



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

A precíziós vetéstechnológia kukoricahozamra gyakorolt hatásának vizsgálata – esettanulmány

**HORVÁTHNÉ KOVÁCS BERNADETT – BARNA RÓBERT –
CSONKA ÁRNOLD – TÓTH KATALIN – HOFFMANN RICHÁRD**

Kulcsszavak: adatalapú döntéshozatal, precíziós gazdálkodás, lineáris modell, kukoricahozam, vetéstechnológia
JEL-kód: C12, C51, Q12, Q16

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Somogy megyei mintaterületen végeztünk vizsgálatokat precíziós vető- és betakarítógépek gyűjtött adatainak felhasználásával. A vizsgálat célja volt, hogy a differenciált tőszámú vetéssel kapcsolatos vezetői döntések megalapozásában segítséget adjunk a gazdálkodónak. Közepes tenyészidejű árukukorica terméseredményét, valamint a vetéselőírási térkép, a vetőgépek vetőmagkiosztási és a betakarítás precíziós adatait, továbbá a terület NDVI-adatait használtuk, amelyet kiegészítettünk a GPS-mérésből kapott magassági adatokkal. Tanulmányunkban bemutatjuk a differenciált tőszámú vetés eredményességére vonatkozó eredményeket és annak hatását a kukorica hozamának alakulására. QGIS program segítségével a területet lefedő rácsot hoztunk létre; 6110 db megfigyelési egységhez rendeltük a felsorolt adatokat. A vetőgéptípus, valamint a vetéselőírási kategóriák hatásának leírására lineáris modellt, a páronkénti összehasonlításra Bonferroni-tesztet és Student-féle t-próbát alkalmaztunk. A vizsgálatok igazolták, hogy a differenciált dózisu vetőmagkiosztás hatást gyakorol a betakarított hozamra, azonban abban jelentős módosító szerepet játszik a vetőgéptípus, valamint a tábla heterogén talajadottságai. Eredményeink szerint ha hagyományos vetőgép helyett differenciált vetésre alkalmas vetőgépet és 60 ezres helyett 70 ezres tőszámot alkalmazunk, akkor 0,42–0,69 tonnával nagyobb a hozam; a 80 ezres tőszám esetén a hozamnövekmény kisebb, átlagosan 0,23–0,63 tonna hektáronként. A későbbiekben a domborzat és a termőképességi adatok bevonásával többváltozós hozam-előrejelzési modell kidolgozása a célunk. A gazdaság a mintaterületen a továbbiakban is gyűjti a precíziós adatokat, így hozamtérképezési vizsgálatokra is sor kerülhet.

BEVEZETÉS

Az eredményes adatalapú gazdálkodás kulcskérdése, hogy milyen mértékben hasznosítják a meglévő precíziós berendezések, gépek által gyűjtött adatokat a mezőgazdasági döntésekben. A korszerű és fenntartható gazdálkodás iránti igény megköveteli a termőhelyi információk gyors és azonnali rögzítésének, feldolgozásának és

elemzésének készségét az agrárgazdaságok vezetőitől. A precíziós technológiák elérhetővé válása, terjedése, illetve az értékesítő vállalatok felhasználót támogató tevékenysége mellett is elvárásként fogalmazható meg, hogy az adatgazdák a területükön gyűjtött, tárolt adatokból önmaguk is helyes döntéstámogató információkat nyerjenek. Tanulmányunkban egy hazai mezőgazdasági üzem példáján mutatjuk be a térbeli

adatok szerepét a precíziós technológiákra és eszközeállításokra irányuló gazdálkodói döntésekben.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az adatalapú döntések ma a mezőgazdasági tevékenység jövedelmezőségének (*Privoczki et al., 2017*) nem elhanyagolható alakítói. Hosszú idősoros adatok is bizonyítják (*Šeremešić et al., 2013; Hollósy – Bacsí, 2019; Hingyi, 2005*), hogy a genetikai alapok fejlesztésében rejlő jövedelmezőségi tartalékok mára radikálisan lecsökkentek. Ezzel párhuzamosan nagymértékben felértékelődött a terméskockázatok jövedelmezőséget csökkentő szerepe (*Szabó et al., 2016, Kovács et al., 2016*), valamint az e kockázatok mérséklését szolgáló technológiai megoldások jelentősége (*Márta et al., 2009; Nielsen – Vigil, 2018*). Kutatási eredmények azt jelzik, hogy például a kukorica esetében a hozam 2-9%-kal, a jövedelem pedig 11-24%-kal is emelkedhet a helyspecifikus technológiára (mint például sorvezető, összekapcsolt agrotechnológiai elemek, vetéstőszám-, illetve művelésmélység-differenciálás) való átállás esetén, míg a hozam varianciáját akár 8%-ban is befolyásolhatják ugyanezen technológiák (*Erdélyi et al., 2009; Gaál et al., 2017*). Ez egybecseng *Lencsés (2013)* megállapításával, hogy egy bizonyos birtokméret felett a (precíziós gazdálkodási) technológia egy vagy több elemének alkalmazása többlet gazdasági eredményhez vezet.

Székely és Pálkás (2008), Szármes (2014) és *Kovács (2009)* a precíziós adatok felhasználásában, illetve az erre alapozott technológiaválasztásban látják a mezőgazdaság termelési kockázatainak lehetséges kezelési irányát. *Bonneau* és szerzőtársai (*2017*) munkájára hivatkozva *Farkas* és szerzőtársai (*2020*) kiemeli, hogy a termés mennyiségének és minőségének növelése, javítása érdekében nem elegendő a termőhelyi információk gyors, azonnali és folyamatos begyűjtésének biztosítása. Legalább

ekkora szükség van a rendelkezésre álló információk megfelelő szintű elemzésére, értékelésére, valamint az erre alapozott hatékony döntési és beavatkozási stratégiákra is.

A technológiák és az azokat kínáló piaci szereplők köre is széles. A technológiákat értékesítő vállalatok több-kevesebb képzést, tanácsadást és egyéb, ún. support szolgáltatást is nyújtanak az eszközt megvásárló agrárszakemberek számára (*Peczse, 2008*). Jellemző helyspecifikus információs adatforrások és precíziós beavatkozási területek az alábbiak: talajtérfépezés, erózió és belvíz elleni védelem, tápanyag-visszpótlás, vetés, növényvédelem, öntözés, hozamtérképezés (*Gaál et al., 2017*). Az agrotechnikai tényezők közül a vetésben alkalmazzák legtovább a helyspecifikus technológiát. A kukorica esetében a talajművelést a gazdálkodók 51,4 százaléka precíziósan végzi, így nagy jelentőségű a precíziós vetőgépek beállításával kapcsolatos döntések hatásának ismerete (*Virk et al., 2020*).

Korábbi kvalitatív kutatásunk eredménye szerint egy precíziós technológiát alkalmazó gazdaság nem elégszik meg az aktuális adatok rövid távú felhasználásával, hanem azokat tovább elemzi a következő gazdálkodási évek termelési eredményének javítása érdekében (*Barna et al., 2020*). Tipikus gyakorlat, hogy tanácsadó-szolgáltató szervezet a mezőgazdasági terület talajjellemzőire alapozva vetéselőírási térképet ad át a gazdálkodónak, aki arra alkalmas precíziós eszközén a vetési terv alapján, differenciáltan juttatja ki a vetőmagot. A vetéselőírási térképhez szükséges egyik alapvető információ a terület valamely vegetációs (legelterjedtebben NDVI) indexszel (*Solymosi et al., 2019*) kifejezett differenciált termőképessége, illetve a talaj tápanyagtartalma, szerkezete, amely talajmintavétel alapján áll a gazdálkodó rendelkezésére. A gyakorlatban ezen két termőképességi adatsor együtt vagy csak

részben kerül felhasználásra a vetéstervezéskor (Smuk et al., 2010).

A hozamot természetesen befolyásolja még a tápanyag-utánpótlás, az elővetemény és a vetésforgó, valamint a növényállomány egészsége, gyomosodása, a talajparaméterek, valamint az időjárási és domborzati körülmények is (Antal, 2017), azonban ezeknek a tényezőknek a hatását jelen cikkünk nem tárgyalja; a mintaterületen egységes volt a műtrágya-kijuttatás, valamint a gyomnövény-mentesítés és a növényvédelem technológiája is. Bár jelen cikkben a betakarított hozam nagyságát a kijuttatás és a betakarítás technológiáinak függvényében vizsgáljuk, a mikroklimatikus viszonyokat is meghatározó talajlejtés és művelési magasság szintjét is célunk a későbbiekben a modellbe építeni. A domborzati tényező a mintaterületet magában foglaló térségben abból a szempontból is jelentős, hogy az intenzív gazdálkodás következményeként a talajok a domborzat magasabban fekvő

területein olyan mértékben erodálódtak, hogy légi felvételeken is jól látszik az alapkőzet megjelenése, az ún. fehér foltosság (Horváthné et al., 2018).

CÉLOK

A hozam, valamint a kijuttatott vetőmag mennyisége a termesztés gazdasági eredményességét közvetlenül befolyásolja (Buzás et al., 2000). Vizsgálatunk célja az volt, hogy a differenciált tőszámú vetéssel kapcsolatos vezetői döntések megalapozásában segítséget adjunk a gazdálkodónak a saját preferenciái mentén. A mintaterületen végzett vizsgálatok hozzájárulnak ahhoz, hogy a gazdálkodó megalapozott döntést hozzon a vizsgált precíziós technológiák és eszközök beállítása során.

Az eddig leírtak szerint olyan hozammodell kidolgozását kezdtük meg, amely figyelembe veszi a terület vetéselőírási térképét, tervezett vetéskiosztását és a mért vetőmagmennyiséget, továbbá a művelés tengerszint

I. ábra

**A mintaterület elhelyezkedése a Májas nevű táblán Külső-Somogyban
(The geographic location of the sample field in Somogy county)**



Forrás: saját szerkesztés Open Street Map térkép és a tábla téradatai alapján

I. táblázat

**A felhasznált termőhely-specifikus változók
(GIS and precision variables involved in the analysis)**

Felhasznált precíziós és GIS-adatok	Mennyiségi egység	Változó típusa és ismérvváltozatai	Adatforrás	Változók jelölése
Nedves hozamtömeg	t/ha	folytonos mennyiségi	eszköz mérése	H_t
Korrigált száraz hozamtömeg	t/ha	folytonos mennyiségi	mért nedvesség alapján számított adat	H_t_l
Vetőmagdózis kijuttatási terv szerint	mag/ha	kategória: 60 000, 70 000, 80 000	gazdálkodó által továbbadott vetéselőírási térkép	Dz_ki
Vetőgépen mért magasság	m	folytonos mennyiségi	eszköz GPS-adata	MagV
Elvetett dózis mennyisége (mérés szerint ténylegesen elvetett)	mag/ha	folytonos mennyiségi	eszköz mérése (vetés során)	Ei_d
Vetéselőírási szerinti dózis mennyisége	mag/ha	kategória: 60 000, 70 000, 80 000	beállított érték az eszközön (vetés előtt)	E_dzVt
Vetőgéptípus	–	kategória: Differenciált 1, Differenciált 2, Hagyományos (dummy)	gazdálkodó adatszolgáltatása	V_gep
Track (a 8 vetőegység által átfogott sáv két fordulóval, vagy 12 egység egy fordulóval = 24 sor)	1 → 6	kategória	eszköz GPS-adata (vetés során)	Track
A terület NDVI-térképei: 2019. július 7.	-1 – +1	folytonos mennyiségi	Sentinel műholdképekből generált	NDVI.19070
2015. július 15.				NDVI.15071
2019. szeptember 15.				NDVI.19091
Talajlejtőszög	fok	folytonos mennyiségi	mért magasságpontokból képzett domborzat alapján számított adat (QGIS segítségével)	SA.Slope
Kitettség	fok	25→360 (0=360=É)		SA.Aspect

Forrás: saját összeállítás a megadott adatforrások alapján

feletti magasságát és a lejtőszöget. Jelen tanulmányban a differenciált tőszámú vetés eredményességét és kukoricahozamra gyakorolt hatását mutatjuk be.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az adatok forrásaként részben az alkalmazott technológiai eszközök

precíziós adatbázisa, részben pedig a vizsgált szántóterület domborzati és növényborítottsági adatai szolgáltak. A vizsgálatban három – kettő differenciált és egy hagyományos – vetőgéppel juttattuk ki a kukorica-vetőmagot.

A vizsgált terület 50 hektárján (az 1. ábrán mintázott kitöltéssel jelölt terület)

2. táblázat

A vizsgálatba vont változók alapstatisztikái
(Descriptive statistics of variables)
 (n=6110; n_{d1}=2067; n_h=2009; n_{d2}=2033)

Változók	Átlag	Szórás	Min	Max	Cv%
Hozamtömeg (t/ha)	11,33	1,21	3,50	14,72	10,70
Differenciált vetőgép 1	10,97	1,33	3,50	14,72	12,1
Hagyományos vetőgép	11,48	1,17	4,24	14,30	10,2
Differenciált vetőgép 2	11,56	1,04	4,89	14,03	9,0
Dz_ki (ezer mag/ha)	70,73	7,35	42,88	82,24	10,40
Differenciált vetőgép 1	66,21	6,78	56,09	80,86	10,2
Hagyományos vetőgép	76,86	0,00	76,86	76,86	0,0
Differenciált vetőgép 2	69,27	7,46	42,88	82,24	10,8
MagV (m)	180,53	126,47	0,00	279,00	70,10
Differenciált vetőgép 1	270,61	4,40	259,70	279,00	1,6
Hagyományos vetőgép	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Differenciált vetőgép 2	267,43	4,30	256,69	275,70	1,6
E_dzVt (ezer mag/ha)	67,98	7,69	60,00	80,00	11,30
Differenciált vetőgép 1	67,35	7,51	60,00	80,00	11,2
Hagyományos vetőgép	68,42	7,68	60,00	80,00	11,2
Differenciált vetőgép 2	68,18	7,83	60,00	80,00	11,5
NDVI.19070	83,76	10,17	25,18	100,00	12,10
Differenciált vetőgép 1	81,47	11,84	25,18	99,11	14,5
Hagyományos vetőgép	85,37	8,84	27,96	100,00	10,4
Differenciált vetőgép 2	84,50	9,10	27,09	99,01	10,8
NDVI.15071	88,71	4,17	57,74	96,95	4,70
Differenciált vetőgép 1	88,48	4,31	57,78	96,85	4,9
Hagyományos vetőgép	88,58	4,37	57,74	95,89	4,9
Differenciált vetőgép 2	89,07	3,80	65,63	96,95	4,3
SA.Slope (fok)	1,85	0,92	0,14	6,39	49,60
Differenciált vetőgép 1	1,86	1,00	0,14	6,39	53,8
Hagyományos vetőgép	1,85	0,87	0,19	4,90	47,0
Differenciált vetőgép 2	1,83	0,87	0,14	4,53	47,5
SA.Aspect (fok)	195,73	148,92	0,25	360,00	76,10
Differenciált vetőgép 1	202,75	145,20	0,25	360,00	71,6
Hagyományos vetőgép	189,15	152,23	0,25	360,00	80,5
Differenciált vetőgép 2	195,10	149,10	0,25	360,00	76,4

Megjegyzés: d1 differenciált vetőgép 1; h hagyományos vetőgép; d2 differenciált vetőgép 2; n. a. nincs adat.

Forrás: saját számítás az 1. táblázatban megadott forrásokból

vetett kukorica a térségben általában alkalmazott tenyészidejű fajták (FAO-szám: 470) közé tartozik. A vetés 2019. április 27-én történt, forgatás nélküli talaj- és magágy-előkészítést követően.

A felhasznált adatok köre, mennyiségi egysége, valamint forrása az 1. táblázatban látható összefoglalva.

A precíziós eszközökből és a GPS-mérésekből rendelkezésre álló adatokat 4,1 × 4,1 méter nagyságú, a vetésiránnyal párhuzamos négyzethálóba képeztük le úgy, hogy a négyzetbe eső adatokat a négyzetek középpontjaira átlagoltuk QGIS segítségével minden változó esetén.

A következő lépésben elkészítettük a változók leíró statisztikai összegzését. A kategóriaváltozókra elvégeztük az egytényezős és kéttényezős varianciaelemzést, amelynek során a tényezők hatásának szignifikanciaszintjét vizsgáltuk, illetve a legkisebb szignifikáns differencia módszerhez képest kevésbé engedékeny Bonferroni-módszerrel igazoltuk a páronkénti különbségeket a vetőgépek között. Ahol a homoszkedaszticitás előfeltétel nem teljesült, heteroszkedasztikus lineáris modellt (maximum likelihood becslési módszer, megfigyelt információs mátrix [OIM] alapú standard hiba módszert) alkalmaztunk. A két differenciált vetőgép közötti különbséget Student-féle t-próbával ellenőriztük.

Az alkalmazott statisztikai program a Stata/MP 15.1 for Windows (64 bit × 86-64) volt (StataCorp., 2017). A térképeket részben OpenStreetMap adatforrások alapján, részben az 1. táblázatban megjelölt gazdasági adatokból Quantum GIS (QGIS Development Team, 2020) programban hoztuk létre. A vizsgálatba vont változók alapstatisztikáit a 2. táblázat mutatja be.

Eredményváltozónak a hozam értékeit tekintettük, amely a betakarítás során a vetőgépek által mért értékeknek a már említett 4,1 × 4,1 méteres négyzethálóba extrapolált értékeinek felelt meg. Az elem-

zés tehát nem táblafoltokat (Zhang et al., 2010) vett figyelembe, hanem a vetőgépek és a kombájn méréseinek egy egységes, négyzethálós lefedettségre számított értékeit. A hozam területi eloszlását a 2. ábra mutatja.

2. ábra
A mintaterület hozamának területi eloszlása a négyzethálós felbontásban, hozamtömeg, t/ha
(The dry yield distribution in the grid, t/ha)



Forrás: saját számítás és szerkesztés a gépek mért adatai alapján

EREDMÉNYEK

A gazdálkodó részéről felmerült fő kérdés természetesen az volt, hogy megéri-e a differenciált vetéstőszám alkalmazása, és annak hatása megfigyelhető-e a hozam alakulásában. Ezért első lépésben megvizsgáltuk a vetéselőírás hatását a hozamra vetőgépek szerinti bontásban.

A nedves és száraz hozamtömeg alakulása a vetéselőírási és vetőgép szerinti bontásban

Megállapítható, hogy a hozamtömegre (3. ábra) hatással van mind a vetőgép típusa, mind pedig a vetéselőírás, továbbá a két tényező interakciója is igazolható.

A Diff_1 és a Diff_2 vetőgépek által beakarított hozam a 60 ezer magszámmal előírt vetésterületeken kisebb, mint akár a 70, akár a 80 ezer magszám esetén.

Az előírt vetéstőszám hatását heteroszkedasztikus lineáris modell írja le ($\text{Prob} > \chi^2 = 0,0000$).

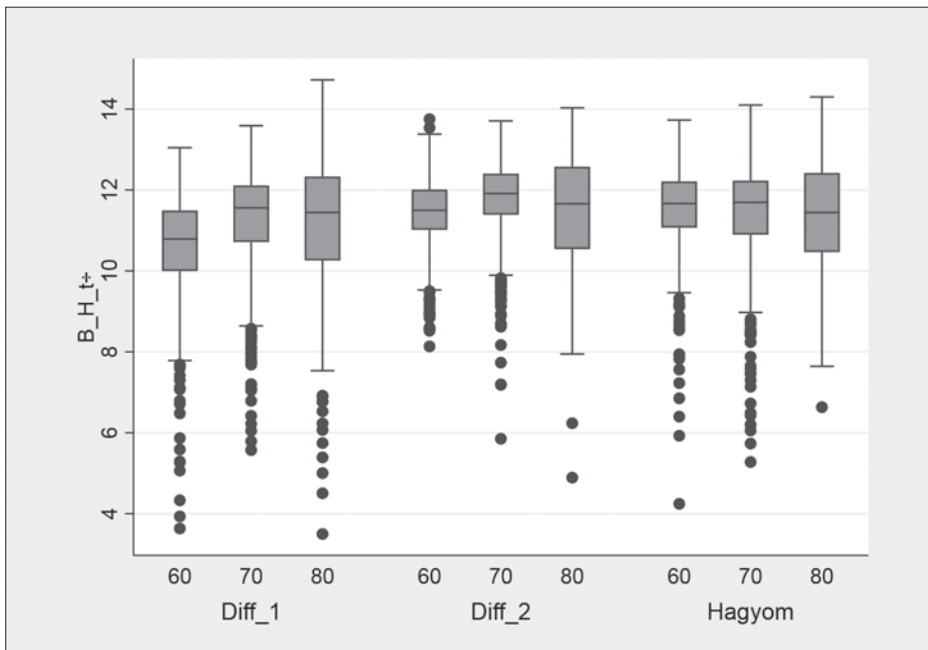
A vetéselőírás növekedése negatívan befolyásolja a fajlagos hozamot (ha 10 000-rel emelkedik a magszám, átlagosan $-0,095$ t, 95% megbízhatósággal legalább $-0,162$, legfeljebb $-0,027$ t hektáronkénti érték-

kel), amelynek egyik lehetséges okát a kiosztásban keressük majd. A differenciált vetőgépek típusának hatása is szignifikáns: a Diff_1 vetőgéphez képest a Diff_2 vetőgéppel átlagosan 766 kg-mal (95% megbízhatósággal min. 657, max. 875 kg), míg a Hagyományosossal átlagosan 891 (95% megbízhatósággal min. 780, max. 1003 kg) több hozamot ért el a gazdálkodó.

A vetőgép típusa és a vetőmagszám tényezők interakciója is szignifikáns, azaz a vetőgép típusa és a vetéselőírás hatása összefügg. Ha a Hagyományos vetőgép helyett a Differenciált vetésre alkalmas 1-es jelű vetőgépet használjuk és a 60 ezres tőszám helyett a 70 ezres kategóriában, akkor 0,69 tonnával ($0,562-0,824$ t/ha) nagyobb a hozam, viszont a 80 ezres tőszám esetén a hozamnövekmény kisebb, a modell szerint átlagosan 0,63 ($0,433-0,821$) tonna

3. ábra

A kukorica száraz hozamtömegének alakulása a parcellára vonatkozó előírt vetéstőszám és a vetőgép típusa szerint, t/ha
(The dry yield harvested by groups of seeding machines variable rate application categories, t/ha)



Forrás: saját szerkesztés a gépek mért adatai alapján

hektáronként. A 2-es jelű Differenciált vetőgép ugyanezekben a tőszám-kategóriákban a 60 ezreshez képest várhatóan 0,42 (0,28–0,55), illetve 0,23 (0,05–0,43) tonnával nagyobb hozamot eredményez ebben a modellben. A modell és a paraméterei is szignifikánsak ($p < 0,05$). A modellben a hiba szórásnégyzete 1,37.

Összefoglalva, a vetéselőirási térkép alapján történő vetést követően a betakarított hozam nem egyértelműen lesz kedvezőbb a gazdálkodó számára, láthatjuk, hogy a vetőgép típusa is fontos szerepet játszik.

Ez az eredmény részben egyezik a Gaál és szerzőtársai (2017) által megállapítottakkal, amely szerint a vetőmagköltségek csökkenésében nincs egyértelműen kimutatható szerepe a változó tőszámú vetésnek. Továbbá a szerzők szerint a helyspecifikus gazdálkodás előnyei elsősorban a kedvezőtlenebb adottságú időszakokban és heterogén termőképességű területeket vegyesen tartalmazó táblákon mutathatók ki, ahol a hagyományos műveléssel a hozampotenciálhoz viszonyítva csak korlátozott eredmények érhetők el, amely eredményt vizsgálatunkban nem sikerült igazolnunk.

Mivel a vetéselőirási és a ténylegesen megvalósult vetéstőszám között is lehet eltérés – ami végeredményben befolyásolja a hozam alakulását –, szükséges volt a kijuttatás pontosságát is megvizsgálni. A vetéselőiráshoz (60, 70, 80 ezer tőszám) képest ténylegesen megvalósult magszámkijuttatás (Dz_{ki}) átlagos alakulását és szóródását vetettük össze.

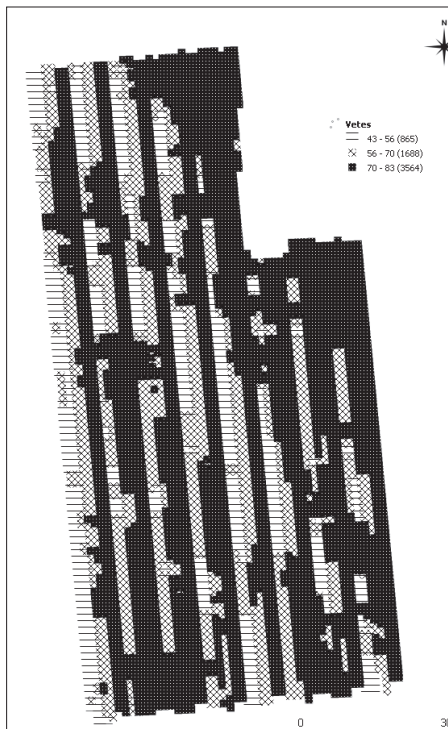
A ténylegesen kijuttatott vetőmagmennyiség a vetéselőirási függvényében, vetőgépenként

A tényleges kijuttatott dózis területi eloszlását mutatja a 4. ábra.

A sötét színű sávok a térképen a hagyományos (nem differenciált kiosztású) vetőgép által elvetett területeket mutatják.

A boxplotábrák és a hisztogramok (5. ábra a és b) összevetik a három vetőgép

4. ábra
Ténylegesen kijuttatott dózis területi eloszlása
(The spatial distribution of the variable rate application of maize seed)



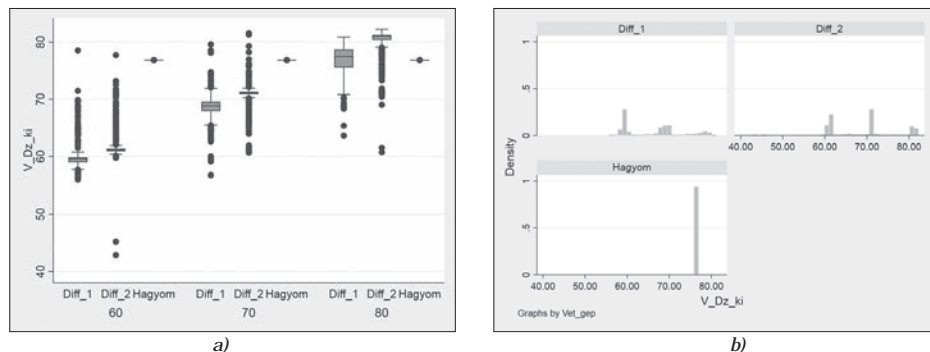
Forrás: saját számítás és szerkesztés a mért adatok alapján

által kijuttatott magszám alakulását a vetéselőirási szerinti 60, 70 és 80 ezres tőszámcsoportok szerinti bontásban.

A kétmintás t-próba eredménye (3. táblázat) alátámasztja az 5. ábrán látható tendenciákat: a Diff_1 vetőgép szignifikánsan kevesebbet juttatott ki, mint a Diff_2 jelzésű vetőgép, ugyanakkor a Diff_1 vetőgép szignifikánsan kisebb szórással dolgozott ($p=0,00$) kiosztás-előirástól függetlenül vizsgálva. A két differenciált vetőgép vetőmagkiosztásának különbsége abban is megfigyelhető, hogy a kijuttatási dóziskategória eloszlása is eltér (lásd hisztogram).

Ha megvizsgáljuk mindhárom, különböző előírt mennyiség (vetéselőirási) esetén kijuttatott tényleges vetőmagkiosztást (Dz_{ki}

5. ábra
Kijuttatott magszám a vetéselőírási szerinti tőszám-kategóriák és vetőgépek szerinti bontásban: a) boxplotra és b) hisztogram
(Boxplot (a) and histogram (b) of the sown amount of maize seed by categories of seeding machine and seeding prescription)



Forrás: saját szerkesztés a mért adatok alapján

3. táblázat
Differenciált tőszámú vetőgépek által kijuttatott tényleges vetőmagkiosztás összehasonlítása, ezer mag/ha
(Comparison of the amount of maize seed (thousand seed per ha) by variable rate seeding machines)

Csoport	n	Átlag	St. hiba	Szórás	95% konfidenciaintervallum	
Diff_1	2 067	66,21 (a)	0,15	6,78 (a)	65,92	66,50
Diff_2	2 033	69,27 (b)	0,17	7,46 (b)	68,94	69,59
Együttesen	4 100	67,73	0,11	7,29	67,50	67,95
Különbség		-3,06	0,22		-3,49	-2,62

Megjegyzés: az eltérő betűk oszloponként szignifikáns különbséget jeleznek ($p=0,00$).

Forrás: saját számítás a mért adatok alapján

4. táblázat
Differenciált tőszámú vetőgépek által kijuttatott tényleges vetőmagkiosztás összehasonlítása vetéselőírási kategóriánként, ezer mag/ha
(Comparison of the amount of maize seed (thousand seed/hectare) of maize seed by Differentiate seeding machines in groups of variable rate application categories)

Csoport	n	Átlag	St. hiba	Szórás	95% konfidenciaintervallum	
<i>60 000 magszám kijuttatás kategória**</i>						
Diff_1	930	59,85 (a)	0,07	2,14 (a)	59,71	59,98
Diff_2	842	61,95 (b)	0,09	2,67 (b)	61,77	62,13
<i>70 000 magszám kijuttatás kategória</i>						
Diff_1	755	68,67 (a)	0,07	1,92 (a)	68,53	68,81
Diff_2	720	70,85 (b)	0,07	1,96 (a)	70,70	70,99
<i>80 000 magszám kijuttatás kategória**</i>						
Diff_1	382	76,84 (a)	0,13	2,58 (a)	76,58	77,10
Diff_2	471	79,94 (b)	0,13	2,86 (b)	79,68	80,20

Megjegyzés: eltérő betűk oszloponként szignifikáns különbséget jeleznek (átlagok között $p=0,00$, ** szórások között $p<0,005$).

Forrás: saját számítás a mért adatok alapján

ki) a differenciált vetőgépek között Student-féle t-próbával (Shaphiro–Wilk $p < 0,05$), akkor az átlagok minden esetben a 2-es számú vetőgép esetében nagyobbak, átlagosan mintegy 2100–3110 db különbséggel (95% megbízhatósággal legalább 1870, legfeljebb 3470 db különbséggel) ($p = 0,00$). A 60 és a 80 ezres tőszámcsoportban ezen felül még a kiosztás szórása is eltér ($p = 0,00$), a 2-es számmal jelzett Differenciált vetőgép szignifikánsan nagyobb szórással is dolgozott (4. táblázat).

A vetőgépekre kiosztott vetéselőírási összehasonlítása

A különböző vetőgépek összehasonlításakor a vetőgépekre előírt sorok (*track*) esetében a megadott (vetéselőírási térképen 6. ábra) kijuttatandó magszám (E_dz_Vt) eltérhet. Ez magyarázhatja az eltérő vetőgépek után nyert hozambeli különbség egy részét. A vetéselőírási térkép hektáronkénti ezer magyszámban kifejezett és a négyzet-hálóra vetített értékeit összevetettük a vetőgépek közötti kiosztással.

Az egytényezős varianciaanalízis (Bartlett-teszt $p > 0,1$) páronkénti összehasonlításra vonatkozó eredménye (Bonferroni-eljárás) azt jelzi, hogy a differenciált vetőgépek közül a 2-es számú és a Hagyományos vetőgép olyan területeken végzett munkát, ahol jelentős különbség a vetéselőírásban nem volt ($p > 0,1$). Ugyanakkor az 1-es számú Differenciált vetőgépnek szignifikánsan ($p < 0,05$) több olyan terület került kiosztásra, amely alacsonyabb tőszámmal került tervezésre, mint a két másik vetőgép esetében (5. táblázat).

Összességében tehát elmondható, hogy a betakarított hozam értékét a három vizsgált tényező egyaránt befolyásolja: a gyakorlatban mind a vetőgép típusa, illetve azon keresztül a ténylegesen kijuttatott vetőmagszám, mind pedig a terület előírt vetéstőszáma (hozampotenciál) és a különböző vetéselőírások eloszlása a vetőgépek

6. ábra
Vetéselőírási térkép, ezer mag/ha
(Variable rate prescription map, thousand seed per hectare)



Forrás: saját szerkesztés a Sentinel adatai alapján készített vetéselőírási térképből

között hatással volt a betakarított kukorica termésmennyiségére.

KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálatban kapott eredményekhez kapcsolódóan a gazdálkodó számára megfontolandó ún. döntési pontokat tudunk megfogalmazni, ugyanakkor felhívtuk a figyelmet az eredmények értékelésének hátterében megbúvó technikai és technológiai különbségekre is. A kukorica betakarítható hozamának szempontjából a differenciált tőszámot előíró vetéstérkép, a vetéstérkép alapján elkészített vetésterv, valamint a használt vetőgép típusa is (beleértve a különböző vetőgépek kikapcsolását és beállítását) szerepet játszik a gazdálkodó precíziós növénytermesztésének eredményeiben. Megállapításaink általánosíthatóságát kor-

5. táblázat

Az előírt vetéstőszám vetőgéptípusonként, ezer mag/ha (egytényezős ANOVA, Bonferroni)
(Variable rate application (thousand seed per ha) by groups of seeding machines [one way ANOVA, Bonferroni test])

Megnevezés (vetőgép típusa)	n	Átlag	Szórás
Diff_1	2 067	67,35 (a)	7,51
Hagyományos	2 010	68,42 (b)	7,68
Diff_2	2 033	68,18 (b)	7,83
Összesen	6 110	67,98	7,69

Megjegyzés: az eltérő betűk oszloponként szignifikáns különbséget jeleznek ($p < 0,05$).

Forrás: saját számítás a mért adatok alapján

látozza, hogy a precíziós technológiák más elemeit a gazdálkodó nem alkalmazta, így azok hatása nem került be a vizsgálatba. Az eredmények rámutatnak továbbá, hogy a területhatást (a talaj termőképességének heterogenitását) nem lehet kizárni efféle összehasonlító vizsgálatokban annak ellenére, hogy a vetéskiosztás szisztematikusan történt, ügyelve arra, hogy a különböző vetőgépek egymás melletti, ezért hasonló sávokat (*track*) kapjanak.

A későbbiekben a domborzat és a termőképességi mintázat adatainak bevonásával

többváltozós hozam-előrejelzési modell kidolgozása a célunk. A gazdaság a mintaterületen a továbbiakban is gyűjti a precíziós adatokat, így idősoros hozamterképezési vizsgálatokra is sor kerülhet.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészülését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 számú „Termeljünk együtt a természettel – az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” elnevezésű projekt támogatta.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) Antal J. (2017): *Növénytermesztés tan 1*. Budapest: Mezőgazda Kiadó – (2) Barna, R. – Tóth, K. – Nagy, M. Z. – Solymosi, K. (2020): Technical characteristics of global navigation satellite systems and their role in precision agriculture. *Journal of Agricultural Informatics*, 11(1), 52–66. – (3) Bonneau, V. – Copigneaux, B. – Probst, L. – Pedersen, B. (2017): *Industry 4.0 in Agriculture: Focus on IoT aspects*. Digital Transformation Monitor, July, 6. https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Agriculture_4.0_IoT_v1.pdf – (4) Buzás Gy. – Nemessályi Zs. – Székely Cs. (2000): *Mezőgazdasági üzemtan I*. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó – (5) Erdélyi É. – Novák A. – Ladányi M. (2009): Az őszi árpa terméskockázatának növekedése és lehetséges okai. *Gazdálkodás*, 53(5), 449–452. – (6) Farkas G. – Magyar P. – Molnár A. – Zubor-Nemes A. (2020): Adatbányászati módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban – a gépi tanulás felhasználási lehetőségei. *Gazdálkodás*, 64(1), 15–24. – (7) Gaál M. – Péter K. – Takácsné György K. – Illés I. – Kiss A. – Sulyok D. – Domán Cs. – Keményné Horváth Zs. (2017): A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata (szerk. Kemény G. – Lámfalussy I. – Molnár A.). Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7896/ak1703> – (8) Hingyi H. (2005): A magyarországi régiók búza- és kukoricatermelésének főbb jellemzői. *Gazdálkodás*, 49(5), 55–63. <https://doi.org/10.22004/age.econ.54334> – (9) Hollósy Zs. – Bacsó Zs. (2019): Hozamstabilitás a növénytermesztésben. *Gazdálkodás*, 63(6), 502–515. – (10) Horváthné Kovács B. – Gelencsér G. – Mezei C. (2018): A területi tőke néhány ökonómiai és ökológiai tényezője a Koppányvölgy Natúrparc településein. In Parádi-Dolgos A. – Fertő I. – Marjainé Szerényi Zs. – Kocsis T. – Bareith T. (szerk.): *Környezet – Gazdaság – Társadalom: Tanulmányok Kerekes Sándor 70. születésnapja tiszteletére* (pp. 269–284.). Kaposvár, Magyarország: Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Kar – (11) Kovács G. (szerk.) (2009):

Kockázatok és kockázatkezelés a mezőgazdaságban. Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet – (12) Kovács N. – Szármas P. – Szabó J. (2016): Módszertan a kukoricatermesztés kockázatainak gazdasági elemzéséhez 2. *Acta Agronomica Óváriensis*, 59(2), 83–104. – (13) Lencsés E. (2013): A precíziós (helyspecifikus) növénytermelés gazdasági értékelése. Doktori értekezés (Szent István Egyetem, Gazdálkodás és Szervezésstudományi Doktori Iskola). – (14) Erdélyi É. – Novák A. – Ladányi M. (2009): Az őszi árpa termés-kockázatának növekedése és lehetséges okai. *Gazdálkodás*, 53(5), 449–452. – (15) Nielsen, D. C. – Vigil, M. F. (2018): Wheat yield and yield stability of eight dryland crop rotations. *Agronomy Journal*, 110(2), 594–601. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.07.0407> – (16) OpenStreetMap közreműködők (évszám nélkül): OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org/> – (17) Pecze Zs. (2008): Az IKR Zrt. precíziós gazdálkodási rendszere. In Takácsné György K. (szerk.): *Gazdaságilag optimális környezetkímélő herbicid alkalmazást célzó folyamatszervezési, -irányítási és alkalmazási programok kifejlesztése* (pp. 103–120.). Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó – (18) Privoczki Z. I. – Borbély Cs. – Bodnár K. (2017): Young farmers and sustainable development. *Review on Agriculture and Rural Development*, 6(1–2), 113–117. – (19) QGIS Development Team (2020): *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org> – (20) Šeremešić, S. – Dalović, I. – Milošev, D. – Jocković, D. – Pejić, B. (2013): Maize (*Zea mays* L.) yield stability dependence on crop rotation, fertilization and climatic conditions in a long-term experiment on Haplic Chernozem. *Zemdirbyste*, 100(2), 137–142. <https://doi.org/10.13080/z-a.2013.100.017> – (21) Smuk N. – Milics G. – Neményi M. (2010): Jövedelemtérképek a precíziós növénytermelésben. *Gazdálkodás*, 54(2), 176–172. – (22) Solymosi K. – Kövér Gy. – Romvári R. (2019): The Development of Vegetation Indices: a Short Overview. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 23(1), 75–90. <https://doi.org/10.31914/aak.2264> – (23) StataCorp. (2017): Stata Statistical Software: Release 15. College Station, TX: StataCorp LLC – (24) Szabó J. – Kovács N. – Szármas P. (2016): Módszertan a kukoricatermesztés kockázatainak gazdasági elemzéséhez. 1. rész. *Acta Agronomica Óváriensis*, 59(2), 62–82. – (25) Szármas P. (2009): Kockázatcsökkentési lehetőségek a növénytermesztésben a precíziós gazdálkodás eszközeivel. In Kovács N. (szerk.): *Építőkövek* (pp. 1–9.). Tanulmánykötet. Universitas-Győr Nonprofit Kft. <https://kgk.sze.hu/images/dokumentumok/kautzkiadvany2014/SzarmesP.pdf> – (26) Székely Cs. – Pálkás P. (2008): Kockázatkezelés az európai mezőgazdasági vállalkozásokban. *Agrofórum*, 19(11), 5–8. – (27) Virk, S. S. – Fulton, J. P. – Porter, W. M. – Pate, G. L. (2020): Row-crop planter performance to support variable-rate seeding of maize. *Precision Agriculture*, 21(3), 603–619. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09685-3> – (28) 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(2), 103–114. <https://doi.org/10.1007/s11119-009-9130-4>

EFFECT OF PRECISION SEEDING TECHNOLOGY ON CORM YIELD BASED ON GIS DATA – CASE STUDY

**By: Horváthné Kovács, Bernadett – Barna, Róbert – Csonka, Arnold –
Tóth, Katalin – Hoffmann, Richárd**

**Keywords: data-driven decision making, precision farming, linear modelling,
maize yield, seeding technology**

JEL: C12, C51, Q12, Q16

The authors analysed precision data of an agricultural farm situated in Somogy county in South-Transdanubia of Hungary. The objective of the analysis was to help the farmer's decision about variable seed rate application according to the management preferences. FAO 470 maize harvest yields, the prescribed seeding rate, the actual seeding amount per hectare of seeding machines and harvesting data were used. Additionally, the topography's GIS data were collected. This paper reports the results of the analysis of differentiated seeding efficiency and effect on the harvest yields. A spatial grid of the corresponding precision data was created with QGIS. The total number of observations was 6110, each was assigned the extrapolated data. Linear models were used to explain the effect of categories of the prescribed seeding rate and type of seeding machines. Bonferroni method and Student's test were used to test the pairwise comparisons. Our results proved that differentiated seeding has effect on the harvest yield, but both the type of the seeding machine and the variance in the soil yield capacity modify this power. If the seeding rate is increased by 10 thousand per hectare, the yield of maize is increased by 0.1 ton in average. The type of the seeding machine may affect the results by 0.77 ton. The results reported in this paper contribute to the maize yield planning and management practice of agricultural companies. In a later analysis the authors aim to develop a multivariable yield prediction model by involving the slope gradient and aspect of the soil and yield capacity patterns of the crop field. The analysed company continues to register the precision data of the cultivation of sample field, thus research on maize yield mapping will be also possible in the future. The publication of this paper is supported by the EFOP-3.6.2-16-2017-00018 "Produce together with the nature – agroforestry as a new outbreaking possibility" project.