcsere – 3 százalékos kamat és 7 éves megtérülési idő esetén – sem a kisüzemek, sem a nagyüzemek esetében nem térülne meg (22. táblázat).

Megjegyzendő azonban, hogy a magas beruházási költségek nemcsak a precíziós technológiára való áttérés költségét jelentik a komplett csere esetében, hanem az elavult gépek cseréjét is magukban foglalják, amely abban az esetben is jelentkezne, ha az üzem nem térne át a precíziós gaz-

dálkodásra. Éppen ezért azt is megvizsgáltuk, hogy hogyan alakulna az előbbi üzemek esetében a megtérülés, ha a gazdálkodók csak a géppark precíziós eszközökkel való felszerelését végeznék el (23. táblázat).

23. táblázat: **Becslés a géppark teljes (komplett) cseréjét igénylő üzemekre vonatkozóan, amennyiben a gazdaságoknak „csak” a precíziós eszközökkel való felszerelésére kerül sor**

Megnevezés		1000 ha alatti üzemek	1000 ha feletti üzemek
Makro-szint	Precíziós üzemek száma a jövőben, db	8 955	790
	Precíziós vetésterület a jövőben, ha	366 958	301 647
	Beruházási költség, millió HUF	22 091	8 235
	Ágazati eredménytöbblet, millió HUF	11 204	10 502
Üzemszint	Precíziós terület átlagos nagysága üzemenként, ha/üzem	41	382
	Beruházási költség, HUF/ha	60 200	27 300
	Beruházási költség, HUF/üzem	2 466 804	10 420 779
	Jövedelemtermelő képesség becsült növekedése, HUF/ha	30 532	34 815
	Nettó jelenérték 7 éves megtérülés és 3 százalékos kamat esetén, HUF/ha	130 023	189 607

Forrás: A KITE Zrt. adatai és az FADN-adatbázis alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Az eredmények azt jelzik, hogy ez esetben a nettó jelenérték 130,0 ezer és 189,6 ezer forint hektáronként, vagyis megtérül a beruházás mind az 1000 hektárnál kisebb, mind pedig az 1000 hektárnál nagyobb gazdaságoknál.

A harmadik esetben azokra az üzemekre vonatkozóan végeztünk becslést, amelyeknek az eszközállománya 40-70 százalékos elhasználódással bírt, vagyis nincs szükségük a géppark teljes cseréjére, „csak” precíziós eszközökkel történő felszerelésére. Ez a kitétel összesen 8323 üzemet érintett azon üzemek közül, amelyekre tudtuk igazolni a technológiaváltás előnyeit, ezek zöme (7853 gazdaság) 1000 hektárnál kisebb területtel bír, 470 pedig 1000 hektár feletti. A vetésterület előbbieknél mintegy 350 ezer hektár, utóbbiaknál 184 ezer hektár körül alakult. A beruházási költségek makroszinten az 1000 hektár alatt gazdálkodóknál több mint négyszeresét tennék ki a nagyüzemek hasonló értékének, míg az ágazati jövedelem precíziós gazdálkodásból származó többlete 10 milliárd forint felett alakulna a kisüzemeknél és 5 milliárd forint felett az 1000 hektárnál nagyobb üzemeknél.

Üzemszinten a kisüzemek átlagosan 44 hektáron, a nagyüzemek 390 hektáron végeznének precíziós termelést, a beruházási költség a kisebb gazdaságokban nagyságrendileg 60 ezer forint lenne hektáronként, a nagyüzemeknél ennek kevesebb mint fele, 27 ezer forint. A precíziós gazdálkodásra történő áttérés beruházási költsége 1000 hektár alatt gazdálkodók esetében 2,6 millió forint környékén, nagyüzemeknél 10,6 millió forint körül alakulna.

Összevetve a beruházás költségeit és az azoknak tulajdonítható többletjövedelmet elmondható, hogy a meglévő géppark precíziós eszközökkel történő felszerelése mindkét esetben megtérülne. A kisüzemeknél 134,2, a nagyüzemeknél 156,6 ezer forint az egy hektárra vetített nettó jelenérték (24. táblázat).

Végül, de nem utolsósorban azon üzemeknél vizsgáltuk a precíziós gazdálkodásra való átállás megtérülését, amelyeknél az eszközállomány elhasználódottsága 40 százaléknál alacsonyabb volt. A vizsgálatba bevont ilyen gazdaságok száma 3406 volt, amelyek közül 3300 üzem 1000 hektárnál kisebb területen gazdálkodott. A művelésükbe vont precíziós terület a jövőben a kisebb méretű

üzemeknél együttesen 125,4 ezer hektár, míg a nagyobbaknál 34,5 ezer hektár lenne. A technológiaváltás beruházási költségei makroszinten az 1000 hektár alatti területen gazdálkodóknál közel hatszorosát tennék ki a nagyüzemekhez képest (25. táblázat).

24. táblázat: **Becslések azon üzemekre vonatkozóan, amelyeknél a géppark precíziós eszközökkel való felszerelése lenne indokolt**

	Megnevezés	1000 ha alatti üzemek	1000 ha feletti üzemek
Makro-szint	Precíziós üzemek száma a jövőben, db	7 853	470
	Precíziós vetésterület a jövőben, ha	348 571	183 383
	Beruházási költség, millió HUF	20 984	5 006
	Ágazati eredménytöbblet, millió HUF	10 877	5 412
Üzemszint	Precíziós terület átlagos nagysága üzemenként, ha/üzem	44	390
	Beruházási költség, HUF/ha	60 200	27 300
	Beruházási költség, HUF/üzem	2 672 260	10 655 675
	Jövedelemtermelő képesség becsült növekedése, HUF/ha	31 204	29 510
	Nettó jelenérték 7 éves megtérülés és 3 százalékos kamat esetén, HUF/ha	134 210	156 556

Forrás: A KITE Zrt. adatai és az FADN-adatbázis alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

25. táblázat: **Becslések azon üzemekre vonatkozóan, amelyeknél a géppark szoftverekkel, illetve szerkezeti elemekkel való felszerelése lenne indokolt**

	Megnevezés	1000 ha alatti üzemek	1000 ha feletti üzemek
Makro-szint	Precíziós üzemek száma a jövőben, db	3 300	106
	Precíziós vetésterület a jövőben, ha	125 397	34 453
	Beruházási költség, millió HUF	752	123
	Ágazati eredménytöbblet, millió HUF	4 474	1 780
Üzemszint	Precíziós terület átlagos nagysága üzemenként, ha/üzem	38	326
	Beruházási költség, HUF/ha	6 000	3 563
	Beruházási költség, HUF/üzem	227 994	1 162 724
	Jövedelemtermelő képesség becsült növekedése, HUF/ha	35 678	51 653
	Nettó jelenérték 7 éves megtérülés és 3 százalékos kamat esetén, HUF/ha	216 284	201 791

Forrás: A KITE Zrt. adatai és az FADN-adatbázis alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

Az ágazati eredmények tekintetében a precíziós gazdálkodás révén mintegy 4,5 milliárd forint többlet keletkezne a kisüzemeknél és 1,8 milliárd forint az 1000 hektár feletti gazdaságoknál. A kisüzemek átlagosan 38 hektáron, a nagyüzemek 326 hektáron végeznének precíziós termelést, a beruházási költség a kisebb gazdaságokban hektáronként 6 ezer forintra becsülhető, a nagyüzemeknél 3,6 ezer forintra. A precíziós gazdálkodásra történő áttérés után a beruházási költség az 1000 hektár alatti gazdálkodók esetében 227 ezer forint körül, a nagyüzemeknél 1,2 millió forint körül alakulna.

A beruházás költségét és a többletjövedelmeket szembeállítva megállapítható, hogy üzemszinten a beruházás szoftverbeszerzése mindkét méretkategóriánál megtérülne. Számításaink szerint a kisüzemek hektáronként 216,3 ezer forintot, a nagyüzemek 201,8 ezer forint nettó eredményt realizálhatnának a precíziós technológiára való áttérés eredményeként (25. táblázat).

Összességében megállapítható, hogy a gazdálkodóknak – az 1000 ha alatti és feletti területtel rendelkezőknek egyaránt – mind a szerkezeti elemekkel és szoftverekkel történő felszerelés, mind pedig a precíziós eszközökkel való felszerelés megéri, mert annak költsége bőven megtérül a technológia eredményeként keletkező többletjövedelmekben. A teljes gépparkcserénél a megtérülés nem igazolódott. Ennek kapcsán azonban meg kell jegyezni, hogy mivel a gépek az üzem teljes területén használatosak, illetve nem csak a többleteredmények elérésében játszanak szerepet, így nem is várható a beruházási költségüknek a precíziós többletjövedelmekben való megtérülése.

9. A precíziós gazdálkodás elterjedését befolyásoló tényezők és a korlátok megszüntetésére tett javaslatok

9.1. Az elterjedést korlátozó, illetve segítő tényezők

Az élelmiszer-biztonság és a fenntarthatóság iránti növekvő igény, valamint a környezetvédelmi szempontok a mezőgazdasági források hatékony felhasználására hívják fel a figyelmet (Tey és Brindal, 2012). Ennek egyik eszköze lehet a precíziós gazdálkodás, ami Magyarországon is több mint másfél évtizedes múltra tekint vissza, sokak előtt azonban még ma is ismeretlen. Lassú terjedésének okai közt legtöbbször a magas beruházási költségeket, a rendszer bonyolultságát és az ismeretek hiányát említik, de számos egyéb tényező is befolyásolja azt. A technológia bevezetéséből származó elméleti előnyök gyakorlati megvalósulása nagymértékben függ a terület heterogenitásától és a gazdálkodó képességeitől is (Lencsés *et al.*, 2014).

9.1.1. Agroökológiai tényezők és gazdaságméret

Egy gazdaságnak akkor érdemes bevezetnie a precíziós, helyspecifikus gazdálkodást, ha a művelt területeire nagyfokú heterogenitás jellemző, ugyanis minél heterogénebb a tábla, annál nagyobb mértékű változások érhetők el a hagyományos növénytermelési technológiához viszonyítva. Egy adott terület heterogenitása a különböző agrotechnológiai elemek szempontjából sem egyforma, ezért nem adható meg egyértelműen, hogy mekkora terület (pl. 100, 250 vagy 1000 ha) felett éri meg a precíziós gazdálkodásra való átállás. Magyarországon a polarizált és fragmentált gazdaság szerkezet a precíziós mezőgazdaságot gátló tényezők közé sorolható (Lencsés *et al.*, 2014). Kisméretű egyéni vagy családi gazdaságokban a precíziós növénytermelés közös géphasználattal vagy szolgáltatások igénybevételeivel valósítható meg gazdaságosan (Kuttler, 2011; Takácsné György, 2015).

A klímaváltozás több szempontból is ösztönzőleg hathat a precíziós gazdálkodás terjedésére. Az egyre gyakoribb szélsőséges időjárási viszonyok miatt legtöbbször rövid idő áll rendelkezésre egy-egy munkafolyamat elvégzésére, ilyenkor a GPS-es jármű-navigáció, valamint a nem teljes táblán végzett műveletek jelentős segítséget nyújtanak. A klímaváltozás felerősítheti az évek közötti eltéréseket, valamint a táblán belüli heterogenitásokat is. A kiegyenlített hozamok eléréséhez a helyspecifikus, valamint a talajkímélő gazdálkodás nagymértékben hozzájárulhat.

9.1.2. Technikai tényezők

A szükséges gépek, szenzorok és vezérlők ma már széles körben elérhetők, sőt, Takácsné György (2015) szerint a technológiai nyomás a gyártó-forgalmazó szervezetek részéről erős. A precíziós gazdálkodás beruházási igénye nagy, de nem szükséges minden elemet egyszerre bevezetni, lehetőség van a hagyományos gazdálkodás, valamint a teljesen precíziós megoldásokra alapozott rendszer közötti fokozatos átállásra.

Évente több szakmai bemutató kerül megszervezésre, melyeken lehetőség van az új technológia, illetve az új gépek és eszközök megismerésére. A KITE Zrt. technológiai gépbérletnek nevezett programjával olyan gazdálkodók is kipróbálhatják a precíziós gazdálkodás lehetőségeit – alapművelés, vetés, növényápolás, betakarítás –, akik nem akarnak rögtön egy komolyabb beruházásba belevágni.

A helyspecifikus gazdálkodás fontos eleme a pontos helymeghatározás. A GPS-eszközök ára az utóbbi években folyamatosan csökken, és a tendencia folytatása várható, így ez már nem tekinthető korlátozó tényezőnek.

Az Informatikai, Távközlési és Elektronikai Vállalkozások Szövetsége (IVSZ, 2016b) szerint problémát jelent, hogy a precíziós technológiákat és eszközöket a magyar gazdálkodók nagyrészt

azokon az integrátorokon keresztül érik el, akik az RTK-jeleket szolgáltatják. Mivel az integrátorok erősen kötődnek egy-egy nagy gépgyártóhoz, ez hosszú távú elköteleződést jelent a gépgyártók felé is.

Több tanulmány kiemeli, hogy a szabványok hiánya, az eszközök gyors változása, a köztük lévő inkompatibilitás és néhány esetben a nem eléggé felhasználóbarát eszközök mind gátolják a technológia terjedését, illetve növelik a kockázatot (Aubert *et al.*, 2012; EIP-AGRI, 2015; BIS Research, 2016; Erickson és Widmar, 2015; IVSZ, 2016b). A kompatibilitási problémák megoldására jelentős lépés volt az ISOBUS-protokoll bevezetése, ami standardizált kommunikációt tesz lehetővé a munkagép, a mezőgazdasági eszközök, valamint a vezérlést ellátó terminál között. Ezáltal egyetlen terminállal megoldható bármely gyártó ISOBUS-t támogató eszközének vezérlése.

Az erőgépek CAN-bus rendszeréről gyűjtött gépüzemeltetési adatok – például motor működése, sebesség, üzemanyag-fogyasztás – hasznos információt szolgáltatnak nemcsak a szervizeléshez, hanem a munkafegyelem ellenőrzéséhez is. Ez ma még egy kevesbé kihasznált lehetőség, pedig hozzájárulhat a hatékonyság növeléséhez.

A sokféle adatformátum megnehezíti a különböző szenzorokból származó adatok feldolgozását és együttes értékelését, valamint a gazdálkodók, szaktanácsadók és kutatók közti adatmegosztást is (EIP-AGRI, 2015). Új kihívást jelent a nagy mennyiségű adat („*Big Data*”) feldolgozása is. Tamás (2016) szerint 1000 hektár precíziós mezőgazdasági területen egy év alatt 25 millió mérési adat keletkezik – Sulyok (2016) szerint ez az adatszám jóval nagyobb is lehet –, amiket integrálni kell, és speciális adatbányászati technológiák szükségesek a feldolgozásukhoz.

Ugyanakkor egyre több olyan szoftver jelenik meg a piacon, amely a munkafolyamatok során gyűjtött adatokból képes előállítani a jogszabályok által előírt táblatörzskönyvet, gazdálkodási vagy permetezési naplót, ezzel jelentősen segítve a gazdálkodót.

Összességében az eddigi erőfeszítések (pl. ISOBUS) ellenére az jelenti a legnagyobb technikai problémát, hogy az általános iparági sztenderdek hiánya miatt az egyes gépgyártók eszközei és az azokat működtető szoftverek között gyakran nincs vagy alig létezik kompatibilitás, illetve nem elsődleges gyártói szempont ezen kompatibilitásra való törekvés. Ennek oka az, hogy így egy-egy nagy, teljes gépportfóliót gyártó vállalat idővel kikényszerítheti a teljes gépsora (a vezértraktortól az ekéig) megvételét, mivel csak ezen a gépsoron válik működőképessé a precíziós technológia.

9.1.3. Gazdasági tényezők

A gazdálkodók profitorientáltak, így elsősorban olyan újdonságokat vezetnek be, amelyek egyértelműen jövedelemtöbbletet eredményeznek. A nemzetközi szakirodalom és a hazai felmérés alapján is az egyik legfontosabb gátló tényező a magas beruházási költség, valamint az, hogy a technológia bevezetéséből származó költségsökkenés, illetve magasabb jövedelmezőség nem kellően alátámasztott.

A gépek beruházási költségei a 22–25. táblázatban bemutatásra kerültek, a fontosabb eszközökre vonatkozóan a 26. táblázat ad áttekintést. Az árak egy eszköztípuson belül is széles tartományban mozognak az eszköz képességeitől függően. A forgalmazók gyakran nem külön eszközöket, hanem csomagokat ajánlanak a gazdálkodóknak, melyek az eszközök mellett tartalmazhatnak RTK-előfizetést, szoftvert vagy oktatást is.

26. táblázat: A fontosabb precíziós eszközök várható költsége

Eszköz	Nettó ár, ezer HUF
GPS-antenna	290–2 500
RTK-bázisállomás	2 400–3 400
GPS-es területmérő	170–350
Sorvezető (antenna + monitor)	280–4 000
Kormányautomatika	630–3 800
Robotpilóta	2 600–4 400
Kijuttatásvezérlő	630–750
Növény szenzor (kézi – 4 szenzoros, fronthidraulikára szerelhető)	86–6 300
Hozamtérképező rendszer	950–1 200

Forrás: Forgalmazók katalógusai

9.1.4. Társadalmi tényezők

A korábban említett problémák ellenére sok üzemben nem a technikai háttér biztosítása, hanem az információk interpretálási nehézsége, valamint a szemléletváltás akadályozzák a precíziós gazdálkodásra való áttérést.

Az új technológiák bevezetésére általában a magasabb iskolai végzettségű fiatal gazdálkodók vállalkoznak (Kalmár, 2010; Antolini *et al.*, 2015), de néhány tanulmány szerint a kor nem jelentős vagy éppen pozitív korrelációt mutató tényező a precíziós gazdálkodás bevezetése során (Aubert *et al.*, 2012; Tey és Brindal, 2012). Magyarországon a gazdaságvezetők és a foglalkoztatottak esetében is jellemző az előregedés és a szakképzettség hiánya. A 2013-as gazdaság szerkezeti összeírás alapján (KSH, 2015) a gazdálkodók 60 százaléka 55 év feletti és 31 százaléka 65 év feletti volt. Felsőfokú végzettséggel kevesebb mint 3 százalék rendelkezett, a döntő többség (közel 80 százalék) csak a gyakorlati tapasztalatára támaszkodott. A 2016. évi összeírás alapján a gazdálkodók 31 százaléka továbbra is 65 év feletti, míg a 35 év alattiak aránya 6 százalék. A gazdálkodók mezőgazdasági végzettség szerinti összetétele az elmúlt években kicsit kedvezőbbé vált, a felsőfokú végzettséggel rendelkezők aránya 3,4 százalékra, a középfokú végzettséggel rendelkezőké 10 százalékra emelkedett, de a gazdálkodók háromnegyede továbbra is kizárólag a gyakorlati tapasztalatára támaszkodik (KSH, 2016).

A rendszer összetettsége miatt (lásd 1. fejezet) a technológia bevezetéséhez mindenképpen szükség van a gazdálkodó, valamint a gazdálkodásban részt vevő minden munkavégző szaktudására, elkötelezettségére, nyitottságára és a szaktanácsadók iránymutatására (Lencsés *et al.*, 2014; Zarco-Tejada *et al.*, 2014). Erickson és Widmar (2015) szerint a technológia terjedéséhez fontosabb a jó mezőgazdasági tudás, mint a technikai ismeretek. Az IVSZ (2016b) szerint a hazai mezőgazdaságban az informatikai megoldások terjedésének legfőbb korlátja a humán erőforrás felkészületlensége, nem megfelelő készségei és attitűdje. Megfelelő szaktudás és az elkötelezettség hiányában a termelők nem képesek a precíziós eszközök adta gazdasági lehetőségek kihasználására (Lencsés *et al.*, 2014; Takácsné György, 2015). Az elmúlt években azonban számos jó példát láthatunk Magyarországon is (Sinka és Mesterházi, 2014; Sulyok, 2016). Az Év Agrárembere Díj növénytermesztés kategóriájának győztese 2014-ben a hazai precíziós gazdálkodás egyik „úttörője”, Farkas László lett, és a díj 2016. évi jelöltjei közül is többen kapcsolódtak a precíziós gazdálkodáshoz.

A precíziós gazdálkodás kapcsán – elsősorban a kis gazdaságok esetén – együttműködésre lehet szükség a gépek közös beszerzése, a bevezetéshez szükséges szolgáltatások igénybevétele, valamint az adatok feldolgozása és értelmezése kapcsán (Kutter *et al.*, 2011). Lencsés *et al.* (2014) szerint Magyarországon jelentős gátló tényező a vállalkozókedv hiánya, valamint a gazdák együttműkö-

désre való hajlandóságának alacsony szintje. Ugyanakkor Takács és Baranyai (2010) tanulmánya szerint a fiatalabbak közt nagyobb az együttműködés elfogadottsága, ami az agráriumban várható generációváltás bekövetkeztével esélyt ad az együttműködési formák megerősödésére.

A világ nagy mezőgazdasági és élelmiszeripari vállalatait tömörítő Global Harvest Initiative szerint a gazdálkodók többsége szeretné igénybe venni egy program vagy szaktanácsadó segítségét az adatelemzésben (Zeigler és Steensland, 2015), ugyanakkor vonakodnak megosztani az adataikat másokkal. Sokan félnek attól – az American Farm Bureau (2014) felmérése szerint 77,5 százalék –, hogy a nagy mennyiségű adatuk a tudtuk és engedélyük nélkül eljuthat a hatóságokhoz vagy a saját érdekeik ellen használják fel azokat (EIP-AGRI, 2015).

9.1.5. Oktatás, szaktanácsadás

A precíziós gazdálkodás alkalmazásához egyaránt szükségesek az agrotechnológiai, a műszaki, az informatikai és a menedzsmentismeretek.

A középfokú mezőgazdasági képzések tematikájában nincs nevesítve a precíziós gazdálkodás, de két szakképző iskola (Galamb József Mezőgazdasági Szakképző Iskola Makón és Csukás Zoltán Mezőgazdasági Szakképző Iskola Csornán) honlapjáról kiderül, hogy ezzel is megismertetik a diákokat. Jelentős előrelépést jelent, hogy a Mezőgazdasági Gépforgalmazók Országos Szövetsége (MEGFOSZ) és az FM Agrárszakképzésért felelős helyettes államtitkárságának 2014-ben elindult együttműködése nyomán az FM fenntartásában működő mezőgazdasági szakiskolákban lehetővé vált a duális képzés, ahol a mezőgépész tanulók a termelésben, a gazdálkodóktól sajátíthatják el a modern gépek használatát, működtetését – egyes esetekben a precíziós gazdálkodás elemeit.

A hazai agrár-felsőoktatási intézményekben már mindenhol szerepel a tananyagban a precíziós gazdálkodás témakör, de ez legtöbbször csak pár órát jelent egy-egy tárgy keretében. Önálló tárgyként a Debreceni Egyetemen, a Nyíregyházi Egyetemen, a Miskolci Egyetemen, a Pannon Egyetemen, valamint a Széchenyi István Egyetemen oktatják. A Szent István Egyetemen a 2017/18. tanévtől a Precíziós kertészeti technológiák mint szakdolgozat-készítés szempontjából választható specializáció jelenik meg a Kertészmérnök BSc-képzésen. A duális képzések keretében a hallgatók jelentős gyakorlati tapasztalatot is szerezhhetnek a képzési idő alatt. Ilyen képzést hirdet a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kara a KITE Zrt.-vel és hasonló együttműködésben vesz részt az AXIÁL Cégcsoport a Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézetével, a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karával, valamint a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Karával. Az utóbbi helyen idén készült el a Helmut Claas Precision Agriculture Laboratory, ahol a gépészmérnökök hallgatók megismerkedhetnek a technológiával.

Az Eszterházy Károly Egyetem Gyöngyösi Károly Róbert Campusa folytat Precíziós mezőgazdasági szakmérnök/szaktanácsadó szakirányú továbbképzést, míg a Szent István Egyetem a Műhold alapú helymeghatározás alkalmazása a mezőgazdaságban, valamint az Intelligens járműirányítás a mezőgazdaságban című 4 napos felnőttképzési kurzusokat hirdeti meg.

A gazdálkodók továbbképzésére a Dr. Szabó Agrokémiai Kft. és az Agromatic Automatizálási Kft. 2015-ben „Döntéstámogatás a precíziós gazdálkodásban” témájú vezetői tréninget szervezett, 2017-ben pedig a KITE Zrt. rendezett „Precíziós gazdálkodás” címmel továbbképzést az érdeklődő szakemberek, a partnergazdaságok vezetői és dolgozói számára, valamint az Agromatic Automatizálási Kft. is indít „Precíziós gazdálkodás a gyakorlatban” című tanfolyamot. 2017-ben harmadik alkalommal került megrendezésre a PREGA Konferencia és Kiállítás, ahol a vezető vállalatok, valamint hazai és külföldi szakértő előadók mutatták be a precíziós gazdálkodás lehetőségeit és trendjeit.

A 73/2015. (XI. 6.) FM rendelet 1. és 2. melléklete tartalmazza a szaktanácsadás szakterületeit, illetve az azokon belüli támogatható tevékenységeket. Sem az agrárinformatika, sem a precíziós

gazdálkodás nincs nevesítve, legfeljebb más tevékenységek (pl. szántóföldi növénytermesztés vagy farmmenedzsment) keretében lehet ilyen jellegű szaktanácsadást folytatni.

A szaktanácsadók szerepe meghatározó az új technológiák terjedésében, és ehhez fontos a szaktanácsadók rendszeres képzése is. Hazánkban a névjegyzéki tanácsadóknak a 73/2015. (XI. 6.) FM rendelet szerint kötelező a Nemzeti Agrárgazdasági Kamarához bejelentett és elfogadott szakmai rendezvényeken való részvétel az erre vonatkozó Irányító Hatósági közleményben meghatározottak szerint. A NAK által közzétett szakmai rendezvények listáján 2015-ben 156-ból csupán egy, 2016-ban 175-ből három rendezvény kapcsolódott a precíziós mezőgazdaság témakörhöz.

Magyarországon több cég is nyújt szaktanácsadási szolgáltatást a precíziós termesztéssel kapcsolatban, elsősorban a KITE Zrt., az AXIÁL Kft., az IKR Agrár Kft., a Dr. Szabó Agrokémiai Kft. (Jó Gazda Program®), az Agromatic Kft., a Tomelilla Kft. és a Timac AGRO Hungária Kft. A szaktanácsadás fontosabb témakörei közé sorolható az alapadatbázisok (táblák, inputanyagok, gépadatok) kialakítása, talajmintavétel és tápanyag-gazdálkodási terv elkészítése, a kijuttatási, hozam- és jövedelemterképek elkészítése, a gépüzemeltetési adatok kiértékelése, helyszíni gépbeállítások és távdiagnosztika használata.

A gépforgalmazók szántóföldi bemutatókat tartanak, illetve általában oktatást is nyújtanak az általuk forgalmazott eszközökhöz. Több cég összefogásával készül az Agronaplóban megjelenő „Zérótól a precíziós gazdálkodásig” cikksorozat, ami szemléletesen mutatja be a precíziós gazdálkodás bevezetésének folyamatát.

A KITE Zrt. kezdeményezésére 2015. novemberében a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központja, a Miskolci Egyetem, a John Deere, az Orthman Manufacturing Inc., a Dow Agros-Sciences Hungary Kft., a Bayer Hungária Kft., a Pannonia Ethanol Zrt. és a Holstein Genetika Kft. együttműködési megállapodást írt alá, melynek célja a precíziós gazdálkodás terjesztése Magyarországon. Szintén konzorciumi formában, GINOP-támogatással fejleszti tovább a KITE Zrt. a jelenlegi szaktanácsadási rendszerét, melynek célja egy „üzemlértől független komplex precíziós szaktanácsadási rendszer kialakítása”. Ennek során a szaktanácsadási folyamatok automatizálását és online, valós idejű szakértői rendszer kialakítását szeretnék megvalósítani (Sulyok, 2016).

9.1.6. Szabályozás, támogatás

A precíziós mezőgazdaság szélesebb körű alkalmazása segítheti az élelmiszer-termelés növelését, a környezetkímélő gazdálkodást, az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást, valamint a mezőgazdasági eredetű üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését (Underwood *et al.*, 2013) és hozzájárulhat a termésminőség javításához is (Tey és Brindal, 2012).

Phil Hogan (2016), az Európai Bizottság mezőgazdasági biztosa az év elején bejelentette, hogy mintegy 64 millió euró áll majd rendelkezésre a Horizon 2020 2016–2017. évi munkaprogramjában a precíziós gazdálkodás és a digitális mezőgazdasági technológiák támogatására. Ezen belül 30 millió eurót „A mezőgazdaság digitalizációja és az élelmiszer-biztonság” pilotprojekt megvalósítására szánnak. A Horizon 2020 program (EC, 2016) elsősorban a kutatás-fejlesztést támogatja, de mintagazdaságok hálózatával kapcsolnak össze a kutatást és a gyakorlatot.

A gazdálkodók számára jelenleg nincsenek olyan támogatási jogcímek vagy programok, amelyek ösztönöznék a technológia alkalmazását (IVSZ, 2016b). Takácsné György (2015) szerint a 2014–2020 közötti támogatási rendszer jövedelemkompenzációja miatt sok termelő nem is tekinti hangsúlyos kérdésnek a költséghatékonyság növelését. Kiemeli azt is, hogy amíg a helyspecifikus vegyszerkijuttatás környezetterhelés csökkentésében megnyilvánuló előnye nem realizálódik a termelőnél és azt nem erősíti a támogatási rendszer, nem várható a tömeges átállás.

Az Európai Parlament 2016. június 7-i állásfoglalása „Az innováció és a gazdasági fejlődés előmozdításáról a jövőbeli európai mezőgazdasági gazdálkodásban” (2015/2227(INI)) csatlódottságának ad hangot a GPS-technológiák lassú terjedése miatt és rámutat arra, hogy az új technológiákat jelentőségteljesse kell tenni a mezőgazdasági termelők számára. Ösztönzi a precíziós mezőgazdaság elterjedését és felszólítja a Bizottságot, hogy számolja fel a precíziós mezőgazdaság alkalmazása előtt álló akadályokat, különösen a bonyolult és nem egységes IKT-rendszerekkel és a beruházási szinthez fűződő kérdésekkel kapcsolatosakat.

A pilóta nélküli légi járművek – drónok – alkalmazása iránt nagy az érdeklődés, hiszen jól alkalmazhatók a területek heterogenitásának felmérésében. Használatuk jogi szabályozása sehol sem megoldott Európában, de az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség megfogalmazott javaslatokat a közös európai szabályozás létrehozására (EASA, 2015), ami várhatóan 2018-ra születik meg. A 150 kg feletti pilóta nélküli légi járművek szabályozása európai uniós hatáskörbe tartozik, e súlyhatár alatt a jogszabály kidolgozása tagállami feladat. Magyarországon 2016 decemberében elkészült a drónokkal kapcsolatos kormányrendelet tervezete, ami 2017. július 1-től lépne életbe. A rendelet méret alapján három kategóriába sorolja a drónokat, meghatározza használatuk alapvető feltételeit, az egyes kategóriákhoz kapcsolódóan pedig további részletes szabályokat tartalmaz. Eszerint nyilvántartásba kell venni azokat az eszközöket, amelyek felszálló tömege meghaladja a 2 kg-ot vagy amellyel ellenszolgáltatás fejében végeznek tevékenységet. A drónok működtetését képzéshez és vizsgához is kötik, valamint kötelező lenne a felelősségbiztosítás. A felhasználás egyszerűbbé tétele érdekében a jövőben mobiltelefonos applikáció jelzi a vezető számára, hogy a repülés az adott területen, légtérben és időszakban engedélyezett-e (NFM, 2016). Jelenleg a drónhasználat csak egyedi tevékenységi engedély és eseti légtérengedély birtokában lehetséges, amelyet a Nemzeti Közlekedési Hatóság Légügyi Hivatala ad ki. A három hónapra érvényes tevékenységi engedély díja 19 ezer forint, az eseti légtérengedély pedig háromezer forintba kerül (Neuwald és Tuzson, 2016). Az engedélyezési eljárás normál ügyintézési határideje 21 nap, ami mezőgazdasági alkalmazásoknál sok esetben (pl. kárfelemelés) túl hosszú. Mérőkamerás – térképészeti célra is alkalmas – távérzékelés esetén kérelmet kell benyújtani a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatához is.

9.2. Javaslatok

Ha a közoktatásban nagyobb szerepet kap a környezettudatosság és megnő a lakosság fenntarthatóság iránti elkötelezettsége, az nyomást gyakorol a gazdálkodókra, hogy a precíziós gazdálkodást alkalmazzák. De ez a társadalmi nyomás nem elég, szükséges mellé az ösztönzés is. Ehhez kedvező áron elérhető, személyre szabott információ szükséges a falugazdászokon, illetve szaktanácsadókon keresztül. Számos pénzügyi intézkedés is ösztönző lehet, például beruházástámogatások, kamatcsökkentés és a kiegészítő támogatások (Tey és Brindal, 2012). Aubert *et al.* (2012) vizsgálata szerint a növényvédőszer- és a műtrágyahasználatra vonatkozó megfelelő szabályozás is erősen képes ösztönözni a precíziós technológia alkalmazását.

A precíziós mezőgazdaság előmozdítása a KAP révén gazdasági, környezetvédelmi és szociális szempontból is indokolható, de el kell kerülni a technológiai nyomást azokon a területeken, ahol az várhatóan nem lenne sikeres (Zarco-Tejada *et al.*, 2014).

9.2.1. Kutatás, fejlesztés

A mezőgazdaság termelékenységét és fenntarthatóságát célzó Európai Innovációs Partnerség (EIP-AGRI) keretében egyes prioritást élvező területeken szakmai csoportokat hoztak létre annak érdekében, hogy hatékony megoldásokat találjanak a felmerülő problémák kezelésére. A 13 fókuszcsoport egyike a precíziós gazdálkodással foglalkozik. Véleményük szerint (EIP-AGRI, 2015):

- A precíziós gazdálkodás során keletkező nagy mennyiségű adat feldolgozásához szükség van a felhasználóbarát információs rendszerek további fejlesztésére.

- A döntéstámogató rendszerek, valamint technikai megoldások kutatásában nagyobb szerepet kell kapnia a gazdáknak és szövetkezeteknek.
- A precíziós gazdálkodás gazdaságosságának bemutatására kalkulátorokat kell fejleszteni, melyek figyelembe veszik az adott régió, a növénytermesztés és állattenyésztés, valamint a szocioökonómiai jellemzők sajátosságait.
- A kis- és közepes gazdaságok számára olyan eszközök szükségesek, amelyek egyszerűen használhatók, megfizethetők és robusztusak.

A Horizont 2020 program keretében érdemes pályázni a precíziós gazdálkodással kapcsolatos kutatás-fejlesztési lehetőségekre, valamint a mintagazdaságok hálózatában való részvételre. Fontos, hogy a gyakorlatban is hasznosítható kutatási eredményekről a gazdálkodók folyamatosan értesüljenek.

További fontos lépést jelenthetne, ha a hazai forrású alapkutatási pályázatokban (pl. OTKA) kiemelt szerepet és különálló pályázati forrást kaphatnának a precíziós gazdálkodással, annak egyes elemeivel (pl.: tápanyag-utánpótlás, növényvédelem, talajtan, gépészet) foglalkozó témakörök.

9.2.2. Oktatás, szaktanácsadás

A precíziós mezőgazdaság fogalmával a közép- és felsőfokú mezőgazdasági oktatásban minden hallgatónak találkoznia kellene, amire építve további posztgraduális képzéseket lehet indítani. Jó gyakorlat a duális képzések megvalósítása mind középiskolai, mind egyetemi szinten. Jelentős problémát jelent azonban, hogy a mezőgazdasági szakiskolák, de még az agrárképzést folytató egyetemek sem rendelkeznek megfelelő gépparkkal és ahhoz kapcsolódó precíziós és szenzoros technológiákkal, sem olyan szakértőkkel, akik ezen gépek és technológiák működtetéséhez értenének. Kulcskérdést jelent tehát egyrészt a szakiskolák és egyetemek modern gépekkel, eszközökkel való felszerelése, de még fontosabb, hogy a szakiskolai és egyetemi oktatói gárdának legyen lehetősége a profi, piaci értékesítést végző precíziós szaktanácsadóktól elsajátítani a precíziós géphasználat és az ahhoz kapcsolódó gazdálkodás alapjait.

A gazdálkodóknak rövid kurzusokat kell szervezni egy-egy konkrét témakörre vonatkozóan. Erre jó példa az angliai Harper Adams University, ahol a Nemzeti Precíziós Gazdálkodás Központ keretében egynapos bevezető kurzusokat tartanak. Hasonló kurzusokat szervez – részben az említett egyetemmel közösen – az ARTIS képzési központ is. A teljesítésről igazolást állítanak ki, valamint továbbképzési pontok szerezhetők, amik egyes szakmai szervezetekben a tagok számára kötelezőek.

Az i-Cell (2016) felmérése szerint a hazai gazdák 50 százaléka lenne hajlandó technológiai képzéseken részt venni, további 38 százalékuk pedig csak akkor, ha mindez nem járna komolyabb költségekkel. Ezért szükség lenne a humánerőforrás fejlesztését támogató programokra (IVSZ, 2016b).

Magyarországon is rengeteg cikk és előadás található az interneten a precíziós gazdálkodás témakörében, de könnyű elveszni az információk közt. Érdemes lenne egy olyan oldalt létrehozni, ahol egy helyen, hivatalos forrásból juthat információhoz az érdeklődő. Az oldal létrehozását és működtetését célszerűen a Nemzeti Agrárgazdasági Kamarának kellene koordinálni. Jó példa az alabamai szaktanácsadási rendszer, amit az Alabama A&M University és az Auburn University működtet. A szabadon elérhető kilenc videotananyag az alabamai szójatermesztők, valamint a búza- és takarmánygabona-termesztők szövetségének támogatásával készült, ezen kívül a szaktanácsadók számos publikációja és előadásának anyaga is elérhető.

A technológia terjedésében nagy szerepe van a jól képzett, független tanácsadóknak. A szaktanácsadók továbbképzési listáján több precíziós gazdálkodáshoz kapcsolódó rendezvényt lehetne szerepeltetni, és nemcsak előadásokat, hanem technikai, illetve gépbemutatókat is.

A 73/2015. (XI. 6.) FM rendeletet módosítani kell, hogy az agrárinformatika, illetve precíziós gazdálkodás önálló tevékenységi területként szerepeljen. Ennek megfelelően a szaktanácsadási területekhez kapcsolódó végzettségeket is át kell gondolni.

Az európai mezőgazdasági vállalkozók és szövetkezetek érdekvédelmi szervezete, a Copa – Cogeca kiemeli, hogy a megfelelő informatikai képzések nemcsak az új technológiai lehetőségek kihasználásában segítik a gazdálkodókat, hanem ezáltal megértik a jogaikat és felelősségüket az új digitális világban. Ha megismerik a lehetséges előnyöket és kockázatokat, akkor nyitottabbá válnak az adatok megosztására is (Copa – Cogeca, 2016a).

9.2.3. Támogatások

Az Európai Mezőgazdasági Gépforgalmazók Szövetsége (CEMA, 2015) azt javasolja, hogy a KAP I. és II. pillére legyen rugalmasabb és tegye lehetővé a precíziós mezőgazdaság támogatását. A CEMA arra ösztönzi az uniós döntéshozókat, hogy újra hozzanak létre a korábbi KAP (2007–2013) 68-69-es cikkéhez hasonló mechanizmust, ami lehetővé teszi a tagállamoknak, hogy az I. pillér költségvetési keretének 10 százalékát a mezőgazdasági üzemek termelékenységének javítását célzó projektekre használják fel. Javasolják egy mezőgazdasági termelékenységbónusz bevezetését is, vagyis azok jutalmazását, akik a kölcsönös megfeleltetés követelményeinek szigorú betartása mellett képesek növelni termelékenységüket. Ez az új zöldítési rendszer része lehetne.

A precíziós gazdálkodás lehetőségeit áttekintő EU-s tanulmány (Zarco-Tejada *et al.*, 2014) rámutat, hogy az Európai Parlament és a Tanács 1305/2013/EU (2013. december 17.) rendelete szerint a II. pillér is több lehetőséget biztosít a tagállamok számára a precíziós gazdálkodás támogatására a Vidékfejlesztési Programon keresztül:

- 17. cikk – Beruházások tárgyi eszközökbe. Az intézkedés célja a mezőgazdasági üzemek korszerűsítése és hatékonyabbá tétele, társfinanszírozás révén segítheti a precíziós technológiát.
- 28. cikk – Agrár-környezetvédelmi és éghajlattal kapcsolatos műveletek. Olyan gazdálkodóknak ítéltet oda, akik önkéntes alapon vállalják az agrár-környezetvédelmi és az éghajlatváltozáshoz kapcsolódó kötelezettségvállalások közül egy vagy több teljesítéséből álló műveletek elvégzését, ezzel környezeti szempontból fenntarthatóbb gazdálkodási rendszer folytatását. A precíziós gazdálkodás megfelelő indoklás az intézkedéshez.
- 35. cikk – Együttműködés. Legalább két szereplő részvételével megvalósuló együttműködési formák támogatása. Az együttműködés többek közt lehet kísérleti projekt, új gyakorlatok és technológiák fejlesztése, kis gazdasági szereplők között az eszközök és források megosztása, az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás vagy a hatékony vízgazdálkodásra irányuló közös megközelítés. A precíziós mezőgazdaság hozzájárulhat ezeknek a követelményeknek a teljesítéséhez, a közös géphasználat pedig elősegítheti a beruházási költségek csökkentését.

A II. pillér lehetőséget nyújt a versenyképesség javítására a szaktanácsadási rendszeren, valamint képzési és innovációs programokon keresztül is. Ez különösen fontos a precíziós gazdálkodás szempontjából.

- 14. cikk – Tudásátadás és tájékoztatási tevékenységek. A szakképzéshez és a készségek elsajátításához kapcsolódó tevékenységek magukban foglalhatnak tanfolyamokat, szakmai találkozókat, üzemlátogatásokat és személyre szabott szaktanácsadást is. Ez megkönnyítheti a precíziós gazdálkodással kapcsolatos tapasztalatok megosztását és előmozdíthatja a technológia terjedését.
- 15. cikk – Tanácsadási szolgáltatások, üzemvezetési és helyettesítési szolgáltatások. Az intézkedés lehetővé teszi, hogy a termelők a gazdasági és környezeti teljesítmény javítása érdekében tanácsadási szolgáltatást vegyenek igénybe. A precíziós gazdálkodás e célokat is szolgálja, így az ehhez kapcsolódó szaktanácsadás, valamint a tanácsadók továbbképzése beilleszthető a támogatott tevékenységek közé.

Fontos lenne, hogy beruházási támogatást ne csak gépbeszerzésre lehessen igénybe venni, hanem a precíziós gazdálkodáshoz szükséges eszközök, szenzorok beszerzésére is.

Támogatási példaként szolgálhat az amerikai Mezőgazdasági Minisztérium (USDA) által létrehozott Precíziós Gazdálkodást Ösztönző Rendszer, ami a Környezeti Minőséget Ösztönző Program (EQIP) része. A programban azok vehetnek részt, akik még nem alkalmazzák a differenciált tápanyag-kijuttatást vagy növényvédelmet, vagy a 4 meghatározott szint közül az első három valamelyikénél tartanak, és szeretnének magasabb szintre lépni. A precíziós tápanyag-kijuttatást és növényvédelmet ugyanazon területen használók esetén 200 acre (kb. 80 ha), külön-külön alkalmazva összesen 400 acre területre kapható két évre támogatás. A szerződéseket azonban 3 évre kötik, a két év támogatás után egy év fenntartás szükséges. A támogatás mértéke a gyakorlat szintjétől függően 8-22 USD/acre (kb. 5600-15 400 Ft/ha). A megvalósítást a kijuttatási tervekkel és a rögzített kijuttatási adatokkal kell igazolni.

Kis gazdaságok esetén a megfelelő fedezeti méret eléréséhez együttműködésre van szükség. Takács és Baranyai (2010) szerint a kormányzatnak ösztönöznie kell a közös géphasználat szervezeti kereteit biztosító úgynevezett virtuális üzemek létrehozását és működését.

9.2.4. Adatpolitika

A Digitális Agrár Stratégia (IVSZ, 2016b) javaslatai közt szerepel a nemzeti adatvagyonhoz való hozzáférés korlátozásának feloldása. A termelők számára szükséges adatokhoz (időjárás, növényvédelem, térképészet, piaci információk stb.) való hozzáférés a termelői döntéshozás javítását szolgálja, így közvetlen hatékonyságnövelő eszköz, az ilyen adatokat előállító szervek állami finanszírozása pedig egyfajta termelői támogatásként fogható fel. A precíziós gazdálkodás szempontjából a térinformatikai alapadatok (pl. kataszter) és a környezeti adatok elérhetősége lenne kiemelten fontos.

A precíziós gazdálkodáshoz kapcsolódó szoftverek lehetővé teszik a munkafolyamatok és a felhasznált anyagok dokumentálását és azokból a gazdálkodási napló létrehozását. Az automatikus adat-rögzítés biztosítja, hogy a gazdálkodók valós adatokat szolgáltatnak a szakigazgatási szervezeteknek. A szenzorok adataira támaszkodó, a növény aktuális állapotának megfelelő helyspecifikus művelésmód környezetkímélő hatása bizonyított. Ezek alapján szóba jöhet egyes tápanyag-gazdálkodási szabályok – például maximálisan kijuttatható nitrogén – felülvizsgálata, és indokolt esetben a precíziós gazdálkodók számára nagyobb dózis vagy eltérő időpont engedélyezése.

A precíziós gazdálkodás során rengeteg olyan georeferált parcellaszintű adat képződik, amelyeket a környezeti kutatásokban, a növénytermesztési modellek fejlesztésében, a hozam-előrejelzésben, illetve az agrár-szakigazgatási ügyintézésben és döntéshozatalban is hasznosítani lehetne. Például a 61/2009. (V. 14.) FVM rendelet az agrár-környezetgazdálkodási támogatások igénybevételének feltételei közt meghatározza a talajmintavétel során betartandó követelményeket, beleértve a mintavételi helyek kiválasztását is. Ha a rendelet kiegészülne azzal, hogy a mintavételi helyeket pontos koordinátákkal kell megadni (precíziós mintavétel), könnyebben ellenőrizhető lenne a követelmények betartása. A pontos mintavételi helyek és a hozzájuk kapcsolódó talajvizsgálati eredmények jól kiegészíthetnék a Talajvédelmi Információs és Monitoring (TIM) rendszert is.

Egy ilyen jellegű adatgyűjtés, tárolás és feldolgozás módszertanát azonban még ki kell dolgozni, tisztázni kell, hogy ki ellenőrzi az adatokat és ki a tulajdonosuk (Zarco-Tejada *et al.*, 2014; EIP-AGRI, 2015). Olyan adatpolitikára van szükség, ami szem előtt tartja a gazdálkodók és adataik védelmét, ugyanakkor lehetővé teszi az adatok megosztását és felhasználását. Ehhez az adatelemzéssel foglalkozó vállalatoknak, a döntéshozóknak és a gazdálkodóknak együtt kell működniük (Zeigler és Steensland, 2015).

Az American Farm Bureau (2016) kezdeményezésére 37 vállalat és termelői szervezet – köztük a Dow AgroScience, a DuPont Pioneer, a John Deere és a Syngenta – 2016 márciusában már aláírt egy állásfoglalást a precíziós gazdálkodás során keletkező adatok használatáról. E szerint a termelés során keletkező adatok tulajdonosa a gazdálkodó, az ő felelőssége, hogy megegyezzen az adatok megosztásáról és felhasználásáról a többi érintett féllel, mint például bérlő, szövetkezet, hardver- és szoftverszolgáltatók. A szolgáltatók csak a termelő kifejezett hozzájárulása esetén használhatják fel az adatokat, amit szerződés formájában rögzíteni kell. Az adatok gyűjtéséről és felhasználási módjáról értesíteni kell a termelőket, valamint meg kell adni, hogy kivel vehetik fel a kapcsolatot, ha bármilyen kérésük vagy panaszuk van az adathasználattal kapcsolatban. El kell magyarázni, hogy mi a hatása annak, ha engedélyezi vagy nem engedélyezi a felkínált szolgáltatásokat. A szolgáltató nem adhat tovább és nem hozhat nyilvánosságra egyedi adatokat a termelő engedélye nélkül. Lehetővé kell tenni, hogy a gazdálkodó az adatgyűjtés szüneteltetését kérje, illetve kérésére biztosítani kell a meglévő adatok eltávolítását, megsemmisítését.

A Copa – Cogeca (2016a) is nagy kihívásnak tartja a növekvő adatmennyiség kezelését, mivel a különböző típusú mezőgazdasági adatok eltérő tulajdonosi és adatvédelmi szintekhez vezetnek. Egyetért abban, hogy a gazdálkodó által gyűjtött adat a gazdálkodóé, fontosnak tartja az adatok tulajdonjogának védelmét, valamint azt, hogy a gazdálkodó korrekt részesedést kapjon az adatainak felhasználásával keletkező értékekből. Elismeri, hogy az adatokat nem lehet ugyanúgy birtokolni, mint a fizikai eszközöket, ezért alapvető fontosságú, hogy rögzítsék a mezőgazdasági adatok elérésére és felhasználására vonatkozó alapelveket. Az amerikai farmerszervezethez hasonlóan úgy gondolja, hogy az adatok gyűjtése és felhasználása csak a gazdálkodók engedélyével és a velük kötött, érthetően megfogalmazott szerződések alapján történhet. Az elemzésekhez szükség van az egyedi adatokra, de biztosítani kell a gazdálkodókat arról, hogy az adataik az engedélyük nélkül nem kerülnek ki harmadik félhez, például biztosítótársaságokhoz vagy a hatóságokhoz.

Bármilyen adatcsere során a rendszerek ki vannak téve támadásoknak. A Copa – Cogeca felszólítja a Bizottságot és a tagállamokat, hogy az informatikai cégekkel együttműködve vegyenek részt az adattárolás és a hálózati biztonság módszereinek kidolgozásában. A gazdálkodók egyre nagyobb mértékben használják a felhőszolgáltatásokat, ezért szorgalmazza az ezzel kapcsolatos EU-s szabályozási környezet kialakítását is.

A drónok használata nemcsak repülésbiztonsági, hanem adatvédelmi problémákat is felvet. A Copa – Cogeca (2016b) szerint a vidéki nyílt területeken a biztonsági és/vagy adatvédelmi kockázat jóval alacsonyabb, mint a városokban, míg a technológia potenciális előnye jelentős, ezért egyszerű intézkedések bevezetését javasolják. Ugyanakkor elismerik, hogy a növény- vagy állatállományról illetéktelen személy által készített felvételek adatvédelmi aggályokra adnak okot, és például tisztességtelen árszabályozáshoz vezethetnek, ami ellen fel kell lépni a szabályozáson keresztül.

Az EU nemrég módosította a személyes adatok védelméről szóló rendeletet (EU, 2016), és vannak irányelvek a számítógépes programok védelméről is (EK, 2009). Szükség lenne a termelés során keletkező adatok felhasználásával és védelmével kapcsolatos szabályozás megalkotására és bevezetésére is.

10. Összefoglalás

A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata

Kemény Gábor (szerk.), Lámfalusi Ibolya (szerk.) és Molnár András (szerk.)

10.1. Megállapítások

1. A precíziós és a talajkímélő gazdálkodás szántóföldi növénytermesztésben való elterjedtségére és alkalmazásuk körülményeinek vizsgálata céljából kérdőíves felmérést végeztünk, amely az AKI teszüzemi rendszerben szereplő közel 1000 szántóföldi növénytermesztő üzem körében valósult meg. A kérdőívre 656 üzem adott választ, az AKI teszüzemi rendszerben nyilvántartott szántóföldi növénytermesztő üzemek mintegy 70 százaléka, mely mintavétel reprezentatívnak minősül.
2. A válaszadók szinte valamennyien hallottak a precíziós és a talajkímélő technológiákról, előbbinél a legjelentősebb kommunikációs csatornának a nyomtatott szakmai lap bizonyult, míg utóbbiról elsősorban más gazdálkodótól hallottak a megkérdezettek. A gazdálkodók többnyire (86 százaléka) elismerik a technológiák környezeti és gazdasági fenntarthatóságához való hozzájárulását.
3. A gazdálkodói percepciók kimutatása érdekében folytatott kérdőíves felmérés eredményei igazolták azt a hipotézisünket, hogy a termelők mindkét technológia terjedésének legnagyobb gátját a magas beruházási költségekben látják. A válaszadók szerint elterjedésüket leginkább az alkalmazás hatására realizálható magasabb jövedelmezőség segítené elő, de a termelők számára nyújtott több, illetve részletesebb információ is nagy jelentőséggel bírna, valamint ha a technológia alkalmazását az agrárirányítás valamilyen formában támogatná.
4. A precíziós technológiát az első üzem (a válaszadók körében) 2004-ben kezdte el alkalmazni. A technológia terjedését kezdetben lassú felfutás jellemezte 2012-ig, azt követően lényegesen dinamikusabbá vált a folyamat, különösen 2014-ben és 2015-ben vezették be egyre többen a precíziós technológiát. Általában véve az alkalmazott technológiai elemek közül a precíziós talajminta-vételezés, valamint a tápanyag-kijuttatási terv készítése a leggyakoribb.
5. A kérdőíves felmérés alapján a növénykultúrák közül az őszi búza mind a művelt terület mérete, mind a termesztők száma tekintetében élen jár a precíziós technológia alkalmazásában, majd azt követi a kukorica, a napraforgó és a repce.
6. A precíziós technológia hatásaival összefüggésben a betakarított növénykultúrák hozamában történt változás értékelésekor legtöbbször kisebb mértékű növekedésről számoltak be, nagyobb mértékű növekedésről mindössze az üzemek 13,3 százaléka nyilatkozott. A válaszadók 31,1 százaléka szerint a precíziós technológia a fajlagos költségben kismértékű csökkenést eredményezett, további 20,0 százaléka jelentősebb mértékű csökkenést realizált, míg szintén 20,0 százaléka kisebb mértékű növekedésről számolt be. A jövedelmezőség tekintetében egyértelműbb volt a pozitív hatás, a válaszadók több mint fele a fajlagos jövedelmezőség kismértékű növekedéséről adott számot, míg 8,9 százaléknál nagyobb mértékű növekedés következett be a technológia hatására. A válaszadók 11,1 százaléka kismértékű, 6,7 százaléka pedig jelentős csökkenést tapasztalt.
7. A talajkímélő művelés hatásai a megkérdezettek szerint korlátozottabbak a precíziós gazdálkodásénál. A hozam tekintetében a talajkímélő művelést végzők több mint egyharmada nem tapasztalt változást, 29,5 százaléka pedig kisebb mértékű növekedést figyelt meg, továbbá

viszonylag sokan számoltak be a hozam kisebb mértékű csökkenéséről is. A jövedelmezőséget illetően a válaszadók csak kevesebb mint fele támasztja alá annak növekedését, 22,3 százalékuk nem észlelt változást a művelés hatására, kisebb mértékű csökkenést a gazdálkodók 13,4 százaléka tapasztalt. Az egy hektárra jutó költség (fajlagos költség) a gazdálkodók 44,6 százalékánál csökkent, 18,8 százalékánál pedig jelentős mértékű volt a ráfordításokban jelentkező megtakarítás.

8. A művelés munkaerő-felhasználásra gyakorolt hatásáról megoszlottak a vélemények. Közel azonos mértékben tapasztaltak kismértékű növekedést és változatlanságot. A válaszadók legnagyobb része (25,9 százaléka) jelentősen kevesebb munkaerővel gazdálkodott, 23,2 százalékánál kisebb mértékben jelentkezett a csökkenés.
9. A precíziós technológia előnyeinek igazolását többféle módon is igyekeztünk elvégezni, ezek között a kérdőíves felmérésre adott válaszokon túl szerepelt a precíziós eszközök egyik meghatározó hazai forgalmazójának, a KITE Zrt.-nek a megkérdezése, illetve a technológiákat alkalmazók adatainak a hagyományos üzemekkel való összehasonlítása összesen négyféle változatban.
10. A tanulmány egyik fontos erénye, hogy a precíziós technológia előnyei a Közös Agrárpolitika eredményességének bemutatására használt, ötvenéves múltra visszatekintő FADN-adatbázison kerülnek kimutatásra. Ez lényeges elem úgy szakpolitikai szempontból, mint a termelői döntéshozatal oldaláról, mivel a tesztüzemi rendszerben szereplő gazdaságok olyan mintaként tekinthetők, amelyek megfelelően képesek reprezentálni a meghatározó árutermelő gazdálkodókat.
11. A vizsgálatok eredményeit összegezve megállapítható, hogy a búza hozamánál 7-17 százalékos, a kukoricánál 2-9 százalékos, a napraforgónál 6-10 százalékos többletet eredményez a technológiaváltás, miközben a repcénél és az őszi árpánál nem sikerült a rendelkezésre álló adatok birtokában ilyen megállapítást tenni.
12. A termelési érték tekintetében magasabbak az említett arányszámok, a búzánál 8-38 százalékos, a kukoricánál 11-42 százalékos, a napraforgónál 3-32 százalékos többletérték mutatkozik. A többletértéket jellemző, esetenként széles intervallumokat az magyarázza, hogy a precíziós technológia előnyei nagyban függenek az adott év időjárásától, a talajadottságoktól, valamint a gazdálkodás színvonalától. A helyspecifikus gazdálkodás előnyei elsősorban a kedvezőtlenebb adottságú időszakokban és területeken mutathatók ki, ahol a hagyományos műveléssel a hozampotenciálhoz viszonyítva csak korlátozott eredmények érhetők el.
13. A precízebb technológia, a ráfedés- és kihagyásmentes művelés eredményeként általában véve azt várnánk, hogy az áttéréssel csökken az inputfelhasználás. Vizsgálataink ennek éppen az ellenkezőjét támasztották alá, a hozamokhoz hasonlóan az inputfelhasználás szintjében is jellemzően többlet mutatkozott. A búzánál –3 és +47 százalék, a kukoricánál –5 és +30 százalék, a napraforgónál –8 és +26 százalék között változott az egy hektárra vetített termelési költség a hagyományos technológiához képest.
14. Az önköltség tekintetében már valamivel alacsonyabbak a precíziós technológia többletráfordításai, sőt a ráfordítások csökkenése is nagyobb eséllyel következhet be. Ez magától értetődő, hiszen hozamnövekedés történik, amelynek eredménye, hogy a termékegységre eső költség mérséklődik. A búzánál –17 és +29, a kukoricánál –13 és +22, a napraforgónál –17 és +20 százalék közötti különbség mutatható ki a szántásos műveléshez képest.
15. Amennyiben a ráfordítások növekedését a termelési érték növekedése meghaladja, úgy javul az ágazat jövedelme. A búzánál és a napraforgónál vizsgálataink szerint ez egyértelműen így alakul, előbbinél 23-123 százalékos többletjövedelem, utóbbinál 28-52 százalékkal nagyobb eredmény realizálható. A kukoricánál nem minden esetben következett be jövedelemnöve-

kedés, így itt előfordulhat akár a 17 százalékos kiesés, de akár a 105 százalékkal magasabb jövedelem is.

16. A rendelkezésünkre álló adatok birtokában ágazati szinten becsléseket végeztünk a precíziós tevékenységre való áttérés makroszintű hatásaira. Megnéztük, hogy hogyan alakul ágazati szinten a hozam, a termelési érték, a termelési költség és az ágazati eredmény, amennyiben a vizsgált üzemekhez hasonló paraméterekkel (termelési költség, vetésterület mérete) bíró üzemek – amelyeknél igazolni tudtuk az előnyöket – végrehajtják a technológiaváltást.
17. A kiválasztott üzemek áttéréseivel a jövőbeni precíziós területek a vizsgálatba vont szántóföldi növények teljes 2,9 millió hektárnyi vetésterületéből 1,4 millió hektárt, azaz 46,9 százalékot tennének ki. A búza esetében a precíziós területek a teljes búzatermő terület 59 százalékát, kukoricánál a teljes kukoricatermő terület 40 százalékát, napraforgónál a teljes napraforgó-terület 38 százalékát jelentenék. Az őszi árpa és az őszi káposztarepce precíziós technológiával művelt területe külön-külön 15-17 százalékát adná a két ágazat összes vetésterületének.
18. A precíziós gazdálkodásra áttért több mint 21 ezer üzem 2,4-6,0 százalékkal nagyobb (+342,7-858,9 ezer tonna) termésmennyiséget produkálna a vizsgált növényeknél az országos 14,3 millió tonna termésmennyiséghez képest. A termelési érték az öt növénykultúránál együttesen a jelenlegit 32,0-142,0 milliárd forinttal múlná felül, azaz az értékük 826,2-936,2 milliárd forintot jelentene.
19. A termelési költségek összességében 606,2 milliárd forintról 10,4 milliárd forinttal 595,9 milliárd forintra csökkennének, amennyiben az általunk kiválasztott üzemek precíziós gazdálkodásra váltanának. Ezen belül a vetőmagköltség 2,4 milliárd forinttal csökkenne, a műtrágyaköltség 3,8 milliárd forinttal emelkedne, a növényvédőszer-költség 1,8 milliárd forinttal mérséklődne.
20. Az ágazati eredmény a precíziós gazdálkodásra váltók esetében jelentősen, 15,2-88,5 milliárd forinttal bővülne, azaz 187,9 milliárd forintról 203,1-276,4 milliárd forintra emelkedne.
21. A becslés zárásaként azt is megvizsgáltuk, hogy hogyan alakulna a beruházási költség a technológiát váltó üzemeknél. Az eszközállomány elhasználódottsága alapján egyes üzemeknél komplett gépparkcserét feltételeztünk, másoknál a precíziós eszközökkel való felszerelést láttuk indokoltnak, megint másoknál szerkezeti elemek és precíziós szoftverek beszerzését. A beruházási költség a három kategóriában együttesen mintegy 325 milliárd forint, melynek legnagyobb részét (mintegy 300 milliárd forintot) a teljes gépparkcsere adja.
22. A másik két kategóriánál számításaink igazolták, hogy a gazdálkodóknak – az 1000 ha alatti és feletti területtel rendelkezőknek egyaránt – mind a szerkezeti elemekkel és szoftverekkel történő felszerelés, mind pedig a precíziós eszközökkel való felszerelés megéri, mert annak költsége bőven megtérül a technológia eredményeként keletkező többletjövedelmekben. A megtérülés egyedül a teljes gépparkcserénél nem igazolódott. Ennek kapcsán azonban meg kell jegyezni, hogy mivel a gépek az üzem teljes területén használatosak, illetve nemcsak a többleteredmények elérésében játszanak szerepet, így nem is várható a beruházási költségüknek a precíziós többletjövedelmekben való megtérülése. Ugyanezen üzemeknél a precíziós eszközökkel való felszerelés már gazdaságosnak bizonyult.

10.2. Következtetések

1. A technológia elterjedésének legfőbb gátjaként a kutatásban részt vevő precíziós gazdálkodók a jelentős beruházásigényt azonosították. Ezt követte a tudás, az ismeretek hiánya, illetve az új ismeretek elsajátításától való félelem. Ennek jelentőségét jól mutatja, hogy a technológia elterjedését támogató tényezők között az információk, ismeretek megosztása a többletjövedelem mellett másodikként szerepelt a válaszok száma alapján. A megfelelő ismeretek, a technológia

biztos kezelésének képessége a mélyinterjúkban is kulctényezőként szerepelt a precíziós technológia sikeres alkalmazásának kritériumai között. Figyelembe véve a technológia által realizálható makrogazdasági hatásokat – úgymint a többlettermés, többlethozam és –jövedelem –, a precíziós technológia elterjedését az agrárirányításnak is érdemes volna prioritásként kezelnie.

2. A precíziós technológia eredményes alkalmazásához nem elegendő a precíziós képességekkel rendelkező erő- és munkagépek beszerzése, illetve a megfelelő inputanyagok felhasználása. Nem homogén technológiáról van szó, amely bármely körülmények között ugyanúgy működik, hanem az egyes technológiai műveleteket a helyi természeti adottságokhoz (pl.: talajadottságok, domborzati viszonyok) szükséges adaptálni. A kívánatos eredmények eléréséhez komoly szakismeretekre van szükség, mindenképpen szaktanácsadás mellett javasolt a technológia bevezetése. A remélt előnyök megjelenése is a technológia megfelelő alkalmazását követően várható.
3. A technológia hatására növekvő inputfelhasználás – amely a szakirodalommal egyébként összecsengő megállapítás – magyarázata, hogy Magyarországon az inputfelhasználás szintje egyébként is jellemzően alacsony, így modern művelési módra való áttéréssel a kívánatos hozamok elérése érdekében az inputfelhasználás intenzitását növelni szükséges. Ez egyben azt is jelenti, hogy az inputforgalmazóknak is érdeke a technológia terjesztése.
4. A kutatás során arra a megállapításra jutottunk, hogy jelenleg nincs egységesen kialakult szabályrendszer a technológia alkalmazását illetően, amelyet ha a gazdálkodó adaptál, úgy mindenképpen realizálja a várt előnyöket. Kellő tapasztalat hiányában még nincsenek meg a környezeti és gazdasági optimumok: meddig érdemes növelni az inputanyag-felhasználás mértékét a jobb minőségű talajokon, illetve miként juttassák ki az inputanyagokat a rosszabb termőképességgel rendelkező területekre, azaz növeljék-e az inputok mennyiségét, avagy a minimálisra csökkentés azt. Az egységes „szabály” kialakítása az elkövetkező kutatások témája.

10.3. Javaslatok

1. A precíziós gazdálkodás alapja a megfelelő humán tőke. A növénytermesztésben már most olyan munkavállalókra van szükség, akik megfelelő képzettséggel rendelkeznek és képesek a precíziós eszközöket működtetni, ez azonban a jövőben még inkább így lesz. Mivel Magyarországon a növénytermesztésben tevékenykedő munkavállalók képzettsége jellemzően alacsony, ezáltal célszerű az oktatást a jövőben várható nagyfokú magas képzettségű munkaerő-szükségletnek megfelelően változtatni. Ennek érdekében javasolt a mezőgazdasági szakiskolák és az agrárképzést is nyújtó egyetemek oktatóinak képzése piaci szolgáltatást nyújtó precíziós szaktanácsadók által. Fontos a szakiskolák és az egyetemek felszerelése a precíziós gazdálkodásra alkalmas gépekkel, szenzorokkal és szoftverekkel, amelyek működtetéséhez szintén igénybe kell venni a piaci precíziós szaktanácsadási segítséget. Tovább kell erősíteni a duális képzés szerepét, ahol kiemelt figyelmet kell kapniuk a precíziós gazdálkodást végző termelőknek.
2. Nemzeti forrásból elkülönített alapot kell biztosítani a precíziós gazdálkodással foglalkozó, azt témájával választó alap- és alkalmazott kutatási témáknak, mely utóbbiak esetében törekedni kell a technológiát a gyakorlatban használó kulcsszereplők (termelők, szaktanácsadók, gépgyártók, informatikai vállalkozások) szoros bevonására. Ezáltal biztosítható, hogy a kutatási források gyakorlati problémák megoldását segítsék elő, és a hazai agrár- és gépipari, valamint informatikai vállalkozások növekedésnek indulva képesek legyenek betörni a jövőben várhatóan drasztikusan bővülő, a mezőgazdasági digitalizációhoz köthető rés piacokra.
3. Jogszabályi háttérrel kell biztosítani a precíziós gazdálkodás minél zökkenőmentesebb fejlődését. Ezen belül biztosítani kell, hogy a precíziós gazdálkodás során keletkező adatállományokról a termelők rendelkezhessenek, azokat a gépgyártóktól, illetve az adatok rögzítőitől megkaphassák, és azokat hazai kutatási célokra is fel lehessen használni. Lehetővé kell tenni

a modern technológiák életszerű használatát (pl. drónok repülésének engedélyezése), illetve kötelezővé kell tenni a technológia alapját képező talajminta-vételezés precíziós helymeghatározását, illetve külső szakértő általi validálását. Ki kell alakítani az állami adatbázisokban tárolt termelői, illetve táblaszintű adatok jogosultságkezelését (pl.: örökös, vevő vagy új bérlő hozzáférhessen a tábla korábbi adataihoz).

4. A nagyobb inputfelhasználás és a környezeti fenntarthatóság nem áll ellentétben egymással, ugyanis precíziós kijuttatással (a megfelelő inputot a megfelelő kultúrának, a megfelelő időpontban és fizikai helyen) a tápanyagot a növény teljes egészében képes felvenni és hasznosítani, ezáltal környezeti károsodás nélkül folyhat a termelés. Ezt figyelembe véve a precíziós gazdaságok számára a környezeti határértékek is megemelhetők lehetnének oly módon, hogy aki igazoltan precíziós gazdálkodást végez, az magasabb hatóanyag dózissal dolgozhasson, mivel a pontos inputanyag-kijuttatás hatékonyabb hasznosulással és kisebb káros kimosódással jár.
5. Amennyiben a hazai és/vagy az uniós támogatási rendszer – szubvenciók vagy akár visszatérítendő támogatás, kamattámogatott hitel formájában – forrást biztosítana a gazdák számára a precíziós technológiai elemek adaptálására, a helyspecifikus módon végzett gazdálkodás vélhetően intenzívebb terjedésnek indulna Magyarországon. Mivel a precíziós gazdálkodás hozzájárul a környezeti fenntarthatósághoz, akár a Vidékfejlesztési Program Agrár-környezetgazdálkodási Programján keresztül is igényelhetnének a gazdálkodók a technológia bevezetéséhez szükséges forrást.
6. A kérdőíves felmérések, valamint a kapcsolódó vizsgálatok megismétlése szükséges a néhány éven belül, hiszen a technológiát bevezető üzemek száma folyamatosan nő, illetve az alkalmazás „mélysége” is várhatóan javul. A jelenlegi kutatási eredmények a technológia felfutási szakaszában keletkeztek, így könnyen előfordulhat, hogy néhány év múlva markánsabb eredmények mutathatók ki.

11. Summary

Comparative study of precision arable crop production

KEMÉNY, Gábor (eds.), LÁMFALUSI, Ibolya (eds.) and MOLNÁR, András (eds.)

11.1. Findings

1. The aim of our questionnaire was to examine the penetration and the conditions of precision and conservation tillage farming. This survey was completed among almost 1000 arable Farm Accountancy Data Network (FADN) system farms run by the Research Institute of Agricultural Economics (AKI). Respond was given by 656 farms which is about 70 per cent of the total registered arable crop plants in the FADN system so the sampling can be considered as representative.
2. Almost all respondents heard about precision and conservation tillage technologies. In case of precision farming printed professional journals proved to be the most important communication channel, while in case of conservation tillage farming the interviewed mostly heard about it from other farmers. Farmers mainly (86 per cent) acknowledge the technologies contribution to environmental and economic sustainability.
3. The results of survey which was conducted to establish farmers' perceptions proved our hypothesis that greatest barrier to the spread of both technologies is high investment costs. According to the respondents the uptake of these technologies could be increased mainly by proven higher profitability of application. Besides this more or detailed information to the farmers would be important and if the technologies would be supported by agricultural management in some form that could result widespread adaption.
4. The first farm (among respondents) started to use precision technology in 2004. The uptake of this technology is initially characterized by a slow growth until 2012. After that the rise became significantly more dynamic, particularly in 2014 and 2015 started to introduce precision technology. Generally precision soil sampling and nutrient application maps were the most common among technological elements used.
5. On the basis of the questionnaire among arable crops winter wheat is most frequently subject of the use of precision technology both from the point of size of cultivated area and number of producers, which is followed by corn, sunflower and rape.
6. Farms applying precision technology reported minor yield increase and only 13.3 per cent reported larger increase. According to 31.1 per cent of the respondents, precision technology resulted slight decrease in unit cost. Further 20.0 per cent of them realized more significant decrease, while also 20.0 per cent gave an account of slight increase. In case of profitability the positive impact was more unequivocal, more than half of the respondents reported on slight rise of unit profitability, while greater increase was occurred by impact of the technology by 8.9 per cent of the farmers. 11.1 per cent of the respondents experienced slight, 6.7 per cent significant decline in profitability.
7. According to the respondents the impacts of conservation tillage farming is more limited than the effects of precision farming. More than third of them reported no change in yields, while 29.5 per cent of respondents observed slight increase. Moreover, relatively large number of farmers gave an account of slight decline of yield. Considering profitability, less than half of respondents gave countenance to increase that, 22.3 per cent did not realized any change and

slight decrease was experienced by 13.4 per cent of the farmers. The costs per hectare (unit cost) decreased by 44.6 per cent of the producers. Input savings was significant by further 18,8 per cent of the farmers.

8. Opinions varied about the effect of precision cultivation on labour use. Those Almost equally farms experienced a slight increase and no change. Most respondents (25.9 per cent) used significantly less labour, by 23.2 per cent decline was slightly.
9. In order to reveal advantages of precision technology several approaches were used. Beyond the questionnaire survey answers we interviewed the KITE Zrt. which is one of the leading domestic distributor company of precision machinery, and technology users' data compared to control group of conventional farms selected in four different ways.
10. One of the important virtue of this study that the advantages of precision technologies were demonstrated using FDAN data, an EU wide data collection established fifty-years ago for the assessment of the Common Agricultural Policy (CAP). This is a significant element both from the point of view of policy and producers' decision making, because farms in FADN system be considered a sample which represents the market oriented farms.
11. Summarising the results of the research we can conclude that technology change results 7-17 per cent excess yield in case of winter wheat, 2-9 per cent for corn and 6-10 per cent for sunflower while it could not make such an estimate for rapeseed and winter barley according to the data was used in this study.
12. The increase of output was greater than the figures of yield change: 8-38 per cent value excess was experienced by winter wheat, 11-42 per cent by corn and 3-32 per cent by sunflower. Advantages of precision technology mainly depends on the seasonal weather, the soil conditions and the quality of management which explains that the range of output has wide intervals. Advantages of site-specific farming can be revealed during more adverse periods and/or areas, where only limited results can be achieved by conventional cultivation relative to yield potential.
13. Opposed to the expectations of more precise technology and variable-rate technology (VRT) our results show increased input use. The production cost – used as a proxy of input use – per hectare varied between -3 and +47 per cent in case of winter wheat, -5 and +30 per cent by corn and -8 and +26 per cent in case of sunflower compare to conventional technology.
14. In case of unit cost, additional inputs of precision technology have been slightly lower, decline in inputs is more likely to occur. This is not a surprise, because yield increase occur which result decrease in cost per unit output. We found -17 and +29 per cent difference in case of winter wheat, -13 and +22 per cent for corn and -17 and +20 per cent for sunflower compared to conventional cultivation.
15. If the growth of the gross output exceeds the growth of costs, the sectors' profit or income improves. According to our researches it happened unequivocally this way for winter wheat and sunflower. In case of winter wheat farmers reported 23-123 per cent additional income and in case of sunflower 28-52 per cent increase. Income growth for corn is less certain. We received report of 17 per cent decrease and increase by 105 per cent as well.
16. We developed sector level projections using existing data to demonstrate effects of adaption of precision farming. We studied possible changes of yield, gross output, production cost. We assumed the adaptation of precision technology is done by farms with similar characteristics to those already apply precision technology with positive outcome.
17. If the selected farms would apply precision technology with the same results, the total PA cultivated may reach 1.4 million hectares, which is 46.9 per cent of the total 2.9 million hectare (area

of the relevant arable crops. The largest increase would occur in case of winter wheat, which means 59 per cent of the total wheat area, in case of corn it means 40 per cent and by sunflower 38 per cent. Winter barley and winter rape area which cultivated by precision technology may get 15-17 per cent of the total sown area of two sectors.

18. The macro effect than the additional 21 thousand PA farms could cause is 2.4-6 per cent growth of total yield (+342.7-+858.9 thousand tons) for all crops studied compared to the total domestic production of 14.3 million tons. Gross output would exceed the current value by HUF 32.0-142.0 billion in case of the five arable crops which means in total HUF 826.2-936.2 billion.
19. Production cost would decrease by HUF 10.4 billion, from HUF 606.2 billion to HUF 595.9 billion, if the selected farms would introduce precision farming. The cost of seeds may decline by HUF 2.4 billion, the cost of fertilizers may increase by HUF 3.8 billion and the cost of pesticides may decrease by HUF 1.8 billion.
20. Sectors' total output may expand significantly in case of farms which switch to precision technology by HUF 15.2-88.5 billion so the total figure could rise from HUF 187.9 billion to HUF 203.1-276.4 billion.
21. Finally we also calculated the possible investment impact of such a change towards PA. Based on the assets value we formed three possible groups: 1. the complete machinery change 2. existing machinery requires specific updates with precision equipment, 3. only supply of minor elements and precision software. For all three groups the investment costs would reach almost HUF 325 billion, largest part of these costs (about HUF 300 billion) would come from those require total machinery change.
22. We presented that if no complete machinery/asset change is needed the investment cost of PA – regardless of farm size – pays back. investment by farms which introduce the technology. However, the complete machinery change is not too realistic option, as these assets also used by other activities of the farm.

11.2. Conclusions

1. According to our survey significant investment costs was identified as a main barrier of the diffusion of precision technology. The lack of knowledge and the fear to learn new knowledge was also often mentioned as a barrier. Appropriate knowledges and skill of the use of precision technology were key factors among the criteria for the successful application of the technology. This was also in confirmed by the responses during the in-depth interviews. Considering the possible macroeconomic impacts of the technology, like output increase, better quality, higher yields and additional income, the agricultural policy should treat it as a priority.
2. Precision technology capable machinery is not enough to apply precision technology successfully. PA technology by far not homogeneous. Every operations have to be adapted to the local conditions (for example soil conditions and topography) and specific circumstances. Thoughtful skills are needed to reach the expected results, therefore it is very advisable to use external consultancy especially during the introduction phase. The targeted – positive – results can only be expected when technology is applied appropriately.
3. Compared to other EU countries with similar natural endowments input (especially fertilizer) use intensity in Hungary is typically low. Therefore, when PA as a more efficient technology is introduced we face with two parallel effects. First, due to better utilization, the input use rate usually increases compared to the baseline situation and often there is a changing of seed variety with higher yield potential. This also means that the input distributors are also interested in the diffusion of precision technology in arable farming.

4. We came to the conclusion that there is not any universal rule or strategy for the introduction of PA technology that can guarantee success and lead to profit/income improvement. Due to lack of appropriate experience, the environmental and economical optimum is rarely known: What is the optimal input rate for different soils? Establishing the unified „rule” should be the topic of future research.

11.3. Recommendations

1. The core building block of precision farming is appropriate human capital or knowledge. In case of arable farming it is recommended to hire employees, who already has appropriate PA relevant qualification and able to apply precision technology. And even soon, this will be a must not only recommended! Current qualification level among arable farm employees are typically low. Altogether this foster the urgent need of change of agriculture education. In order to provide practical knowledge, it is advisable to train the teachers themselves by practitioners of the consultancy market. It is important to equip agricultural schools and universities with up-to-date machineries and software's which able to apply precision farming and to operate these on a daily basis. This should be also supported to specialized consultants. It is recommended to continue to strengthen the role of dual training where precision farmers should be given a prominent role.
2. We recommend to establish a specific Fund to support fundamental and applied research topics which deal with precision farming. Applied research activities should involve key stakeholders (producers, consultants, machine manufacturer, IT companies) who gained experience of the use of PA technology in practice. This can guarantee that research sources help solving practical or real problems and the national agro-industrial, engineering and IT companies can grow and break into the digitalization of agricultural-related niche markets which will dramatically grow in the future.
3. Appropriate legal background should support smooth development of precision farming. In particular, farmers should get access to all data generated by precision farming and they will be able to get those from machine manufacturers and data recorders. Moreover, data – with proper licensing – should be used for public research purposes as well. The regulatory environment should provide realistic conditions to the use of modern technologies (e.g.: flight of drones) and soil sampling which can be considered as the core of precision technology. The soil sampling protocol should compulsory include geocoding of the samples. It is necessary to develop appropriate authorisation of existing and future public data (e.g.: perpetual, buyer or new tenants will be able to access to previous data of the board).
4. The increase of input use intensity and environmental sustainability is not a controversial, because with precision application (the right input to the right culture at the right time and location) crops can fully utilize nutrients, thus farmers will be able to product with less negative environmental impact. Taking this into account, related environmental barriers or limits could be even more strict for precision farms. In other words, those who carry out certified precision farming may can apply higher doses of agents because the exact input application causes more efficient uptake and less negative impact.
5. If the national or EU subsidy system – in form of subventions or repayable assistance, subsidized loans/interest – may provide funding for farmers to adapt precision technology elements, the of site-specific farming in Hungary may grow in a faster manner. Because precision farming tend to support environmental sustainability, farmers may be able to use PA as one optional element even through the Agro-Environmental Management Program of the Rural Development Program.

6. We propose to repeat the similar surveys and analysis in the next few years, because the number of farms which introduce the technology continuously rising and the „depth” of application of technology is also expected to improve. The current research results have been completed in the early start-up of the technology, so it can easily happen that a few years from now even more significant impacts can be found.

12. Kivonat

A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata

Kemény Gábor (szerk.), Lámfalusi Ibolya (szerk.) és Molnár András (szerk.)

A precíziós technológia alkalmazása a magyarországi szántóföldi növénytermesztésben jelenleg még kevésbé elterjedt, azonban a technológiát alkalmazó termelők számának növekedése az utóbbi két-három évben felgyorsult. A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata” című tanulmányban a magyarországi tesztüzemi hálózat szántóföldi növénytermesztő üzeleinek bevonásával kérdőíves felmérés és mélyinterjúk keretében megvizsgáltuk a precíziós, valamint talajkímélő gazdálkodás magyarországi elterjedtségét, illetve felmértük az alkalmazott technológia színvonalát. A felmérés eredményei és a tesztüzemi rendszerben rendelkezésre álló adatok felhasználásával összehasonlító vizsgálatokat végeztünk a precíziós gazdálkodás előnyeinek/hátrányainak kimutatására a hozamváltozás, inputanyag-felhasználás, termelési érték, önköltség és jövedelem vonatkozásában öt növénykultúra esetében. Az eredmények a hozamok, a termelési érték valamint az ágazati eredmény növekedését, illetve az önköltség csökkenését támasztották alá. A várakozásokkal ellentétben vizsgálataink az inputköltségek tekintetében is növekedést jeleztek, amely azzal magyarázható hogy Magyarországon az inputfelhasználás szintje jellemzően alacsony, így modern művelési módra való áttéréssel a kívánatos hozamok elérése érdekében az inputfelhasználás intenzitását növelni szükséges. A rendelkezésünkre álló adatok birtokában ágazati szinten becsléseket végeztünk a precíziós tevékenységre való áttérés makroszintű hatásaira. Majd a becslés zárásaként azt is megvizsgáltuk, hogy hogyan alakulna a beruházási költség a technológiát váltó üzemeknél.

13. Abstract

Comparative study of precision arable crop production

KEMÉNY, Gábor (eds.), LÁMFALUSI, Ibolya (eds.) and MOLNÁR, András (eds.)

The use of precision technology among arable crop farms is still less widespread in Hungary but increase of the number of producers using the technology has been accelerated in the last two-three years. In the study entitled „Comparative study of precision arable crop production” the incidence of precision and no tillage farming in Hungary and the level of used technology was examined among arable crop farms of the Hungarian Farm Accountancy Data Network system by a questionnaire survey and in-depth interviews. Using the results of the survey and the data available in the FADN system, comparative assessment was completed to explore the benefits / disadvantages of precision farming regarding attainable yield, input use, output, unit cost and income for the five most dominant arable crops in Hungary. The results confirmed that application of precision technology leads increasing yields, output, per hectare profit and unit costs. In contrast to expectations, our investigations showed also increase in input costs, which can be explained by the low initial level of input use, quite common among arable farms in Hungary. The change towards to modern technology means that intensity of input use needs to be increase in order to achieve optimaleconomic performance, that is attainable with higher yields. With the available data, we carried out sector-level estimates of the macroeconomic effects, assuming farms with similar structural characteristics introduce precision farming. Finally, the cost-benefit of investment needed for the introduction of precision technology was assessed.

14. Mellékletek

14.1. Mellékletek jegyzéke

1. melléklet: A talajkímélő művelés elterjedését gátló tényezők	144
2. melléklet: A talajkímélő művelés elterjedését elősegítő tényezők	144
3. melléklet: Az átlagos hozam alakulása a precíziós mintaüzemeknél a napraforgó esetében	145
4. melléklet: Az átlagos hozam alakulása a mintaüzemeknél a repce esetében	145
5. melléklet: Az átlagos hozam alakulása a mintaüzemeknél a cukorrépa esetében	146
6. melléklet: Technológiai szintek lehatárolása	147
7. melléklet: Shapiro–Wilk-teszt eredménye	148
8. melléklet: Az ágazati eredmény alakulása a precíziós tevékenység bevezetése előtti és az alkalmazást követő 3 év átlagában	149
9. melléklet: A termelési érték és a termelési költség hányadosának alakulása a precíziós technológia alkalmazása előtti és az azt követő 3 év átlagában	149
10. melléklet: Az egyes növények termelési költség- és területi korlátai	150
11. melléklet: A precíziós gazdálkodás és a hagyományos termelés különbségei a hagyományos gazdálkodást jellemző értékek százalékában kifejezve	151
12. melléklet: Az üzemek számának és területének változása a precíziós gazdálkodás hatására	151
13. melléklet: A termésmennyiség változása a precíziós gazdálkodás hatására	152
14. melléklet: A termelési érték változása a precíziós gazdálkodás hatására	152
15. melléklet: Az ágazati eredmény változása a precíziós gazdálkodás hatására	153
16. melléklet: A termelési költség változása a precíziós gazdálkodás hatására	153
17. melléklet: A vetőmagköltség változása a precíziós gazdálkodás hatására	154
18. melléklet: A műtrágyaköltség változása a precíziós gazdálkodás hatására	154
19. melléklet: A növényvédőszer-költség változása a precíziós gazdálkodás hatására	155
20. melléklet: Komplet gépparkcsere eszközei és költségei 2000 hektárra	155
21. melléklet: Komplet gépparkcsere eszközei és költségei 500 hektárra	156
22. melléklet: Precíziós elemekkel történő felszerelés eszközei és költségei 2000 hektárra	156
23. melléklet: Precíziós elemekkel történő felszerelés eszközei és költségei 500 hektárra	157
24. melléklet: Szoftveres felszereltség elemei és költségei 2000 hektárra	157
25. melléklet: Szoftveres felszereltség elemei és költségei 500 hektárra	157

1. melléklet: A talajkímélő művelés elterjedését gátló tényezők

Forrás: Kérdőíves felmérés alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

2. melléklet: A talajkímélő művelés elterjedését elősegítő tényezők

Forrás: Kérdőíves felmérés alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

3. melléklet: Az átlagos hozam alakulása a precíziós mintaüzemeknél a napraforgó esetében

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

4. melléklet: Az átlagos hozam alakulása a mintaüzemeknél a repce esetében

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

5. melléklet: Az átlagos hozam alakulása a mintaüzemeknél a cukorrépa esetében

Forrás: AKI Horizontális Elemzési Osztály

6. melléklet: Technológiai szintek lehatárolása

Ahogy az már az anyag és módszertan leírásánál említésre került, a számítási eredmények 4 lépést tettek szükségessé. Elsődlegesen a precíziós gazdaságok különböző technológiai szintekbe kerültek besorolásra, melyek a következők: csak sorművelést végző üzemek (I. kategória), csak kombinált tevékenységet folytató gazdaságok (II. kategória) – például alpműveléssel egybekötött tápanyag-kijuttatás –, változó tőszámú vetésre és menet közben módosítható művelésmélységre képesek (III. kategória), menedzsmentzónánként differenciált kijuttatást alkalmazók (IV. kategória), illetve egyéb technológiai elemekben precíziós technikát folytató vállalkozások (V. kategória). Az egyéb technológia esetében a válaszadók nem jelölték meg, hogy mit alkalmaznak, ezáltal a csoport adatai további elemzésekre nem alkalmasak.

A búzatermesztésben a 32 üzem csaknem fele (14 gazdaság) alakít ki menedzsmentzónákat és azok igényeinek megfelelő mennyiségben, helyspecifikusan juttatja ki a növényvédő szert és/vagy a tápanyagot. Közülük 4 precíziós gazdaság a tőszám és a művelésmélység változtatására is képes a művelés során. A termesztők közül mindössze 2 gazdaság kombinálja az agrotechnikai elemeket, illetve 11 gazdaság kizárólag sorművelést alkalmaz a termesztési gyakorlat során. A fennmaradó üzemek a felsorolásban nem szereplő technológiát alkalmaztak.

A kukorica esetében a 32 gazdaság 43,8 százaléka (14 üzem) foglalkozik magas színvonalon a precíziós termesztéstechnológia alkalmazásával, melyből szintén négyen tartoznak a III., hárman pedig a IV. kategóriába. A precíziós gazdaságok további egyharmada csakis sorművelést végez az egyes agrotechnikai elemekben.

A 27 napraforgót termesztő gazdaság egyharmada műveli a kultúrnövényét a precíziós technológia legmagasabb szintjén. Ebből mindössze 2 gazdaság változtatja vetés közben a tőszámot és/vagy a talaj művelésének mélységét és 3 üzem végzi összevontan a növénytermesztés bizonyos műveleteit. A napraforgó termesztésében a legjellemzőbb a sorművelés volt, a precíziós üzemek közel fele alkalmazta ezt a technológiát.

Őszi káposztarepcét 16 gazdaság termesztett a 2015. évben, melyből 8 üzem tartozott a IV. kategóriába, 3 gazdaság pedig a III. kategóriába került besorolásra. A művelési elemek kombinációját mindössze 1 üzem választotta, ezzel szemben az összes precíziós repcetermesztő 37,5 százaléka sorművelést végzett.

7. melléklet: Shapiro–Wilk-teszt eredménye

Kategória	Növény		Shapiro–Wilk		
			statisztika	df	szignifikancia
Nem precíziós gazdaság	Búza	Hozamátlag	0,981	33	0,805
		Termelési érték	0,973	33	0,574
		Termelési költség	0,951	33	0,140
		Ágazati eredmény	0,972	33	0,549
		Önköltség	0,979	33	0,742
	Kukorica	Hozamátlag	0,935	24	0,124
		Termelési érték	0,960	24	0,438
		Termelési költség	0,952	24	0,302
		Ágazati eredmény	0,947	24	0,231
		Önköltség	0,957	24	0,380
	Napraforgó	Hozamátlag	0,945	23	0,224
		Termelési érték	0,968	23	0,650
		Termelési költség	0,917	23	0,057
		Ágazati eredmény	0,922	23	0,074
		Önköltség	0,883	23	0,012
Precíziós gazdaság	Búza	Hozamátlag	0,980	36	0,749
		Termelési érték	0,956	36	0,165
		Termelési költség	0,969	36	0,393
		Ágazati eredmény	0,970	36	0,416
		Önköltség	0,957	36	0,170
	Kukorica	Hozamátlag	0,973	24	0,729
		Termelési érték	0,974	24	0,774
		Termelési költség	0,934	24	0,119
		Ágazati eredmény	0,941	24	0,168
		Önköltség	0,923	24	0,067
	Napraforgó	Hozamátlag	0,927	23	0,092
		Termelési érték	0,937	23	0,158
		Termelési költség	0,933	23	0,130
		Ágazati eredmény	0,949	23	0,276
		Önköltség	0,985	23	0,968

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján SPSS program segítségével készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

8. melléklet: Az ágazati eredmény alakulása a precíziós tevékenység bevezetése előtti és az alkalmazást követő 3 év átlagában

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

9. melléklet: A termelési érték és a termelési költség hányadosának alakulása a precíziós technológia alkalmazása előtti és az azt követő 3 év átlagában

Forrás: Ágazati költség- és jövedelemelszámolási adatok alapján készült az AKI Horizontális Elemzési Osztályán

10. melléklet: Az egyes növények termelési költség- és területi korlátai

		Tényadatok						Módosított adatok		
Megnevezés	gazdálkodás típusa	minimum termelési költség összesen földbérleti díj nélkül (ha-ra)	maximum termelési költség összesen földbérleti díj nélkül (ha-ra)	átlagos termelési költség összesen földbérleti díj nélkül (ha-ra)	minimum mezőgazdasági terület	maximum mezőgazdasági terület	átlagos mezőgazdasági terület	minimum mezőgazdasági terület	maximum mezőgazdasági terület	átlagos mezőgazdasági terület
		HUF	HUF	HUF	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Búza	egyéni	107 023	285 591	177 304	65	450	207	65	450	207
	társas	157 687	254 670	200 843	488	2 300	1 279	488	2 300	1 279
Kukorica	egyéni	143 424	282 026	197 295	65	583	227	65	583	227
	társas	244 759	340 006	284 011	488	514	497	488	514	497
Napraforgó	egyéni	127 416	228 357	166 249	65	583	262	65	583	262
	társas	153 519	213 062	175 190	2 300	2 300	2 300	488	2 300	2 300
Őszi káposztarepce	társas	251 483	255 246	253 140	958	1 091	1 040	65	583	284
Őszi árpa	egyéni	130 193	202 602	158 254	121	583	284	488	1 091	1 040

Megjegyzés: Szín a módosítást jelöli az eredetihez képest.
Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

11. melléklet: A precíziós gazdálkodás és a hagyományos termelés különbségei a hagyományos gazdálkodást jellemző értékek százalékában kifejezve

százalék

Megnevezés	Hozam			Ágazati eredmény			Termelési érték			Termelési költség			Vetőmag-költség			Növényvédőszer-költség			Műtrágya-költség		
	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag
Búza	107	117	114	123	233	161	108	138	117	97	147	113	74	147	96	94	148	114	126	146	135
Kukorica	102	109	105	83	205	148	111	142	120	95	130	112	102	147	117	79	156	107	86	149	118
Napraforgó	106	110	108	128	152	135	103	132	113	92	126	105	100	124	109	99	142	119	91	157	115
Őszi káposztarepce	111	111	111	140	140	140	124	124	124	119	119	119	97	97	97	137	137	137	131	131	131
Őszi árpa	105	105	105	130	130	130	113	113	113	109	109	109	114	114	114	108	108	108	123	123	123

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

12. melléklet: Az üzemek számának és területének változása a precíziós gazdálkodás hatására

Megnevezés	Üzemek száma összesen, darab	Precíziós gazdálkodásra áttérő üzemek száma, darab	Összes üzem területe, ezer hektár	Precíziós gazdálkodásra áttérő üzemek precíziós területe, ezer hektár
Búza	35 372	7 129	937,5	553,1
Kukorica	50 251	6 601	933,3	371,8
Napraforgó	22 402	4 574	585,3	221,2
Őszi árpa	13 210	1 150	203,5	34,0
Őszi káposztarepce	7 157	210	241,0	37,3

Megjegyzés: Az üzemek száma összesen a magyarországi összes üzemszámot jelöli az adott kultúra vonatkozásában.

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

13. melléklet: A termésmennyiség változása a precíziós gazdálkodás hatására

Megnevezés	Termésmennyiség összesen, millió tonna	Termésmennyiség precíziósan (minimum), millió tonna	Termésmennyiség- arány (minimum)	Termésmennyiség precíziósan (maximum), millió tonna	Termésmennyiség- arány (maximum)	Termésmennyiség precíziósan (átlag), millió tonna	Termésmennyiség- arány (átlag)
Búza	5,1	5,3	1,04	5,6	1,10	5,5	1,08
Kukorica	6,0	6,0	1,01	6,2	1,04	6,1	1,02
Napraforgó	1,5	1,6	1,02	1,6	1,04	1,6	1,03
Őszi árpa	1,0	1,0	1,01	1,0	1,01	1,0	1,01
Őszi káposztarepce	0,7	0,7	1,02	0,7	1,02	0,7	1,02

Megjegyzés: A termésmennyiség összesen az országos termésmennyiséget jelöli.

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

14. melléklet: A termelési érték változása a precíziós gazdálkodás hatására

Megnevezés	Termelési érték támogatás nélkül összesen, HUF/hektár	Termelési érték támogatás nélkül precíziósan (minimum), HUF/hektár	Termelési érték aránya, támogatás nélkül (minimum)	Termelési érték támogatás nélkül precíziósan (maximum), HUF/hektár	Termelési érték aránya, támogatás nélkül (maximum)	Termelési érték támogatás nélkül precíziósan (átlag), HUF/hektár	Termelési érték aránya, támogatás nélkül (átlag)
Búza	247 505	259 486	1,05	304 413	1,23	272 964	1,10
Kukorica	256 176	268 242	1,05	302 248	1,18	278 115	1,09
Napraforgó	170 822	172 761	1,01	191 506	1,12	179 225	1,05
Őszi árpa	44 045	44 992	1,02	44 992	1,02	44 992	1,02
Őszi káposztarepce	75 591	78 477	1,04	78 477	1,04	78 477	1,04

Megjegyzés: A termelési érték támogatás nélkül összesen az országos termelési értéket jelöli az érintett növénykultúrák vonatkozásában.

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

15. melléklet: Az ágazati eredmény változása a precíziós gazdálkodás hatására

Megnevezés	Ágazati eredmény összesen, milliárd HUF	Ágazati eredmény precíziósan (minimum), milliárd HUF	Ágazati eredmény aránya (minimum)	Ágazati eredmény precíziósan (maximum), milliárd HUF	Ágazati eredmény aránya (maximum)	Ágazati eredmény precíziósan (átlag), milliárd HUF	Ágazati eredmény aránya (átlag)
Búza	66,8	76,1	1,14	120,3	1,80	91,3	1,37
Kukorica	40,5	37,4	0,92	21,3	0,53	49,3	1,22
Napraforgó	52,7	58,5	1,11	63,4	1,20	59,9	1,14
Őszi árpa	8,4	8,9	1,05	8,9	1,05	8,9	1,05
Őszi káposztarepce	19,4	20,1	1,04	20,1	1,04	20,1	1,04

Megjegyzés: Az ágazati eredmény összesen az országos ágazati eredményt jelöli az egyes növénykultúrák vonatkozásában.
Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

16. melléklet: A termelési költség változása a precíziós gazdálkodás hatására

Megnevezés	Termelési költség összesen, milliárd HUF	Termelési költség precíziósan (minimum), milliárd HUF	Termelési költség aránya, földbérlet nélkül (minimum)	Termelési költség precíziósan (maximum), milliárd HUF	Termelési költség aránya, földbérlet nélkül (maximum)	Termelési költség precíziósan (átlag), milliárd HUF	Termelési költség aránya, földbérlet nélkül (átlag)
Búza	180,7	177,4	0,98	232,2	1,28	194,9	1,08
Kukorica	215,6	211,1	0,98	243,1	1,13	226,6	1,05
Napraforgó	118,1	114,6	0,97	129,6	1,10	120,3	1,02
Őszi árpa	35,6	36,1	1,01	36,1	1,01	36,1	1,01
Őszi káposztarepce	56,2	58,1	1,03	58,1	1,03	58,1	1,03

Megjegyzés: A termelési költség összesen az egyes ágazatok országos szintű termelési költségét jelenti.
Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

17. melléklet: A vetőmagköltség változása a precíziós gazdálkodás hatására

Megnevezés	Vetőmagköltség összesen, milliárd HUF	Vetőmagköltség precíziósan (minimum), milliárd HUF	Vetőmagköltség-arány (minimum)	Vetőmagköltség precíziósan (maximum), milliárd HUF	Vetőmagköltség-arány (maximum)	Vetőmagköltség precíziósan (átlag), milliárd HUF	Vetőmagköltség-arány (átlag)
Búza	17,935	15,194	0,85	22,89	1,28	17,51	0,98
Kukorica	32,360	32,629	1,01	38,70	1,20	34,65	1,07
Napraforgó	13,333	18,270	1,37	14,52	1,09	13,78	1,03
Őszi árpa	3,631	3,711	1,02	3,71	1,02	3,71	1,02
Őszi káposztarepce	4,458	4,435	0,99	4,44	0,99	4,44	0,99

Megjegyzés: A vetőmagköltség összesen az országos vetőmagköltséget jelenti az egyes növénykultúrák vonatkozásában.

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

18. melléklet: A műtrágyaköltség változása a precíziós gazdálkodás hatására

Megnevezés	Műtrágyaköltség összesen, milliárd HUF	Műtrágyaköltség precíziósan (minimum), milliárd HUF	Műtrágyaköltség-arány (minimum)	Műtrágyaköltség precíziósan (maximum), milliárd HUF	Műtrágyaköltség-arány (maximum)	Műtrágyaköltség precíziósan (átlag), milliárd HUF	Műtrágyaköltség-arány (átlag)
Búza	40,9	47,3	1,15	52,1	1,27	49,5	1,21
Kukorica	36,2	34,1	0,94	43,7	1,21	39,0	1,08
Napraforgó	17,5	16,9	0,97	21,0	1,20	18,4	1,05
Őszi árpa	7,5	7,8	1,04	7,8	1,04	7,8	1,04
Őszi káposztarepce	13,7	14,4	1,05	14,4	1,05	14,4	1,05

Megjegyzés: A műtrágyaköltség összesen az országos műtrágyaköltséget jelenti.

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

19. melléklet: A növényvédőszer-költség változása a precíziós gazdálkodás hatására

Megnevezés	Növényvédőszer-költség összesen, milliárd HUF	Növényvédőszer-költség precíziósan (minimum), milliárd HUF	Növényvédőszer-költség- arány (minimum)	Növényvédőszer-költség precíziósan (maximum), milliárd HUF	Növényvédőszer-költség- arány (maximum)	Növényvédőszer-költség precíziósan (átlag), milliárd HUF	Növényvédőszer-költség- arány (átlag)
Búza	21,1	20,3	0,96	27,5	1,30	23,0	1,09
Kukorica	22,4	20,5	0,91	27,6	1,23	23,1	1,03
Napraforgó	18,8	18,8	1,00	21,6	1,15	20,1	1,07
Őszi árpa	3,8	3,8	1,01	3,8	1,01	3,8	1,01
Őszi káposztarepce	10,1	10,9	1,07	10,9	1,07	10,9	1,07

Megjegyzés: A növényvédőszer-költség összesen az országos növényvédőszer-felhasználást jelenti.

Forrás: Az AKI Horizontális Elemzési Osztályán készült számítások

20. melléklet: Komplette gépparkcsere eszközei és költségei 2000 hektárra

Megnevezés	Mennyiség	Ár,tól-ig	Ár, átlag	Beszerzési költség
		darab	millió HUF	
Erőgép	300 LE traktor	2	50–60	110
	100–150 LE traktor	2	20–40	60
Önjáró permetező	1	40–100	70	70
Kombájn	2	40–130	85	170
Eke	3	6–10	8	24
Lazító	2	3–5	4	8
Kultivátor	2	10–15	12,5	25
Elmunkáló	1	8–15	11,5	11,5
Kukoricavető	2	20–45	32,5	65
Gabonavető	1	10–20	15	15
Tartálykocsi	2	5–10	7,5	15
Bálázó	1	15–40	27,5	27,5
Rakodógép	1	15–30	22,5	22,5
Átrakókocsi	2	10–15	12,5	25
Szaktanácsadás	2000		0,002	4
Szoftverek				3,6
Összesen				656,1

Forrás: KITE Zrt.

21. melléklet: **Komplett gépparkcsere eszközei és költségei 500 hektárra**

Megnevezés	Mennyiség	Ár,tól-ig	Ár, átlag	Beszerzési költség
	darab	millió HUF		
Erőgép	300 LE traktor	1	50–60	55
	100–150 LE traktor	2	20–40	30
Vontatott permetező	1	5–20	12,5	12,5
Kombájn (nem mindenkinek van)	1	40–130	85	85
Eke	1	6–10	8	8
Lazító	1	3–5	4	4
Magágykészítő	1	8–15	11,5	11,5
Kultivátor	1	3–8	5,5	5,5
Vetőgép (kukorica) 6 soros	1	10–25	11,75	11,75
Gabonavetőgép	1	6–15	10,5	10,5
Emelővilla kistraktorra (rakodóra nem költ)	1	3	3	3
Szaktanácsadás	500		0,002	1
Összesen				267,75

Forrás: KITE Zrt.

22. melléklet: **Precíziós elemekkel történő felszerelés eszközei és költségei 2000 hektárra**

Megnevezés	Mennyiség	Ár,tól-ig	Ár, átlag	Beszerzési költség
	darab	millió HUF		
Antenna+monitor nagytraktorra	2	4–5	4,5	9
Hozamtérképező + automata kormányzás kombájnra	2	1,5 millió + 4–5 millió	6	12
Vetőgép (árkülönbség)	3	5–10	7,5	22,5
Pótkocsi keréknyomásos rendszer	2	1,5–2	1,75	3,5
Szaktanácsadás	2000		0,002	4
Szoftverek				3,6
Összesen				54,6

Forrás: KITE Zrt.

23. melléklet: Precíziós elemekkel történő felszerelés eszközei és költségei 500 hektárra

Megnevezés	Mennyiség	Ár,tól-ig	Ár, átlag	Beszerzési költség
	darab		millió HUF	
Antenna+monitor nagytraktorra	1	4–5	4,5	4,5
Hozamtérképező + automata kormányzás kombájnr	1	1,5 millió + 4–5 millió	6	6
Vetőgép (árkülönbség)	2	5–10	7,5	15
Szaktanácsadás	500		0,002	1
Szoftverek				3,6
Összesen				30,1

Forrás: KITE Zrt.

24. melléklet: Szoftveres felszereltség elemei és költségei 2000 hektárra

Megnevezés	Mennyiség	Ár,tól-ig	Ár, átlag	Beszerzési költség
	darab		millió HUF	
Szaktanácsadás	2000		0,002	4
RTK-jel	6	0,125–0,250	0,1875	1,125
Szoftverek				2
Összesen				7,125

Forrás: KITE Zrt.

25. melléklet: Szoftveres felszereltség elemei és költségei 500 hektárra

Megnevezés	Mennyiség	Ár,tól-ig	Ár, átlag	Beszerzési költség
	darab		millió HUF	
Szaktanácsadás	500		0,002	1
Szoftverek				2
Összesen				3

Forrás: KITE Zrt.

15. Hivatkozások jegyzéke

1. AIOTI (2015): Smart farming and food safety Internet of Things applications – Challenges for large scale implementations. Alliance for Internet of Things Innovation (AIOTI), Brussels, 49 p.
2. Ambrus A., Burai P., Lénárt Cs., Enyedi P., Kovács Z. (2015): Estimating biomass of winter wheat using narrowband vegetation indices for precision agriculture. *Journal of Central European Green Innovation* 3 (2): 13–22.
3. American Farm Bureau (2014): American farm bureau survey shows big data use increasing, big questions remain. http://www.fb.org/newsroom/news_article/178/
4. American Farm Bureau (2016): Privacy and security principles for farm data. <http://www.fb.org/tmp/uploads/PrivacyAndSecurityPrinciplesForFarmData.pdf>
5. Anisi, M. H., Abdul-Salaam, G., Abdullah, A. H. (2015): A survey of wireless sensor network approaches and their energy consumption for monitoring farm fields in precision agriculture. *Precision Agriculture* 16: 216–238. DOI 10.1007/s11119-014-9371-8
6. Antolini, L. S., Scare, R. F., Dias, A. (2015): Adoption of precision agriculture technologies by farmers: a systematic literature review and proposition of an integrated conceptual framework. IFAMA World Conference June 14-17, 2015, Saint Paul, Minnesota, USA. Paper 1259. <http://docplayer.net/4068154-Adoption-of-precision-agriculture-technologies-by-farmers-a-systematic-literature-review-and-proposition-of-an-integrated-conceptual-framework.html>
7. Aubert, B. A., Schroeder, A., Grimaudo, J. (2012): IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems* 54: 510–520. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>
8. Auernhammer, H. (2001): Precision farming – the environmental challenge. *Computer and Electronics in Agriculture* 30: 31–43.
9. Ádám J. (2007): Globális geodéziai megfigyelőrendszer. *Magyar Tudomány* 167 (5): 563–576.
10. Balsari, P., Marucco, P., Tamagnone, M. (2009): A crop identification system (CIS) to optimise pesticide applications in orchards. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology ISAFRUIT Special Issue* 113–116.
11. Banhazi, T. M., Lehr, H., Black, J. L., Crabtree, H., Schofield, P., Tschärke, M., Berckmans, D. (2012): Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. *Int. J. Agric & Biol Eng.* 5 (3): 1–9.
12. Benedek Sz. (2011): Precíziós tápanyag-gazdálkodási technológiák alkalmazása Dalmandon. *Agro Napló* 5: 45–46. <http://agronaplo.hu/szakfolyoirat/2011/05/szantofold/precizios-tapanyag-gazdalkodasi-technologiak-alkalmazasa-dalmandon>
13. Berckmans, D. (2014): Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 33 (1): 189–196.
14. Béri B. (2011): Tartástechnológia – Automatizálás az állattenyésztésben. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_15_Tartastechnologia/ch14.html

15. Bernardi, A. C. de C., Inamasu, R. Y. (2014): Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In Bernardi, A. C. de C., Naime, J. de M., Resende, A. V. de, Bassoi, L. H., Inamasu, R. Y. (eds): *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF, Embrapa, 559–577.
16. Berry, J. K. (1999): *The precision farming primer – GIS technology and site-specific management in production agriculture*. BASIS Inc., Colorado, USA
<http://www.innovativegis.com/basis/pfprimer/>
17. Biermacher, J. T., Epplin, F. M., Brorsen, B. W., Solie, J. B., Raun, W. R. (2009): Economic feasibility of site-specific optical sensing for managing nitrogen fertilizer for growing wheat. *Precision Agriculture* 10: 213–230.
18. Birkás M. (1997): A talajhasználat és talajművelés EU-konform fejlesztésének területei, rövid és hosszútávú teendői. In Kerekes S., Kiss K. (szerk.): *Zöld belépő: EU-csatlakozásunk környezeti szempontú vizsgálata*. BKÁE, Budapest
19. Birkás M. (2008): A mulcsművelés hazai gyakorlata. *Agrofórum* 19 (8): 27–30.
20. Blackmore, B. S., Griepentrog, H-W. (2002): A future view of precision farming. *KTBL Sonderveröffentlichung*, Vol. 038: 131–145.
21. Blackmore, S. (2016a): Farming with robots. PREGA konferencia, 2016. 02. 22., Budapest
22. Blackmore, S. (2016b): Toward robotic agriculture. Smart technologies for sustainable agriculture, Symposium Handouts, London
http://adamchukpa.mcgill.ca/ukca_workshop/UK-Canada_Workshop_2016_Handouts.pdf
23. Blackshaw, R. E., O'Donovan, J. T., Harker, K. N., Clayton, G. W., Stougaard, R. N. (2006): Reduced herbicide doses in field crops: A review. *Weed Biology and Management* 6: 10–17.
24. Bora, G. C., Nowatzki, J. F., Roberts, D. C. (2012): Energy savings by adopting precision agriculture in rural USA. *Sustainability and Society* 2 (22)
25. Borsiczky I., Reisinger P. (2013): Precíziós megoldások a gyomnövények ellen. *Biokultúra* 2013/2
26. Business Intelligence and Strategy Research (2015): *Precision Irrigation Market - By System (Sprinkler System, Center Pivot System, Variable Rate Irrigation, & Service); Application (Agriculture, Sport, Public Park, Garden, Lawn, and Greenhouse & Nursery) - Global Analysis & Forecast, 2015 to 2020*.
<http://bisresearch.com/industry-verticals/agriculture-technologies/precision-irrigation-market-research-report-forecast-610.html>
27. Business Intelligence and Strategy Research (2016): *Global Precision Agriculture Market - Analysis & Forecast, 2016-2022*.
<http://bisresearch.com/industry-verticals/agriculture-technologies/global-precision-agriculture-industry-forecast.html>
28. Castle, M., Lubben, B. D., Luck, J. (2015): Precision agriculture usage and big agriculture data. *Cornhusker Economics*. University of Nebraska
<http://agecon.unl.edu/precision-agriculture-usage-and-big-agriculture-data>
29. CEMA (2014): Precision farming - producing more with less.
<http://www.cema-agri.org/page/precision-farming-0>

30. CEMA (2015): Towards a New Strategic Agenda for the Common Agricultural Policy (CAP) after 2020.
[http://cema-agri.org/sites/default/files/publications/A New Strategic Agenda for the CAP after 2020.pdf](http://cema-agri.org/sites/default/files/publications/A%20New%20Strategic%20Agenda%20for%20the%20CAP%20after%202020.pdf)
31. Chavas, J. P. (2008): A cost approach to economic analysis under state-contingent production uncertainty. *American Journal of Agricultural Economics* 90(2): 435–446.
32. Copa – Cogeca (2016a): Main principles underpinning the collection, use and exchange of agricultural data. QJ(16)2689:6 – DA/FG/mvs.
<http://www.copa-cogeca.be/Download.ashx?ID=1566736&fmt=pdf>
33. Copa – Cogeca (2016b): Position of European farmers and cooperatives on the use of remotely piloted aircraft systems (RPAS) in agriculture. AT(16)1807:4 – DA/mvs.
<http://www.copa-cogeca.be/Download.ashx?ID=1513051&fmt=pdf>
34. Corsini, L., Wagner, K., Gocke, A., Kurth, T. (2015): Crop farming 2030 - The reinvention of the sector. Boston Consulting Group
35. Csathó P., Horváth J., Mesterházi P. Á., Milics G., Nagy L., Neményi M., Németh T., Pecze Zs., Szabó J. (2007): Hazai gyakorlati tapasztalatok. In Németh T., Neményi M., Harnos Zs. (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE PRESS – MTA TAKI, Szeged, 229–239.
36. Davies, J. (2016): How sound technology detects health problems in broilers. *Farmers Weekly*
<http://www.fwi.co.uk/poultry/how-sound-technology-detects-health-problems-in-broilers.htm>
37. DEFRA (2013): Farm practices survey October 2012 – Current farming issues. Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK
<https://www.gov.uk/government/statistics/farm-practices-survey-october-2012-current-farming-issues>
38. Demes Gy. (2015): Az erózió elleni védelem a KITE és a JOHN DEERE precíziós megoldásaival. Agroforum Online
<http://www.agroforum.hu/hirek/az-erozio-elleni-vedelem-kite-es-john-deere-precizios-megoldasaival>
39. Doruchowski, G., Swiechowski, W., Godyn, A., Holownicki, R. (2011): Automatically controlled sprayer to implement spray drift reducing application strategies in orchards. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 19 (1): 175–182.
40. Dressler, N., Gundermann, S., Keese, S., Aulbur, W., Zhang, J., Amichi, S., Marinoni, A., Nagashima, S., Cherkin, E. (2015): Business opportunities in Precision Farming: Will big data feed the world in the future? Roland Berger Strategy Consultants GmbH
https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_business_opportunities_in_precision_farming_20150803.pdf
41. EASA (2015): Javaslat a drónok üzemeltetésére vonatkozó közös európai szabályozás létrehozására.
[https://www.easa.europa.eu/download/ANPA-translations/205933_EASA_Summary of the ANPA_HU.pdf](https://www.easa.europa.eu/download/ANPA-translations/205933_EASA_Summary_of_the_ANPA_HU.pdf)
42. EC (2016): Horizon 2020 Work Program 2016-2017. Food security, sustainable agriculture and forestry, marine and maritime and inland water research and bioeconomy.
http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2016_2017/main/h2020-wp1617-food_en.pdf

43. EIP-AGRI (2015): Precision Farming Final Report.
https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_focus_group_on_precision_farming_final_report_2015.pdf
44. EK (2009): Az Európai Parlament és a Tanács 2009/24/EK irányelve (2009. április 23.) a számítógépi programok jogi védelméről.
45. EP (2016): Az innováció és a gazdasági fejlődés előmozdítása a jövőbeli európai mezőgazdasági gazdálkodásban. Európai Parlament 2016. június 7-i állásfoglalása.
<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//P//TEXT+TA+P8-TA-2016-0252+0+DOC+XML+V0//HU>
46. Erickson, B., Widmar, D. A. (2015): Precision agricultural services dealership survey results. Dept. of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 37 p.
<http://agribusiness.purdue.edu/files/resources/2015-crop-life-purdue-precision-dealer-survey.pdf>
47. ESA (2010): ESA's TalkingFields guides European farmers from space.
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/TTP2/ESA_s_TalkingFields_guides_European_farmers_from_space
48. EU (2016): Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/679 Rendelete (2016. április 27.) természetes személyeknek a személyes adatok kezelése tekintetében történő védelméről és az ilyen adatok szabad áramlásáról, valamint a 95/46/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (általános adatvédelmi rendelet).
49. EurActiv (2016): Precision agriculture: future of the CAP? Stakeholder conference,
<https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/video/precision-agriculture-future-of-the-cap/>
50. European GNSS Agency (2015): GNSS Market Report, Issue 4. – Agriculture. Publication Office of the EU, Luxemburg, 56–63. https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/Agriculture_0.pdf
51. Farkas I. (2015): Robotpilóta-rendszerek a precíziós gazdálkodásban. Agroinform.hu
<http://www.agroinform.com/gepeszet/robotpilota-rendszerek-a-precizios-azdalkodasban-21555>
52. Ferencsik S. (2015): A kukorica hagyományos és csökkentett menetszámú talajművelési rendszereinek komplex elemzése. PhD-értekezés (Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola). 120 p.
53. FM (2016): Magyarország élelmiszergazdasági programja 2016–2050.
http://www.kormany.hu/download/7/30/d0000/Élelmiszergazdasági_stratégia_2016-2050.pdf
54. Franzen, D., Mulla, D. (2015): A history of precision farming. In Zhang Q. (ed.): Precision agriculture technology for crop farming. CRC Press, Boca Raton/London/New York, 1–20.
55. Fontana, I., Tullo, E., Fernandez, A. P., Berckmans, D., Koenders, E., Vranken, E., McKinstry, J., Butterworth, A., Guarino, M. (2015): Frequency analysis of vocalisations in relation to the growth in broiler chicken. Proceedings of 7th European Conference on Precision Livestock Farming, Milan, Italy, 174–182.
56. Fountas, A., Pedersen, S. M., Blackmore, S. (2005): ICT in Precision agriculture - diffusion of technology. In Gelb, E., Offer, A. (eds.): ICT in agriculture: perspective of technological innovation. <http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-pedersen-5.pdf>
57. Fountas, S., Carli, G., Sorensen, C. G., Tsiropoulos, Z., Cavalaris, C., Vatsanidou, A., Liakos, B., Canavari, M., Wiebensohn, J., Tisserye, B. (2015): Farm management information systems: Current situation and future perspectives. Computers and Electronics in Agriculture 115: 40–50.

58. Gandonou, J. M., Dillon, C., Harman, W., Williams, J. (2004): Precision farming as a tool in reducing environmental damages in developing countries: a case study of cotton production in Benin. American Agricultural Economics Association. Annual Meeting.
<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/20086/1/sp04ga02.pdf> [Letöltve: 2008.11.15.] 22 p.
59. Györfly B. (2000): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. Agrofórum 11 (2): 1–4.
60. Hajdú J. (2015): Öntözni csak kíméletesen és precíziósan szabad. Mezőgazdasági Technika 3: 18–20.
61. Haszon Agrár Magazin (2013): Mikro öntözés – maxi haszon.
<http://www.haszonagr.hu/mezogepek/992-mikro-ontoezes-maxi-haszon.html>
62. Hedley, C. (2010): Precision irrigation scheduling. Landcare Research, NZ.
<http://www.precisionirrigation.co.nz/en/downloads/file/4/>
63. Hogan, P. (2016): Europe's opportunity in digital agriculture. EU Workshop 14th January 2016, Brussels.
http://ec.europa.eu/agriculture/commissioner-speeches/pdf/hogan-digital-agriculture-workshop-14-01-2016_en.pdf
64. Husti I. (2015): A sávművelés néhány műszaki-ökonomiai kérdése hazánkban. Mezőgazdasági Technika 56 (8): 26–29.
65. INTA (2013): Competitividad y eficiencia – Tecnología precisa. INTA informa Año XII. #135
http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2013/06/135_AP.pdf
66. IVSZ (2016a): Nemzeti e-agrárium stratégia helyzetkép.
<http://www.slideshare.net/IVSZ/nemzeti-eagrium-strategia-helyzetkp>
67. IVSZ (2016b): Digitális Agrár Stratégia.
<http://ivsz.hu/wp-content/uploads/2016/06/ivsz-digitalis-agrar-strategia-2016.pdf>
68. Jacobsen, L-B., Pedersen, S. M., Jensen, H. G., Kirketerp-Scavenius, I. M. (2011): Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems. Future Farm Project. 1–24.
http://www.futurefarm.eu/system/files/FFD5.8_Socioeconomic_Impact_PF_CTF_final.pdf
69. Jensen, H. G., Jacobsen, L-B., Pedersen, S. M., Tavella, E. (2012): Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark. Precision Agric 13: 661–677.
70. Jóri J. I., Farkas Zs., Kerényi Gy., Salamon S., Soós S., Sente M. (2007): A talajművelő gépek feladatai, lehetőségei és műszaki megoldásai a számítógéppel támogatott mezőgazdaságban (CAF). OTKA Munkabeszámoló. http://real.mtak.hu/1032/1/43355_ZJ1.pdf
71. Jung A., Hegedüs B., Drexler D. (2015a): Field spectroscopy for precision organic production. Acta fytotechn. zootechn. 18 (Special Issue): 68-70. DOI 10.15414/afz.2015.18.si.68-70
72. Jung, A., Vohland, M., Thiele-Bruhn, S. (2015b): Use of a portable camera for proximal soil sensing with hyperspectral image data. Remote Sensing 7: 11434–11448. DOI 10.3390/rs70911434
73. Kalmár S. (2010): A precíziós növénytermelés üzemgazdasági összefüggései. PhD-értekezés (NYME Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar). 158 p.
74. Karpjuk Gy. (2016): A GPS-technológia alkalmazása a mezőgazdasági bérvállalkozásban. In Erdei G., Milics G. (szerk.): Precíziós Gazdálkodás – Digitalizáción innen és túl. 35. p.

75. KITE (2015): KITE precíziós gazdálkodás. <http://www.precgazd.hu/letoltesek>
76. KITE (2016a): Erózió elleni védelem precíziós megoldásai. <http://www.precgazd.hu/letoltesek>
77. KITE (2016b): Itt az ideje a precíziós öntözésnek. http://www.kite.hu/hirek/itt_az_ideje_a_precizios_oentoezesnek/172
78. KITE (2016c): Komplex szaktanácsadási szolgáltatás. <http://www.precgazd.hu/letoltesek>
79. Kovács K. (2011): Informatika az állattenyésztésben. *Agrárrium* 21: 6–7.
80. Könyves L., Reibling T., Bodor A., Brydl E., Adorján A., Solymosi N. (2015): Egy precíziós állattartási projekt tapasztalatai. *Magyar Állatorvosok Lapja* 137 (12): 719–727.
81. KSH (2015): A gazdaságok jellemzői a 2013. évi gazdaságszerkezeti összeírás alapján. http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/gszo/gazdjell_gszo13.pdf
82. KSH (2016): *Agrárrium 2016 (előzetes adatok). Statisztikai Tükör 2016.* november 22.
83. Kuroli G., Lehoczky É., Pálmai O., Reisinger P. (2007): A precíziós növényvédelem. In Németh T., Neményi M., Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana.* JATE PRESS – MTA TAKI, Szeged, 77–137.
84. Kuttler T., Tiemann, S., Siebert R., Fountas, S. (2011): The role of the communication and co-operation in the adoption of precision farming. *Precision Agriculture* 12: 2–17. DOI 10.1007/s11119-009-9150-0
85. Lee, W. S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D., Li, C. (2010): Sensing technologies for precision specialty crop production. *Computers and Electronics in Agriculture* 74: 2–33.
86. Lencsés E. (2013): A precíziós (helyspecifikus) növénytermelés gazdasági értékelése. PhD-értekezés (SZIE GSZDI). 179 p.
87. Lencsés E., Takács I., Takács-György K. (2014): Farmers' perception of precision farming technology among Hungarian farmers. *Sustainability* 6: 8452–8465. DOI 10.3390/su6128452
88. Llewellyn, R., Ouzman, J. (2014): Adoption of precision agriculture-related practices: status, opportunities and the role of farm advisers. Report for Grain Research and Development Corporation. CSIRO Agriculture Flagship.
89. Lowenberg-DeBoer, J., Swinton, S. M. (1997): Economics of site-specific management in agronomic crops. In Pierce, F. J., Sadlet, E. J. (eds.): *The State of Site-specific Management for Agricultural Systems.* Madison WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 369–396.
90. Maler, T. (2015): Interview: EU precision farming needs policy support to grow. Agra Europe <https://www.agra-net.com/agra/agra-europe/policy-and-legislation/environment/interview-eu-precision-farming-needs-policy-support-to-grow-484952.htm>
91. MarketsandMarkets (2016): Precision Farming Market by Technology (Guidance Systems, Remote Sensing, and Variable Rate Technology), by Hardware (Display, GPS/GNSS Devices, Yield Monitor, and Sensor) and Software & Services, Application, and Geography – Global Forecast to 2020. <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/precision-farming-market-1243.html>
92. MASSEY FERGUSON (2014): Technológiai megoldások a Massey Fergusontól. http://www.bedenek.hu/prospektusok/15372_MF_Tech_solutions_24pp_Hungarian.pdf

93. Matese, A., Di Gennaro, A. F. (2015): Technology in precision viticulture: a state of the art review. *International Journal of Wine Research* 7: 69–81.
94. Mesterházi P. Á. (2013): Development of measurement technique for GPS-aided plant production. Doctoral Dissertation (University of West-Hungary). 143 p.
95. Milics G., Neményi M. (2007): Az adatgyűjtés műszaki és informatikai háttere. In Németh T., Neményi M., Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE PRESS – MTA TAKI, Szeged, 139–158.
96. Milics G., Neményi M., Mesterházi P. Á. (2006): Növényi kártevők érzékelése infraszennzorral. In Takácsné György K. (szerk.): *Növényvédő szer használat csökkentés gazdasági hatásai*. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 41–45.
97. Milics G., Smuk N., Pörneczi A. (2014): Precíziós gazdálkodás 2. A hozamméréstől a hozamtérképig. *Agrofórum Extra* 57: 90–93.
98. Milics G., Tamás J. (2007): Helymeghatározás. In Németh T., Neményi M., Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE PRESS – MTA TAKI, Szeged, 15–37.
99. MINAGRO (2015): Deere&Company Will Launch New Projects in Ukraine. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, <http://minagro.gov.ua/en/node/16480>
100. Mogyorósi B., Schmidt R., Gergely I., Schmidt P. (2011): OptRXTM szenzor alkalmazásával meghatározott nitrogénfejtárgya-adagok hatása az őszi búza nedvessikér-tartalmára. *Acta Agronomica Óváriensis* 53 (2): 3–14.
101. Molnár I., Pecze Zs. (2002): Precíziós gazdálkodási technológia Baracskán. *Börtönügyi Szemle* 21 (4): 139–146.
http://epa.oszk.hu/02700/02705/00052/pdf/EPA02705_bortonugyi_szemle_2002_4_139-146.pdf
102. Montgomery, J., Hornbuckle, J., Hume, I., Vleeshouwer, J. (2015): IrriSAT – weather based scheduling and benchmarking technology. In Acuña, T., Moeller, C., Parsons, D., Harrison, M. (eds.): *Building Productive, Diverse and Sustainable Landscapes*. Proceedings of the 17th Australian Agronomy Conference 2015, 21–24 September 2015, Hobart, Tas.
<http://www.agronomy2015.com.au/papers/agronomy2015final00449.pdf>
103. Nagy A., Riczu P., Tamás J. (2014): Almafa lisztharmat (*Podosphaera leucotricha*) okozta stressz tüneteinek spektrális érzékelése. *Agrártudományi Közlemények* 55: 83–88.
104. Nagy B. (2012): Megéri-e GPS-t használni a mezőgazdasági növénytermesztésben? *Agrárágazat* 2012. február, 78–80.
105. Neményi M., Mesterházi P. Á., Pecze Zs., Stépán Zs. (2003): The role of GIS and GPS in precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture* 40: 45–55.
106. Neményi M., Pecze Zs., Mesterházi P. Á., Németh T. (2001): A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. *Növénytermelés* 50 (4): 419–430.
107. Németh T., Neményi M., Harnos Zs. (szerk.) (2007): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE PRESS – MTA TAKI, Szeged, 240 p.
108. Neuwald T., Tuzson G. (2016): Közelgő drón szabályozás változások. Drónpilóták Országos Egyesülete <http://fpvvegyesulet.hu/kozelgo-dron-szabalyozas-valtozasok/>

109. NFM (2016): A pilóta nélküli légijárművekről szóló előterjesztés. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2016. december 23.
<http://www.kormany.hu/hu/dok?source=9&year=2016#!DocumentBrowse>
110. Noel G. (2003): Szántóföldi kertészeti kultúrák öntözése a KITE Rt. mikroöntöző rendszerével. *Agrárágazat* 4(5): 30.
<http://www.pointernet.pds.hu/ujsagok/agraragazat/2003/06/20090210201212896000000410.html>
111. Nuske, S., Achar, S., Bates, T., Narasimhan, S., Singh, S. (2011): Yield estimation in vineyards by visual grape detection. International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 25-30 Sept. 2011, San Francisco, CA, 2652–2358.
http://www.cs.cmu.edu/~sachar/grape_iros2011.pdf
112. OECD (2016): Farm management practices to foster green growth. OECD Publishing, Paris. DOI 10.1787/9789264238657-en
113. Qian, J-P., Yang, X-T., Wu X-M., Xing B., Wu, B-G., Li, M. (2015): Farm and environment information bidirectional aqusution system with individual tree identification using smartphones for orchard precision management. *Computers and Electronics in Agriculture* 116: 101–108.
114. Pecze Zs. (2009): Az IKR Zrt. fejlesztési eredményei a precíziós gyomirtásban. Dr. Ujvárosi Miklós Gyomismereti Társaság és a Magyar Gyomkutató Társaság Konferenciája, 2009. március 5–7., Salgótarján, <http://www.hwrs.hu/download/hazai/ujvarosi2009.pdf>
115. Pecze Zs. (2015): TALAJINFO – gyors, precíz és áttekinthető megoldás. *Agrár Horizont* 2 (1): 36–38.
116. Pólya Á., Varanka M. (2015): Információszerzés és döntéstámogatás az agráriumban. Piackutatói jelentés. *AgroStratégia*,
http://agrostrategia.hu/letoltesek/AgroStrategia_kutatasi_jelentes_2015_standard.pdf
117. Reisinger P. (2012): A precíziós növénytermesztés hazai helyzete, eddig elért fejlesztési eredmények és perspektívák. *Magyar Gyomkutató és Technológia XIII.* (1): 3–19.
118. Riczu P., Csihon Á., Nagy G., Nagy A., Tamás J. (2016): Lézerszkennő alapú almadetektálás. *Gradus* 3 (1): 263–267.
119. Riczu P., Mesterházi P. Á., Fórián T., Fehér G., Bíró J., Tamás J. (2012): Mezőgazdasági erőgépek automatikus kormányzásának pontossági vizsgálata. In Lóki J. (szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában III.* Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 337–344.
120. Riczu P., Nagy A., Bozsik É., Gálya B., Mesterházi P. Á., Tamás J. (2013): Complex vegetation survey in a fruit plantation by spectral instruments. *Agricultural Informatics* 4 (2): 37–42.
121. Riczu P., Tamás J. (2013): Intenzív almaültetvény mikrodomborzat-vizsgálata precíziós eszközök alkalmazásával. *Magyar Hidrológiai Társaság XXXI. Országos Vándorgyűlés*, 2013. július 3–5. Gödöllő,
http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/31/dolgozatok/word/174_riczu_peter.pdf
122. Rider, T. W., Vogel, J. W., Dille, J. A., Dhuyvetter, K. C., Kastens, T. L. (2006): An economic evaluation of site-specific herbicide application. *Precision Agriculture* 7: 379–392.
123. Romeo, S. (2016): Overview on smart farming – White Paper, Beecham Research,
<http://www.rethinkevents.com/wp/wp-content/uploads/2016/01/BRL-Smart-Farming-White-Paper-2015-SR.pdf>

124. Sa, J., Ju, M., Han, S., Kim, H., Chung, Y., Park, D. (2015): Detection of low-weight pigs by using a top-view camera. Proceedings of ISCC 18-19 December 2015, Guangzhou, China, Paper 24 http://pos.sissa.it/archive/conferences/264/024/ISCC2015_024.pdf
125. Schiffer, J., Dillon, C. (2014): The economic and environmental impacts of precision agriculture and interactions with agro-environmental policy. *Precision Agric* 16: 46–61
126. Schimmelpfennig, D., Ebel, R. (2011): On the doorstep of the information age: Recent adoption of precision agriculture. *Economic Information Bulletin* 80., USDA, 31 p.
127. Schumann, A. W. (2010): Precise placement and variable rate fertilizer application technologies for horticultural crops. *HortTechnology* 20 (1): 34–40.
128. Sinka A., Mesterházi P. Á. (2014): Effects of precision farming in large scale farming practice. *Journal of Central European Green Innovation* 2 (4): 119–128.
129. Sinka A., Takácsné György K. (2010): A sávpermetezés jelentősége a kukorica gyomszabályozásában. In Lukács G., Sűrű B. (szerk.): *Gazdaságosság és/vagy biodiverzitás. LII. Georgikon napok kivonatkötete. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely*, 1–10.
130. Smuk N., Milics G., Neményi M. (2010): Jövedelemtérképek a precíziós növénytermelésben. *Gazdálkodás* 54 (2): 176–181.
131. Smuk N., Milics G., Salamon L., Neményi M. (2009): A precíziós gazdálkodás beruházásainak megtérülése. *Gazdálkodás* 53 (3): 246–253.
132. Soane, B. D., Van Ouwerkerk, C. (1998): Soil compaction: A global threat to sustainable land use. *Advances in GeoEcology* 31: 517–525.
133. Stafford, J. V., Ambler, B. (1994): In-field location using GPS for spatially variable field operations. *Computers and Electronics in Agriculture* 11: 23–36.
134. Steinhauser, G. (2014): CLAAS Telematics – Alapfelszereltség és három verzió. *Agritech 2014. szeptember*, 6–7.
http://www.axial.hu/upload_files/flippingbook/1411649888-agritech-201403.pdf
135. STOA (2016): Precision agriculture and the future of farming in Europe. EU, Brussels.
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_TU\(2016\)581892_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_TU(2016)581892_EN.pdf)
136. Stombaugh, T. S., Mueller, T. G., Shearer, S. A., Dillon, C. R., Henson, G. T. (2001): Guidelines for adopting precision agricultural practices. PA-2. Cooperative Extension Service, University of Kentucky, 4.
137. Sulyok D. (2005): Különböző talajművelési rendszerek agronómiai és ökonómiai értékelése. *Agrártudományi Közlemények* 16: 255–258.
138. Sulyok D. (2012): A precíziós kukoricatermesztés gazdasági kérdései csernozjom talajon. *Acta Agraria Debreceniensis* 49: 293–296.
139. Sulyok D. (2016): A precíziós gazdálkodás a Balogh-Farmon. A profi gazdálkodók napja, 2016.11.03, Kecskemét
140. Szabó J., Milics G., Tamás J., Pásztor L. (2007): Térinformatika a precíziós mezőgazdaságban (GIS). In Németh T., Neményi M., Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE PRESS – MTA TAKI, Szeged*, 39–62.
141. Szabó Sz., Milics G. (2016): Zérótól a precíziós gazdálkodásig II. Tábla kiválasztása, elemzése talajmintázás és kiértékelés. *Agronapló* 4: 56–58.

142. Szuvandzsiev P., Bakó G., Helyes L., Pék Z. (2014): Spektroszkópiás vizsgálatok alkalmazási lehetőségei a málna, a szamóca és a paradicsom minőségi paramétereinek meghatározására. *Kertgazdaság* 46 (1): 17–23.
143. Takács I., Baranyai Zs. (2010): A bizalom és függőség szerepe a családi gazdaságok együttműködésében végzett gépi munkákban. *Gazdálkodás* 54 (7): 740–749.
144. Takács-György K. (2007): Economic aspects of chemical reduction in farming – future role of precision farming. *Food Economics – Acta Agriculturae Scandinavica. Section C*, 5 (2): 114–122. DOI 10.1080/16507540903093242
145. Takácsné György K., Széll E., Lencsés E. (2009): Kukorica gyomirtási technológiák gazdasági értékelése. *Agrofórum Extra* 27: 72–75.
146. Takácsné György K. (2010): Precíziós növénytermelés növényvédő szer használatának gazdasági hatásai. *Gazdálkodás* 54 (4): 368–376.
147. Takácsné György K. (2011): A precíziós növénytermelés közgazdasági összefüggései. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 249 p.
148. Takácsné György K., Sinka A., Lencsés E., (2011): A sávpermetezés gazdasági összefüggései – üzemi tapasztalatok alapján. In: Lukács G (szerk.): Fenntarthatóság és versenyképesség? LIII. Georgikon Napok. Kivonat-kötet. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 717-731.
149. Takács-György K., Takács I. (2011): Risk assessment and examination of economic aspects of precision weed management. *Sustainability* 3: 1114–1135. DOI 10.3390/su3081114
150. Takácsné György K. (2015): Agrárinnováció a gyakorlatban – avagy miért ilyen lassú a helyspecifikus növénytermelés terjedése? *Gazdálkodás* 59 (6): 517–526.
151. Tamás J. (2001): Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 144 p.
152. Tamás J. (2002): Precíziós mezőgazdaság. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 170 p.
153. Tamás J. (2013): Precision Agriculture. University of Debrecen, Service Sciences Methodology Centre, Debrecen, 109 p.
154. Tamás J. (2016): Amikor nincs víz a területen – aszály. MTA 187. közgyűlése. http://mta.hu/mta_hirei/viztudomanyi-program-konferencia-ader-janos-lovasz-laszlo-nemeth-tamas-szollosi-nagy-andras-106633
155. Technavio (2015): Global precision agriculture market 2015-2019. <http://www.technavio.com/report/global-agricultural-equipment-precision-agriculture-market>
156. Tey, Y. S., Brindal, M. (2012): Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision Agriculture* 13: 713–730. DOI 10.1007/s11119-012-9273-6
157. Tóth Á. (2011): Rádiófrekvencián alapuló egyedazonosítási módszer alkalmazhatóságának vizsgálata különböző baromfifajokban. Doktori értekezés (Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár). <http://doktori.nyme.hu/335/>
158. Tóth B. (2015): PREGA kutatás. Agroinform.hu – Market Insight
159. Tóth L. (1998): Állattartási technika. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 764 p.
160. Tóth L. (2013): Precíziós állattartás. *Agrárium Állattartási melléklet* 23 (10): 24–25.

161. Tóth L., Bak J., Schrempf N., Fogarasi L., Barkóczy T. (2009): Adatgyűjtővel ellátott állatazonosító rendszerek. OTKA Munkabeszámoló, http://real.mtak.hu/803/1/42820_ZJ1.pdf
162. Tullo, E., Fontana, I., Guarino, M. (2013): Precision livestock farming: an overview of image and sound labelling. Proceedings of the 6th International Conference in Precision Livestock Farming, Leuven, Belgium, 30–38.
163. Underwood, E., Baldock, D., Aiking, H., Buckwell, A., Dooley, E., Freligh-Larsen, A., Naumann, S., O'Connor, C., Poláková, J., Tucker, G. (2013): A fenntartható élelmiszeripar és mezőgazdaság alternatívái az EU-ban. Összefoglaló jelentés a STOA „Technológiai alternatívák 10 milliárd ember élelmezésére” projektjéről. Európai Környezetpolitikai Intézet, London/Brüsszel
164. USDA (2013): Economic Research Service Charts, United States Department of Agriculture <http://www.ers.usda.gov/>
165. USDA (2016): Precision Farming Incentive. http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/ms/home/?cid=nrcs141p2_022781
166. Väderstad (2016): Alkalmazott eljárások. <http://www.vaderstad.com/hu/tudastar/alkalmazott-eljarasok>
167. Veris (2012): Precise mapping of major soil productivity indicators using on-the-go soil sensors. White Paper, Veris Technologies Inc. http://veristech.com/pdf_files/opticmapper/White_Paper_MSP3_2012.pdf
168. Vigani, M., Crezo, E. R., Barero, M. G. (2015): The determinants of wheat yields: The role of sustainable innovation, policies and risks in France and Hungary. JRC Science and Policy Reports. EUR 27246 EN; DOI 10.2791/470542
169. Wang, Q., Nuske, S., Bergerman, M., Singh, S. (2012): Automated crop yield estimation for apple orchards. Proc. International Symposium on Experimental Robotics, June 2012, Quebec City https://www.ri.cmu.edu/pub_files/2012/7/2012iserApple.pdf
170. Weiss, M. D. (1996): Precision farming and spatial economic analysis: Research challenges and opportunities. American Journal of Agricultural Economics 78 (5): 1275–1280.
171. Wolf, S. A., Buttel, F. H. (1996): The political economy of precision farming. American Journal of Agricultural Economics 78 (5): 1269–1274.
172. Wulfsohn, D., Zamora Lagos, I. (2014): The use of a multirotor and high-resolution imaging for precision horticulture in Chile: an industry perspective. 12th International Conference on Precision Agriculture, Sacramento, California, USA, Paper No. 1688., 15 p.
173. Yang, Ch., Lee, W. S. (2013): Precision agricultural systems. In Zhang, Q., Pierce, F. J. (eds.): Agricultural automation, Fundamentals and practices. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 63–96.
174. Zarco-Tejada, O., Hubbard, N., Loudjani, P. (2014): Precision agriculture: an opportunity for EU farmers – Potential support with the CAP 2014-2020. EP DG for Internal Policies, http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT%282014%29529049_EN.pdf
175. Zboray Z. (2016): Az első Sentinel-2A űrfelvételek Magyarországról. Űrvilág http://www.urvilag.hu/nyomtat/gmes/20160113_az_első_sentinel2a_urfelvetelek_magyarorszagrol

176. Zeigler, M., Steensland, A. (2015): 2015 Global Agricultural Productivity Report. Global Harvest Initiative, Washington DC, USA
http://www.globalharvestinitiative.org/GAP/2015_GAP_Report.pdf
177. Zhang, Ch., Kovacs, J. M. (2012): The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture* 13: 693–712., DOI 10.1007/s11119-012-9274-5
178. Zhang, N., Wang, M., Wang, N. (2002): Precision agriculture – a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture* 36: 113–132.
179. Zhang, X., Shi, L., Jia, X., Seielstad, G., Helgason, C. (2010): Zone mapping application for precision-farming: a decision support tool for variable rate application. *Precision Agriculture* 11: 103–114., DOI 10.1007/s11119-009-9130-4
180. Zude-Sasse, M., Fountas, S., Gemtos, T. A., Abu-Khalaf, N. (2016): Application of precision agriculture in horticultural crops. *Eur. J. Hortic. Sci.* 81 (2): 78–90.