



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.*

Mezőgazdaság 4.0 – relevancia, lehetőségek, kihívások

SZŐKE VIKTÓRIA – KOVÁCS LÁSZLÓ

Kulcsszavak: mezőgazdaság 4.0, digitális mezőgazdaság, precíziós gazdálkodás, Covid-19
JEL-kód: O33, Q10, Q16

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az ipar 4.0 fogalma mellett már magyar nyelven is találkozunk szakmai portálokon, illetve szakmai kiadványokban a mezőgazdaság 4.0 fogalmával. A fogalom nemzetközi viszonylatban is egyre elterjedtebb: az Agriculture 4.0 (német nyelvterületen Landwirtschaft 4.0), illetve szinonimaként a smart agriculture, smart farming vagy digital agriculture kifejezések a szakmai és tudományos diskurzus részeivé váltak. Az egyre szélesebb körű nemzetközi és hazai használat ellenére itthon a mezőgazdaság 4.0 fogalom felbukkanása a szakirodalomban még nem gyakori.

A mezőgazdaság 4.0 fogalma azonban bővebb, mint a precíziós gazdálkodásé: míg utóbbi inkább a mezőgazdasági gépek hatékonyságát írja le, előbbit a különböző – akár külső forrásokból származó – adatokon alapuló, az adatokat összekapcsoló és egymással folyamatosan kapcsolatban lévő eszközök és megoldások jellemzik. A precíziós gazdálkodás – a mezőgazdaság 3.0 – így előfeltétele a mezőgazdaság 4.0 létrejöttének.

A mezőgazdaság 4.0 az adatokról, az adatok összekapcsolásáról és az adatok alapján meghozott, részben automatizált döntésekről szól. A mezőgazdaság jelenleg zajló, 4.0 átalakulása így részben túlmutat a mezőgazdasági telep – szűken vett – területén és tevékenységén.

Az adatok összekapcsolásának és az ezekből származó megoldásoknak számos előnye van; például kevesebb üzemanyagot, műtrágyát és növényvédőt szert kell kijuttatni, így a környezeti terhelés csökkenthető. A folyamatos adatgyűjtés az azonnali beavatkozást is (pl. permetezés) lehetővé teszi. A digitalizálás révén az adminisztrációs feladatok elvégzése és a munkafolyamatok szervezése is könnyebbé válik.

Az adatokon alapuló mezőgazdaság azonban kihívásokat és veszélyeket is hordoz magában. Kihívásként jelenik meg például az adatfeldolgozás kérdése, a megfelelő vezeték nélküli internetkapcsolatok kiépítése, az adatok kompatibilitása, illetve az ezekhez kapcsolódó jogi kérdések, míg lehetséges veszélyforrásként adatbiztonsági, adattulajdonjogi kérdések merülnek fel.

A digitalizáció folyamata – a kihívások és veszélyek ellenére – a Covid-19-járvány hatására felgyorsulhat.

BEVEZETÉS

A 21. század második évtizedének végén a mezőgazdasági termelés optimalizálásának lehetősége két okból is egyre több kutatás tárgyát képezi.

Az egyik ok a klímaváltozás hatása. Napjainkban az extrém időjárási események (áradás, aszály), illetve a kiszámíthatatlan(abb) időjárás hatással vannak a művelt területeken termesztett növények hozamára, valamint a természeti

hető növények fajtáira is (vö. *de Clercq et al., 2018; Nhamo – Chikoye, 2017*). Részben a klímaváltozás következményeként új betegségek, kórokozók és kártevők is megjelennek, amelyek leküzdésére a gazdálkodók nincsenek adott területen felkészülve (vö. *Krengel et al., 2014*).

A másik ok, hogy az egyre növekvő népességszám – 2050-re 10 milliárd főre prognosztizálják a Föld lakosságát – miatt folyamatosan növekedett és növekszik az élelmiszer-fogyasztás (*De Clercq et al., 2018*, vö. *Weisz – Péter, 2011*). A növekvő népesség ellátása önmagában is kihívások elé állítja a mezőgazdaságot; ehhez társul még a népesség fogyasztási szokásainak változása. A népesség magasság- és súlynövekedése miatt a napi kalóriaszükséglet megnövekedett: *Vasquez és szerzőtársai (2018)* 186 ország lakosaira kiterjedő kutatásai szerint 1975 óta 22–401 kcal/fő/nap mennyiséggel. Mindez ahhoz vezet, hogy viszonylag rövid távon lényegesen több élelmiszer előállításra válik szükségessé: egyes becslések szerint 2050-re 70%-kal több élelmiszert lesz szükség, ezen belül is a húsfogyasztás 2030-ra 36,4 kg/fő/évről 45,3 kg/fő/évre emelkedik (*De Clercq et al., 2018*, vö. továbbá *Horn, 2018*). A megnövekedett fogyasztási igényt úgy kell kielégíteni, hogy a megművelhető területek mérete nagyságrendileg nem változik (vö. *De Clercq et al., 2018*).

A 2020. tavaszi események azt mutatják, hogy a mezőgazdaság 4.0 forradalma egy további kontextusban is releváns lehet. Feltételezhető, hogy a Covid–19-járvány hatására a digitalizáció az iparban egyre erősödni fog (vö. *Péter et al., 2020; Fitzpatrick et al., 2020*). A digitalizáció felgyorsulása azonban nem feltétlenül csak az ipart érinti. 2020 tavaszán Nyugat-Európa egyes orszá-

gaiban problémát jelent a mezőgazdasági termények betakarítása. A spárga esetében a betakarítás például csak külföldi szezonális munkaerő bevonásával oldható meg, ami – amellett, hogy etikai kérdéseket vet fel – lehetővé teszi a vírus terjedését is (vö. *Jacobs, 2020*). Valószínűsíthető, hogy a járvány a mezőgazdasági digitalizáció folyamatát is alapvetően befolyásolja.

Ezen kihívásokra (is) megoldást kínálhat a mezőgazdaság jelenleg zajló, 4.0-s átalakulása, amely lehetővé teszi a korábbiaknál sokkal több adatot figyelembe vevő és a termelés folyamatába bevonó, ezáltal sokkal hatékonyabb termelést.

Az ipar 4.0 fogalmát már nemcsak a szaknyelvben, hanem a köznyelvben is gyakran használják, a mezőgazdaság 4.0 kifejezés itthon azonban egyelőre nem terjedt el. A tanulmányban amellett érvelünk, hogy a mezőgazdasági termelésben jelenleg zajló átalakulás túlmutat a precíziós gazdálkodáson: a mezőgazdaságban jelenleg zajló folyamatokra és átalakulásokra ezért javasoljuk a mezőgazdaság 4.0, illetve szinonimaként az okos/digitális mezőgazdaság kifejezés használatát.¹

A tanulmány célja a mezőgazdaság 4.0 fogalmának bevezetése és elhatárolása a precíziós gazdálkodás fogalmától. Ehhez bemutatjuk a mezőgazdaság 4.0 által kínált lehetőségeket és a kihívásokat, valamint a veszélyekre is felhívjuk a figyelmet. A tanulmány célja így a fogalom magyar tudományos kommunikációba történő bevonása.

A továbbiakban röviden felvázoljuk a mezőgazdaság 4.0 kialakulásának folyamatát, bemutatjuk főbb jellemzőit, kitérve a kihívásokra és veszélyekre is. Egyúttal rámutatunk a mezőgazdaság 4.0 és a precíziós gazdálkodás fogalma közötti különbségekre is.

¹ A tanulmányban a mezőgazdaság 4.0 leírásával kapcsolatban is több helyen idézünk magyar szerzőket; akkor is, ha ők a mezőgazdaság 4.0 fogalmát nem használják. Ezt két okból tesszük: egyrészt azért, mivel az általuk leírt jellemzők a mezőgazdaság 4.0 megoldásait (is) jellemzik; másrészt ezzel egyben utalunk arra is, miért nem célszerű – és lehet zavaró – a precíziós gazdálkodás több mint 20 éves fogalmát használni olyan megoldásokra, amelyek messze túlmutatnak a huszadik század végének technológiáján.

Az áttekintést azonban a már ismert ipar 4.0 fogalmának rövid felelevenítésével kezdjük, ezzel kontextusba helyezve a mezőgazdaság 4.0 fogalmát.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Ipar 4.0 – rövid áttekintés

A mezőgazdaság 4.0 fogalma nem választható el az ipar 4.0 fogalmától, hiszen előbbi az utóbbi analógiájára jött létre (vö. *Digital Farming, 2017*). Ezért célszerű röviden áttekinteni az ipar 4.0 fogalmát és a hozzá vezető utat. Ezt *Nagy (2017)* tanulmánya alapján tesszük meg, egyetértve az általa megfogalmazott, ipar 4.0-ra vonatkozó érvelésével.

Az első ipari forradalom (ipar 1.0) a 18–19. század fordulójához és a gőzgéphez, illetve a gépesített fonás feltalálásához köthető. Az eredmény a mobilitás forradalma mellett a termelékenység nagymértékű növelése volt. A második ipari forradalom a 19–20. század fordulóján zajlott, és a tömeggyártás, valamint az elektromosság elterjedése jellemzi. Megvalósulhatott így a nagyüzemi gyártás, az egyre nagyobb mértékű gépesítés; fejlődött a vegyipar, az olajipar és a gépgyártás. A folyamat következményeként megindult az urbanizáció. A harmadik ipari forradalom az 1970-es évektől zajlik, és az információs technológiák fejlődéséhez és a számítógépekhez köthető. A termelékenység tovább növekedik, megkezdődik egyes folyamatok automatizálása. Ezek a technológiák az alapfeltételei a 4. ipari forradalomnak.

Jelenleg a 4. ipari forradalom zajlik, amelynek „alapja a digitalizáció és az adat, a számítógép csupán eszköz” (*Nagy, 2017: 10*), és a fizikai, illetve a digitális rendszerrel összekapcsolásából létrejövő kibernetikai rendszerek jellemzik (*Lasi et al., 2014*).

A 4.0 forradalom lényege az adatok összekapcsolása és az adatok folyamatos, azonnali megosztása. „A versenyelőny forrása tehát nem csupán az összehangolt, vagy éppen teljesen új alapokra helyezett

termelés (pl. additív termelés) lesz, hanem a termékek digitális szolgáltatásokkal való körbeágyazása, valamint, hogy melyik vállalat hogyan szűr le a keletkező adatokból releváns információt a döntéshozatal támogatásához” (*Nagy, 2017: 10*). Az ipar 4.0 ezáltal integrálja a teljes értékláncot a beszállítóktól és a termelési gépek gyártóitól egészen a fogyasztókig (*KPMG, 2016: 2; Nagy, 2017*).

A mezőgazdaság történeti fejlődése a mezőgazdaság 4.0 szakaszig

A mezőgazdaság 4.0 fogalmáról nem beszélhetünk a korábbi (mezőgazdaság 1.0, 2.0, 3.0) fejlődési szakaszok leírása nélkül, ezért a következőkben – elsősorban *Krombholz (2018)* alapján – összefoglaljuk a mezőgazdaság fejlődését a 4.0 fázisig. Az alábbi meghatározott időpontok a nyugat-európai mezőgazdaságra vonatkoznak. Az időpontok nem tekintendők egyértelműen az egyik szakasz végének és a másik szakasz kezdetének: az egyes fázisok – akár évtizedekig – átfedik egymást, így egymás mellett élnek a régebbi és az újabb fázisok, technológiák (*Krombholz, 2018*).

Krombholz (2018) úgy látja, hogy az egyik fázisból a másik fázisba akkor történt átlépés, ha az új fázis

- az előző fázis hibáira és problémáira megoldást jelent;
- az új fázis eszköztára már kiforrott és azt a gyakorlatban is használják;
- számottevően jobb az új fázis hatékonysága (hozam, termelékenység, kisebb erőforrásigény), mint az előző fázisé.

Mezőgazdaság 0.0: a mezőgazdasági eszközhasználat kezdetével, körülbelül i. e. 5500-ban kezdődött a kerék, a kocsis és az eke feltalálásával, illetve az igavonó állatok földművelési célú használatával (*Pollmann, 2017*). Ebben az időszakban a mezőgazdaság rendkívül munkaerő-igényes volt, alacsony termelékenységgel.

A gazdálkodási szerkezetre a sok kisméretű gazdaság volt a jellemző (*Digital Farming, 2017; Jóri, 2017*).

Mezőgazdaság 1.0: a 19. században az iparosítás a mezőgazdasági fejlődést új alapokra helyezte, hiszen megjelentek a gőzgépek és a villamosság, így gépesíteni lehetett a folyamatokat. Ennek következtében lehetőség nyílt nagyobb területeket művelni, több állatot tartani, valamint mindezek mellett adottak voltak a feltételek a termények és a termékek gyorsabb szállítására is (*Pollmann, 2017; Jóri, 2017*). Új szintetikus anyagok, műtrágyák jelentek meg, amelyeknek köszönhetően jóval nagyobb hozamot lehetett elérni, mint korábban (*Pollmann, 2017; Jóri, 2017*). A gépesítésnek köszönhetően a nagyobb gazdaságok többet tudtak termelni, így lehetőség nyílt az eszközök fejlesztésére – ezáltal még többet termelve –, majd ennek folyományaként még több földterületet műveltek meg, átalakítva így a gazdálkodás szerkezetét.

A mezőgazdaság így részben az iparhoz, a mérnöki tudáshoz kötött ágazattá válik, azonban a gépek használata a mezőgazdasági termelésben kezdetben csak részben meghatározó, az igavonó állatok használata a gépesítés mellett még mindennapos; és pontosan ezen állatok teljesítőképessége jelenti a mezőgazdaság korlátait (*Krombholz, 2018*).

Mezőgazdaság 2.0: az 1950-es évektől kezdődően. A mezőgazdasági termeléshez szükséges eszközök már tömeggyártásban készültek, a gépek nem csupán a telephelyeken, hanem a földeken is átvették az izommunka helyét. A gépekkel komplexebb munkafolyamatok elvégzése vált lehetővé. A telephelyeken a robbanómotorok túlsúlya mellett villamos energiát is használtak. Az igavonó állatok felváltása gépekkel azt is jelentette, hogy már nem volt szükséges a növénytermesztő üzemekben állattenyésztéssel is foglalkozni, így a mezőgazdasági üzemek elkezd(het)tek specializálódni, csak növénytermesztésre vagy csak állattartásra. A hozamnövekedést a gépesítés mellett

a különböző műtrágyák, illetve tápok egyre szélesebb körű használata biztosította.

A 2.0 átalakulás eredménye, hogy a mezőgazdaság, mint az egyik vezető gazdasági ágazat, elveszti a foglalkoztatási jelentőségét: a mezőgazdaságban egyre kevesebben dolgoznak, miközben az ágazat lényegesen nagyobb hozamokat realizál, mint korábban. Ezzel együtt újabb problémák jelentek meg: a mezőgazdaság egyre nagyobb mértékben megterheli a környezetet (*Krombholz, 2018*). Ezt a szakaszt Zöld Forradalomnak is nevezhetjük (vö. *Bögel, 2018; Jóri, 2017*).

Mezőgazdaság 3.0: 1980-tól a számítógépek, illetve a mikroelektronikai eszközök megjelenésével, majd az internethálózat kiépülésével újabb fejlődési szakaszba lépett a mezőgazdaság. A GPS-rendszeren alapuló automata kormányzás, a sorvezető megjelenése és a digitális adatfeldolgozás hatékonyabbá tette a gazdálkodást (*Molnár et al., 2018; Pollmann, 2017*). Az ezredfordulón jellemző már a folyamatok számítógépes vezérlése, illetve optimalizálása – a számítógépek nemcsak a telephelyen, hanem az eszközökbe építve is kifejítették hatásukat és hatékonyabbá tették a termelést. Az automatizálás – elsősorban az állattartás területén – egyre nagyobb szerepet kapott.

Ezek az eszközök és folyamatok a mezőgazdaság környezetre gyakorolt negatív hatását csökkentik, ugyanakkor a felhasznált szerek, valamint a sokkal pontosabban mérhető környezeti terhelések hatására a környezet terhelésével kapcsolatos előírások sokkal szigorúbbak lesznek. Ez az a szakasz, amelyben a precíziós mezőgazdaság, illetve precíziós gazdálkodás kifejezés először megjelenik.

Mezőgazdaság 4.0: A 21. század elején az információs technológiák fejlődésével, a szenzorok olcsóbbá és egyúttal fejlettebbé válásával, valamint az egyre nagyobb adatforgalmat lehetővé tevő internetes hálózatok fejlődésével a mezőgazdaság egy új korszakába lépett, ahol az egyik legfonto-

sabb újítás az egyes eszközök informatikai összekapcsoltsága. A mobil, ugyanakkor egymással kommunikáló és együttműködő eszközök használatával, a mezőgazdasági gépek hálózatba kapcsolásával megjelentek az okos technológiák a földeken: a traktorokban, a kombájnokban és az egyes eszközökben – pontosabbá és hatékonyabbá téve az egyes munkafolyamatokat (*Digital Farming, 2017; Kunisch – Kloepper, 2017; Pollmann, 2017; Walter, 2017*).

Fontos jellemzője ezen új korszaknak az adatok egyre nagyobb szerepe a mezőgazdasági műveletek és folyamatok tervezésében, időzítésében, koordinálásában és végrehajtásában: a rendszerbe bekapcsolt eszközök feladata adatokat gyűjteni, adatokat továbbítani, majd a döntéshozatalra a rendelkezésre álló adatokkal elősegíteni. A digitális technológiák térnyerésével a döntéshozatal folyamata és körülményei is átalakulnak (*Székely, 2018*). A szakirodalom *smart farming*-nak (okos gazdálkodás) is hívja a mezőgazdaság ezen szakaszát (vö. *Schönfeld et al., 2018*).

Mezőgazdaság 5.0: „várhatóan a robotikán és a mesterséges intelligencia valamilyen formáján alapul majd” (*Jóri, 2017*). A mezőgazdaságban a robotizáció egyes vélemények szerint már pár évtized alatt elterjedhet (*Tóth, 2018*). A robotok az állattenyésztésben már most fontos szerepet töltenek be, például az állatok automatikus táplálásában, itatásában vagy a fejésben. Az állatokat egyedenként jelölik, digitálisan rögzítik adatait. A fejőrobotok így egyedileg ellenőrizhetik a tej mennyiségét, vezetőképességét és összetételét, amelyből következtetni lehet az állat egészségi állapotára (*Pollmann, 2017*). A növénytermesztésben az automatizált gyomnövényirtás megoldásain dolgoznak, részben már ma is működőképes – habár jelenleg inkább tesztfázisban lévő – eszközökkel és rendszerekkel (*Ruckelshausen, 2019*).

A mezőgazdaság fenti szakaszokra osztása a nemzetközi – főként német – szak-

irodalom alapján történt. Ki kell azonban térnünk a témával kapcsolatos magyarországi terminológiára is.

A magyar szakirodalomban a 2000-es években megjelent a precíziós gazdálkodás kifejezés (vö. *Székely et al., 2000*). A precíziós gazdálkodás egyik ismérve, hogy a gazdálkodás használja a különböző informatikai, illetve infokommunikációs technológiákat (*Kemény et al., 2017b; Tamás, 2002*), illetve „figyelembe veszi az adott termelési egységen belüli eltérő körülményeket és azok alapján határozza meg a kezelési jellemzőit” (*Kemény et al., 2017b: 15*).

Ezzel szemben *Tóth (2018: 170)* a precíziós gazdálkodást Gebbers és Adamchuk alapján a következőképpen írja le: „[a] precíziós gazdálkodás olyan műszaki, informatikai, információs technológiai és természetstechnológiai alkalmazások összessége, amelyek hatékonyabbá teszik a szántóföldi növénytermesztést. Mindezt úgy, hogy közben a természetvédelmi és fenntarthatósági elvárásokat is egyre magasabb szinten teljesítik.”

Külön említi az okosgazdálkodást (*smart farming*), ahol „a növények, állatok és a talaj pontosan azt a kezelést kapja, amire szüksége van” (*Tóth, 2018: 172*), azaz a gazdálkodó nem egy területet vagy állatállományt vizsgál, hanem ha szükséges, külön-külön az egyedeket. Látszik tehát, hogy amit *Kemény és szerzőtársai (2017b)* a precíziós gazdálkodás jellemzői alatt ért, azt *Tóth* esetében két külön fogalom írja le: a precíziós gazdálkodás, illetve az okosgazdálkodás.

Krombholz (2018: 251) a mezőgazdaság 4.0-tól külön kezeli az angol „*precision farming*”, „*precision livestock farming*” és „*precision agriculture*” fogalmakat; ezeket a kifejezéseket egyértelműen a mezőgazdaság 3.0 szakaszához sorolja.

A magyar – és részben a nemzetközi – szakirodalomban is használt precíziós gazdálkodás kifejezés tulajdonképpen egy olyan fogalom, amely a 2000-es évek előtt

kezdt meg honosodni, és amelyet azóta folyamatosan használunk; a technikai eszközök és mögöttes eljárások azonban nagymértékben megváltoztak. A precíziós gazdálkodás kifejezés használata célszerű, ha a mezőgazdaság 3.0 szakaszának fejlesztesére utalunk.

Kevésbé létjogosult a használata azonban, ha a mezőgazdaságban napjainkban zajló technológiai fejlődéseket kívánjuk hangsúlyozni. A nemzetközi szakirodalomra kitekintve a mai modern megoldásokat már a „*digital*”, illetve „*smart*” megoldások és folyamatok jellemzik, amelyek az összekapcsoltság, a sok adatforrásból nyert és intelligensen összekapcsolt adatok, valamint az ezek alapján történő előrejelzési képesség, illetve az egyedre bontott adatfelvétel és kezelés révén továbbmutat(hat)nak a precíziós technikákon. Egy analógiával élve: a gépesített mezőgazdaság fogalmát – habár helytálló – ma kevésbé használ-nánk az azóta bekövetkezett technológiai változások okán.

A mezőgazdaság 3.0 – a precíziós gazdálkodás – forradalma elsősorban a hatékonyság növeléséről szól. A hozamok növelése ugyanakkor részben az inputanyagok mennyiségének növekedését is maga után vonzotta (Kemény *et al.*, 2017a; Molnár *et al.*, 2018).

A mezőgazdaság 4.0 az adatokról szól: a különböző (belső és külső) forrásokból származó adatokról, azok hatékony feldolgozásáról és összekapcsolásáról; majd az adatok alapján (automatikus) javaslattelekről (vö. Bonneau *et al.*, 2017). Bögel (2018: 25) ebben a kontextusban adatrobánásról beszél: „a korábbinál sokkal több és többféle adat gyűjthető a talaj kémiai és biológiai összetételéről, a növények és az állatok állapotáról, a (mikro)klímáról és más, a gazdálkodást befolyásoló tényezőkről”.

Azaz a mezőgazdaság 4.0 tulajdonképpen a mezőgazdaság 3.0 – a precíziós gazdálkodás – kiegészülve a gépek és az eszközök hálózatba szervezésével, valamint a

nagy mennyiségű adat (*big data*) intelligens feldolgozásával (vö. továbbá Walter, 2017).

A párhuzamok az ipar 4.0 jellemzőivel kapcsolatban nyilvánvalók: az adat és az eddig egymástól független rendszerek összekapcsoltsága válik elsődlegessé és az adatok segítségével meghozott döntések és optimalizált folyamatok teszik lehetővé a termelékenységet növelését.

Amennyiben a gazdálkodás ezen mai szakaszát jelzővel szeretnénk ellátni, akkor a nemzetközi szakirodalom mintájára az „okos” és a „digitális” jelzők lennének azok, amelyek a jelen szakaszt legpontosabban leírják.

Hogyan definiálhatnánk tehát a mezőgazdaság 4.0 átalakulását?

A kormány által megfogalmazott „Magyarország Digitális Agrár Stratégiájának tervezete” szerint „[a] »Mezőgazdaság 4.0« a digitális agrárgazdaság, szűkebb értelemben a precíziós mezőgazdaság, az információs és kommunikációs technológiák (IKT), a nagytömegű adatok gyűjtésére, feldolgozására alapuló döntéstámogatás, továbbá az automatizálás és a robotizáció egyre szorosabb összefonódását, illetve a termelés, az üzemirányítás, a termékpályák üzleti modelljeinek megváltozását eredményező technológiai és vezetésirányítási reform összefoglaló neve” (Magyarország digitális..., 2018: 2).

A továbbiakban – fenti okból – a precíziós gazdálkodás fogalmat nem használjuk; a nemzetközi szakirodalom tükrében a jelenlegi átalakulások kapcsán a mezőgazdaság 4.0-ról beszélünk. Mezőgazdaság 4.0-án olyan, a mezőgazdasági termelést befolyásoló megoldásokat értünk, amelyek egymással kapcsolatban álló, a környezetet és a populáció egyedeit folyamatosan monitorozó technikai eszközök segítségével lehetővé teszik, hogy a termesztett növények, illetve tenyésztett állatok nagyon kis csoportjának vagy egyes egyedeinek igényeit és szükségleteit figyelembe véve azokat egyedileg kezeljék. Ezek a megoldások a sok forrásból származó

zó nagy mennyiségű adat integrálásával és feldolgozásával megkönnyítik – és részben automatizálják – a döntéshozatalt, a döntési folyamatokba az értéklánc és a termelést befolyásoló külső tényezők adatait is bekapcsolva. Ezt a fogalmat szinonimaként használjuk Tóth okosgazdálkodás (*smart farming*) fogalmával, illetve az angol „*smart agriculture*” és „*digital farming*” fogalmakkal (*Digital Farming, 2017; Tóth, 2018*).

A mezőgazdaság 4.0 fogalmának használatát és elválasztását a precíziós gazdálkodás fogalmától fentiek mellett az alábbi okokból is javasoljuk:

- külföldön a fogalmat mind szakmai, mind tudományos kontextusban egyre több esetben használják;
- részben már a magyar szakmai folyóiratok és portálok is átvették a kifejezést;
- a fogalom használatával terminológiai problémák előzhetők meg;
- a megnevezés könnyen kapcsolható az ipar 4.0 már ismert és bevezetett fogalmához.

MEZŐGAZDASÁG 4.0 – TECHNOLÓGIAI FELTÉTELEK

A mezőgazdaság 4.0 technológiai feltételei

A mezőgazdaság 4.0 forradalma nem jöhet létre bizonyos technológiai feltételek megléte nélkül, amelyek a 2010-es években váltak együttesen elérhetővé. Ezek a feltételek a következők (*Bögel, 2018; Digital Farming, 2017; Rose – Chilvers, 2018; Stočes et al., 2016*):

- a dolgok internete – *Internet of Thing* (IoT);
- a szenzorok és aktuátorok ára nagy mértékben lecsökken;
- a processzorok ára csökken;
- kiépített és a legtöbb helyen elérhetővé válik a széles sávú mobil kommunikáció;
- mindennapos és mindenki számára elérhetővé válik az adattárolás és az adatfeldolgozás a felhőben;

– a nagy mennyiségű adat – „*big data*” – feldolgozása és elemzése az informatikai fejlődésnek köszönhetően gyorsan megoldható;

– fejlődés az automatizálás és a szenzor-technológia területén;

– különböző rendszerek és eszközök összekapcsoltsága, illetve felkészítése a kommunikációra.

A technológiai feltételek nem csupán az általános infrastruktúrára vonatkoznak: a mezőgazdaság területén is folyamatosak a fejlesztések, amelynek eredményeként a mezőgazdaságban is egyre jellemzőbb lesz az adatok összekapcsoltsága, illetve a lehető legmodernebb technológia alkalmazása. Néhány példa (*PwC, 2015; Digital Farming, 2017*):

- Mezőgazdasági gépeken (traktor, kombajn) ma már alapfelszereltség a számítógép, amely mellett a gépeken egyre több szenzort alkalmaznak, így már jelenleg is mindennapos a modernebb rendszerekben az automatikus irányítás, az automatikus vetés, a telematikai megoldások – például a telepről láthatók a földön dolgozó gép adatai, pontos helye.

- A szenzorok nagy száma az eszközökön ahhoz is vezet, hogy a mezőgazdasági eszközöknek kettős szerepe lesz: egyszerre adatgyűjtő és a feldolgozott adatok alapján végrehajtott funkciót látnak el.

- Egyre nagyobb szerepet kapnak a nem fizikai szolgáltatások, mint az azonnali, pontos adatfeldolgozás, adatelemzés, például folyamatoptimalizáció, valamint a költségek és a kockázat csökkentése a különböző tényezők (időjárás, betegségek, gépek állapota) monitorozásával. Létrejönnek integrált mezőgazdasági rendszerek, amelyek segítségével az „élő” adatokból azonnali, optimális döntés hozható, így a hozam és a nyereség maximalizálható.

- Egyre inkább jellemző a mezőgazdasági értéklánc szereplőinek összekapcsolása.

- Az értéklánc összekapcsolásának hatásaként lehetőség van a mezőgazdasági tevékenységek külső és belső együttmű-

ködésének összehangolására. Minden belső, telepen belüli folyamat összehangoltta válhat, de az adatok nagy része a külső partnerek (pl.: beszállítók, vevők) között is megosztható. A kommunikáció – adatgyűjtés, adattovábbítás, adatfeldolgozás, elemzés – nagyrészt automatizált.

- Egyre nagyobb mennyiségben állnak rendelkezésre, illetve integrálhatók a döntési mechanizmusokba a külső adatforrások: műholdas képek, drónok képei/mérési adatai, időjárás mérőállomások adatai. Ezen külső adatforrások egy részének külső üzemeltetője van és az adat, valamint az adatok alapján megalkotott prognózis az, ami megvehető/előfizethető. Azonban maga az adatforrás is megvásárolható lehet, például egy mérőállomás formájában.

Ezen trendek és technológiák teszik lehetővé a mezőgazdaság 4.0 létrejöttét, amelynek legfőbb jellemzői (Höner, 2019):

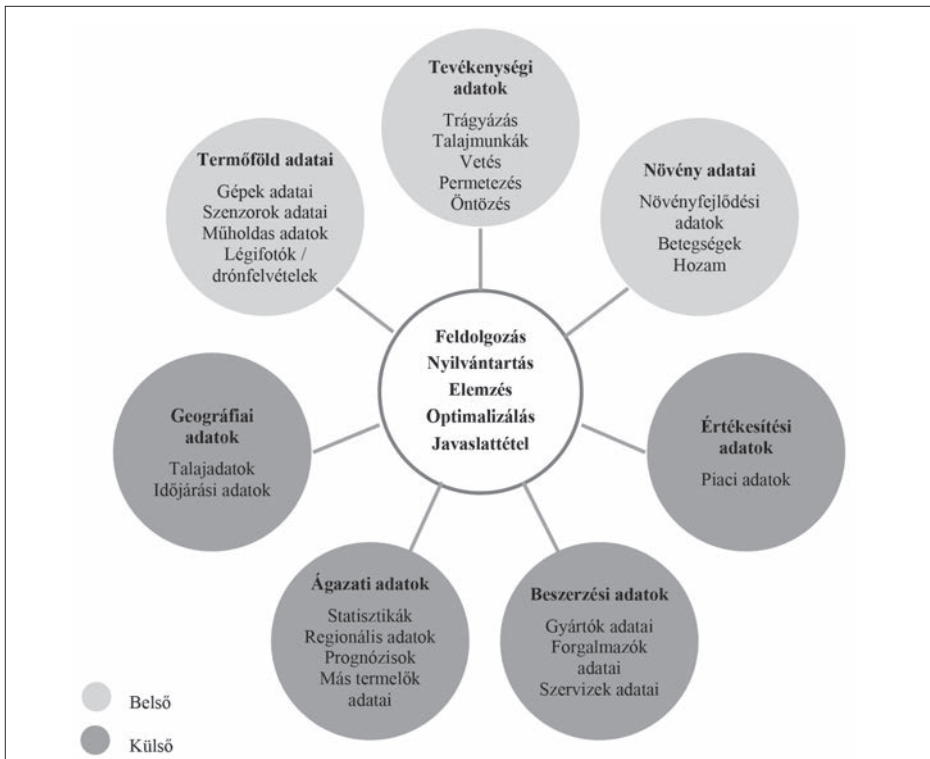
- a minél pontosabb helymeghatározás;
- kommunikáció az egyes mezőgazdasági eszközök között (pl. ISOBUS);
- nagy mennyiségű adat gyűjtése, értelmezése és feldolgozása (vö. Wolfert et al., 2017);
- minden adatforrás és adat összekapcsolása, illetve az adatok feldolgozása a felhőben.

Adatforrások egy növénytermesztő vállalkozás esetében

Az adatok forrását egy növénytermesztéssel foglalkozó vállalkozás esetében az 1. ábrán szemléltetjük.

I. ábra

Egy növénytermesztéssel foglalkozó vállalkozás lehetséges adatforrásai
(Possible data sources for a crop company)



Forrás: saját szerkesztés

Ezek az adatok részben korábban is a növénytermesztő rendelkezésére álltak; a hatékonyság növelését itt egyrészt az egyre több adatforrás bekapcsolása jelenti a folyamatba, másrészt azon szoftveres megoldások, amelyek segítségével a gyűjtött adatok hatékonyan feldolgozhatók.

Az 1. ábrán jelzett kapcsolatok részben kölcsönösek: a rendszerekből nyert adatokat a gyártók felhasználhatják fejlesztéseikhez, vagy az igényeknek megfelelő új szolgáltatással léphetnek piacra; illetve az összekapcsoltság a munkafolyamatokat is megkönnyítheti, például gyártói/szervizszolgáltatások formájában (távdiagnosztika, távoli szoftveres frissítések). A gyártó által összegyűjtött adatok segítségével többek között adott területre optimalizált gépbeállítások végezhetőek.

Az adatok térnyerését és a mezőgazdasági vállalatok adatfeldolgozási megoldásainak fontosságát jól mutatják a közelmúlt cégfelvásárlásai, amikor mezőgazdasági cégek olyan cégeket vásároltak fel, amelyek elsősorban adatgyűjtésre és adatfeldolgozásra specializálódtak (részletesen vö. *Bögel, 2018*).

A mezőgazdaság 4.0 területén tehát az adatok gyűjtése, kezelése, az adatspecifikációk, az adat átadása, az adatfeldolgozás és az adatelemzés (lesz) a kulcskérdés. A mezőgazdaság 4.0 forradalma azonban a gyakorlatban még csak gyerekcipőben jár, habár a fejlett országokban egyre nagyobb szerepet kapnak az új, innovatív – de inkább a mezőgazdaság 3.0 szakaszához sorolható – technológiák.

Egy német reprezentatív felmérés alapján csak a német mezőgazdasági cégek 20%-a használ valamilyen modern digitális technológiát; a több mint 100 alkalmazottal rendelkező mezőgazdasági vállalkozások esetében ez a szám 30% feletti (*Pollmann, 2017*). Magyarországon egy kutatás eredménye szerint a mezőgazdasági vállalkozások 63%-a semmilyen GPS-alapú technológiát nem használ (*Berta, 2018: 350*), illetve az

Agrárgazdasági Kutató Intézet felmérése alapján 2016-ban csupán a megkérdezettek 6,9%-a folytatott precíziós gazdálkodást (*Kemény et al., 2017a*), és elsősorban a nagyobb – 300 ha feletti – területeken gazdálkodók fiatalabb generációja használja az új technológiákat (*Magyarország digitális..., 2018: 6*).

Egy fontos különbség a már elterjedtebb ipar 4.0 megoldások és a mezőgazdaság 4.0 lehetőségei között, hogy míg az iparban a külső tényezőket igyekeznek kizárni (pl. klimatizált gyárépület), és a folyamatok viszonylag könnyen algoritmizálhatók (adott robot azonos fajta munkadarabon azonos beavatkozást elvégezve adott változtatást hoz létre a munkadarabon), addig a mezőgazdaságban a változó körülmények, a környezet és az egyedek jellemzői nagyban befolyásolják az eredményeket: az, hogy egy növény adott helyen, adott időben nem igényel tápanyagot, nem jelenti azt, hogy másnap sem igényel, illetve hogy a növénytől 10 méterre levő másik azonos növénynek sincs szüksége tápanyagra. Így biológiai és környezeti tényezők sokasága határozza meg a szükséges, elégséges és lehetséges beavatkozásokat (vö. *Digital Farming, 2017; Krombholz, 2018*). A mezőgazdaság ezen jellemzői az okai annak, hogy a digitális technológiákat nagyobb mennyiségben egyelőre zárt mezőgazdasági rendszerekben (üvegházak, vertikális farmok) alkalmazzák (*Bögel, 2018*).

A MEZŐGAZDASÁG 4.0 ÖSSZEFÜGGÉSEI

A mezőgazdaság 4.0 lehetőségei

A következőkben néhány példát mutatunk be a ma is elérhető, az adatokon, illetve adatok összekapcsolásán alapuló szolgáltatásokra.

A Syngenta AgriEdge Excelsior programja és a Land.db szoftver a növénytermesztés teljes folyamatában segítséget nyújt a gazdálkodók számára, míg a FarmShots alkal-

mazással a gazdálkodó műholdas felvételeken keresztül kap elemzést a növények állapotáról, arról, mennyire egészséges a kultúra, illetve láthatók az esetleges betegségek, a kártevők pusztításai és a tápanyag- vagy vízhiány (*Syngenta, 2019*).

A Yara az optimális műtrágyázáshoz nyújt segítséget az Atfarm applikációval: a gazdálkodó egy képfelismerő szoftvert használva fotókat küld egy vállalati szerverre, ott néhány percen belül értékeli az adatokat, majd információkat nyújtanak a szükséges műtrágyázásról. A Yara AgroOffice néven integrált farmmenedzsment szoftvert is kínál. A szoftverek mellett eszközöket is fejlesztenek, például traktorra szerelhető, illetve kézi nitrogén-szükséglet mérő eszközöket (*Yara, 2019*).

Az Agrifac AiCPlus rendszer a permetezést forradalmasítja: a permetező karjaira szerelt kamerák képet készítenek a kar előtti kultúráról, majd egy szoftver azonosítja a kultúrában a gyomnövényeket. Amikor a permetező kerete a megfelelő helyre ér, akkor a permetszert célzottan juttatják ki a gyomnövényre, ezzel elkerülve a gyomirtó felesleges használatát. A rendszer jelenleg tesztfázisban van, és csak viszonylag kevés gyomnövényt ismer fel, az első eredmények azonban biztatóak: a rendszer 93–95%-os pontossággal ismeri fel a megfelelő méretű gyomnövényt és akár 20 km/h sebességnél is hatékonyan működik (*Böhrnsen, 2019*). A digitális mezőgazdaság így csökkenti a környezetterhelést, és lehetővé teszi a hatékonyabb gazdálkodást.

Az új technológiák anyagi megtakarítást (pl.: üzemanyag-fogyasztás csökkentése, inputanyagok mennyiségének csökkentése) és hatékonyabb időbeosztást tesznek lehetővé, mindezek mellett kevésbé terhelik a környezetet (pl.: nitritmaradványok csökkentése, talajerózió csökkentése), csökkentik a külső hatásoktól való függést (pl.: időjárás, betegségek), ezzel együtt a kockázatot. A gazdálkodó a műveleteket valós időben követheti, valós idejű információk állnak

rendelkezésére, így ennek függvényében hozhat meg döntéseket (*Digital Farming, 2017; Molnár et al., 2018*).

A mezőgazdaságban nagy mennyiségű áru kezelése történik. A digitalizáció hatására hatékonyabbá válnak a logisztikai folyamatok is, ezáltal csökken az áruforgalom generálta CO₂-kibocsátás és környezetszennyezés (*Pollmann, 2017*).

A digitalizáció a termelésben betöltött szerepén kívül egyszerűsíti az adminisztrációt az adattárolás révén, hiszen a felhőben tárolt adatokat könnyen elérhetik a különböző programok; hatékonyabbá válik a munkatervezés, a dokumentáció és az adatgyűjtés (*Molnár et al., 2018; Pollmann, 2017*).

A környezetvédelmi és a gazdasági előnyök mellett a digitalizálásnak köszönhetően a gazdálkodónak több információja van anélkül, hogy neki vagy alkalmazottainak a termelés helyszínén kellene lennie. Az automatizálás és az ezzel járó erőforrás-megtakarítás ezáltal csökkenti a termelés költségét. A digitalizált rendszereknek a minőségbiztosításban is szerepe van: a munkafolyamatok dokumentálása és visszakövethetősége hatékonyabb minőségellenőrzést tesz lehetővé (*Pollmann, 2017*).

A mezőgazdaság 4.0 kihívásai és veszélyei

Az új technológia, illetve az adatoktól való függés azonban kihívásokat és veszélyeket is hordoz magában, melyek a következők:

Kihívások

- Nagy adatmennyiség és az adatok hatékony feldolgozásának kérdése (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- Széles sávú vezeték nélküli kapcsolat kiépítése.

- Különböző gyártók adatai közötti átjárhatóság kérdése. A mezőgazdaság tipikusan az az ágazat, ahol egy termelőegységen belül számos mezőgazdasági márka megta-

lálható, így fontos a megfelelő adatátvitel a különböző gyártók eszközei között (vö. *Bonneau et al., 2017; Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- Az adatok vegyes minősége (vö. *Wolfert et al., 2017*).

- Az új technológia hatékony használatának megtanulása időigényes és speciális képzéseket tesz szükségessé (vö. *Deter, 2018*).

- Munkahelyek megszűnése; ezzel párhuzamosan új (általában magasan kvalifikált) munkahelyek létrejötte (*Magyarország digitális..., 2018; Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- Új üzleti modellek megalkotása válik szükségessé (*Bonneau et al., 2017; Wolfert et al., 2017*).

- Jogi és szabályozási kérdések: repülésbiztonsági szabályozások és előírások, az autonóm (vezető nélküli) közlekedés kérdései, környezetvédelmi jogi kérdések, adatvédelmi kérdések (vö. *Eisenberger et al., 2017*).

Veszélyek

- Adatbiztonság és az ebből eredő problémák (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018; Kunisch – Kloepfer, 2017*).

- Adatok birtoklásának kérdése – kié az adat? (*Kunisch – Kloepfer, 2017; Wolfert et al., 2017*)

- Ez utóbbi kettővel összefüggésben függőségi helyzet kialakulásának veszélye egyes szolgáltatóktól (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- Adatokkal való visszaélés veszélye: az adatokhoz hozzáférők számára minden pontosan látható.

- Konfliktusok a hagyományos és az új technológiák használói között; akár a telepen, családi vállalkozáson belül (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- A döntéshozatal a mezőgazdasági szakember kezéből kikerülhet, és átkerülhet az adatokat birtokló vállalatokhoz.

Az egyik legnagyobb kihívás az új, digitális technikák elsajátításával függ össze. *Berta (2018)* magyar mezőgazdasági vállalatokban alkalmazott információs technológiák használatát felmérve mutat rá, hogy a mezőgazdaságban kevésbé jellemző a számítógépek használata, mint más ágazatokban.

A hatalmas adatmennyiség kezelése is kihívásokat jelent. A hagyományos adattárolási és adatelemzési módszerek már nem alkalmasak a gyorsan növekvő adatmennyiség biztonságos kezelésére a jövőben. Az adatok tárolása és elérhetősége új technikai megoldásokat igényel (*Pollmann, 2017*). A felhasznált adatok eközben nem csak a szűken vett mezőgazdasági telepről származnak, és nem csak a telepre vannak hatással: a teljes értéklánc – kiegészítve minden, a termelést befolyásoló független tényezője adataival – előállítja és felhasználja az adatokat.

További problémát hordoz a nagy sáv szélességű internet elérhetősége, hiszen a nagy sáv szélességű hálózati hozzáférés nélkülözhetetlen a nagy adatmennyiség valós idejű áramlásához. A 4G-elérhetőség a vidéki területeken – ahol a földek vannak – problémát jelent. Fontos kiemelni, hogy Németországban a mezőgazdaság 4.0-val kapcsolatban már a 10-szer gyorsabb 5G-hálózatok telepítését tervezik (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*). Azokon a területeken, ahol nincs kiépítve megfelelő hálózat, a műholdas internetelés kínálhat alternatívát (*Kunisch – Kloepfer, 2017*).

Az adatok biztonsága szintén sok vita forrása. A vállalatoknak és a kutatóknak fontos az összegyűjtött adatok teljes körű felhasználása, ez azonban gyakran ütközik a gazdálkodók érdekeivel és jogaival, akik félnek a függőségtől és az adataik nyilvánossá válásától (vö. *Kunisch – Kloepfer, 2017*). A gazdálkodók és a vállalatok közötti szerződések szabályozzák ugyan az adatbiztonságot, azonban a bi-

zalmatlanság ennek ellenére jelen van az adatkezeléssel kapcsolatban (Pollmann, 2017).

Egy másik félelem a digitalizáció és az automatizálás miatt a munkahelyek elvesztése. Az Európai Gazdaságtudományi Központ kutatói szerint a Németországban dolgozó munkavállalók 42%-a végez olyan munkát, amely körülbelül két évtized alatt digitalizálható vagy automatizálható lesz; természetesen ezzel párhuzamosan a digitalizálás következtében új foglalkozási területek jönnek létre (Pollmann, 2017).

Az inputanyagok minőségével kapcsolatos igények is problémát jelentenek. Az új technológiával ellátott rendszerek megkívánják a jó minőségű, homogén vetőmagot, műtrágyák esetén a kiváló minőségű granulátumokat (Kemény et al., 2017b), amelyek beszerzése még 2020-ban sem könnyű feladat Magyarországon.

A mezőgazdaság 4.0 kínálta előnyöket és kihívásokat a 2. ábrán látható módon foglalhatjuk össze.

Amint látjuk, az összefüggések – mind a lehetőségek, mind a kihívások és a veszélyek – részben túlmutatnak a mezőgazdaságon: minden, adatokkal és adatkezeléssel kapcsolatos kérdés információtechnológiai, informatikai (hardveres vagy szoftveres), információtovábbítási, illetve részben jogi (adatvédelmi) kérdéssé is válik.

KÖVETKEZTETÉSEK – A MEZŐGAZDASÁG 4.0 JÖVŐJE

Jelenleg nehéz előre jelezni, hogyan hat a digitalizáció és az automatizáció a különböző méretű gazdaságokra.

A mezőgazdaság 4.0 hasznáról és előnyeiről még nem készültek – nem készülhettek – komplex, többéves tapasztalatokon alapuló elemzések. A precíziós gazdálkodás már kipróbált és használt megoldásai azonban azt mutatják, hogy a termelékenység növelhető. Kemény és szerzőtársai (2017a) kimutatták, hogy habár a kisebb gazdaságok is profitálnak a precíziós megoldások előnyeiből, másrészt azonban ezen beruházások egy része nagyon költségigényes – Berta

2. ábra

A mezőgazdaság 4.0 előnyei és hátrányai
(Advantages and disadvantages of agriculture 4.0)

Előnyök és lehetőségek	Kihívások és veszélyek
<ul style="list-style-type: none"> – inputanyag-felhasználás optimalizálása – jövedelmezőség növelése – hozamnövekedés – hozamingadozások csökkentése, termelés minőségi javítása – alacsonyabb termelési költség – alacsonyabb önköltség – munkaerő-megtakarítás – hatékonyabb munkaszervezés – sokrétű adatgyűjtés lehetősége – hatékonyabb minőség-ellenőrzés – munkahelyek teremtése – élelmiszer-biztonság növelése – szigorúbb szabályozások, amelyek megkövetelik a modern technológiákat – versenyelőny – a nagyobb élelmiszerigény megköveteli a modern technológiákat – versenyelőny – csökkenti a környezetterhelést (talaj, víz, levegő), alacsonyabb szintű kemizálás – talajerózió csökkentése 	<ul style="list-style-type: none"> – költségnövekedés az új technológiával – hatalmas mennyiségű adat kezelése – adattárolás – nem szükséges adatok szűrése – specializált munkaerő – szakemberek, szakismeret – hiánya – internethálózat elérhetősége (4G) – hagyományos munkahelyek megszűnése – adatbiztonság – rendszer bonyolultsága – új jogi szabályozások – szabványok, adatformátum változása – kompatibilitási problémák – gyártói érdekek változása (saját rendszerek fejlesztése)

Forrás: Berta (2018); Höner (2019); Kemény et al. (2017b); Molnár et al. (2018); Podmaniczky (2018) és Pollmann (2017) alapján saját szerkesztés

(2018) rámutat, hogy az integrált ügyviteli rendszerek bevezetését is elsősorban a magas költségek miatt nem tervezik a kisebb gazdaságok. Így a precíziós fejlesztések után alkalmazható „okos” fejlesztések ahhoz vezethetnek, hogy a kis- és nagygazdálkodók közötti hatékonyságbeli különbségek megmaradnak, esetleg tovább növekednek.

Az új eszközök és technológiák fejlesztése sok kihívást rejt magában. A fejlesztésekbe be kell vonni a gazdálkodókat és az alkotmenseket előállító kis innovatív vállalatokat egyaránt. A fejlesztéseknél nemcsak egy csoport/vállalat, hanem a lehető legtöbb stakeholder érdekeit figyelembe kell venni (Rose – Chilvers, 2018).

További fejlesztések szükségesegek például az alábbi területeken:

- A M2M (*machine-to-machine*) technológia fejlesztése várhatóan folytatódik. A gépek és eszközök továbbra is kombinálhatók a különböző digitális szolgáltatásokkal. Ehhez megfelelő kompatibilitásra és könnyű adatátvitelre van szükség a különböző eszközök és a felhő között (Pollmann, 2017).

- Szükséges az agrárszektor digitalizálását célzó kutatások támogatása (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- A tudományból és a termelésből származó adatokat össze kell kapcsolni egy közös platform létrehozásával, illetve össze kell kapcsolni a mezőgazdasági termelés szempontjából releváns kutatási irányokat (Pollmann, 2017).

- Meg kell találni az adatok biztonságának és az adatok feletti rendelkezésnek a megfelelő formáit (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- A hatalmas – és egyre növekvő – mennyiségű adatból hatékonyan kell tudni rendelkezésre bocsátani a releváns adatokat (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- Biztosítani kell az ágazati adatok szabad hozzáférését (pl.: Agricultural Market

Information System – AMIS; Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring Initiative – GEOGLAM), hogy így elkerülhetővé váljon az ármanipuláció (*Digitalisierung in der Landwirtschaft, 2018*).

- Visszakövethetővé kell tenni a termelési folyamatba és a termékbe bekerülő anyagokat (*Magyarország digitális..., 2018*).

- Fejleszteni kell a digitális kompetenciákat (*Magyarország digitális..., 2018*).

- A mezőgazdaság digitális átalakulásának társadalomra gyakorolt hatását is szükséges vizsgálni (Rose – Chilvers, 2018).

A jövő ad választ arra a kérdésre is, hogy az itt leírt eszközök és megoldások inkább egy vertikális (a teljes spektrumot lefedő, integrált, másokkal nem kompatibilis gyártói megoldások) vagy horizontális (sok gyártó/szolgáltató, amelyek kevés, esetleg csak egy-egy eszközre és megoldásra specializálódtak) piacot alakítanak ki (Bögel, 2018). Jelenleg mindkét piac kialakulása elképzelhető: a jelenlegi trendek – sokféle márka párhuzamos használata egy termelési egységen belül – inkább a horizontális piac kialakulását feltételezik; ennek ellenére az ígéretes „kis” cégek felvásárlása könnyen eredményezheti hosszabb távon a piac vertikalizálódását.

Arra vonatkozóan 2020 áprilisában még nem készült átfogó elemzés, hogy a Covid-19-járvány hogyan hat majd a mezőgazdaság digitalizációs folyamataira – több helyi elemzés és előrejelzés azonban arra utal, hogy ez a folyamat felgyorsulhat (vö. Foote, 2020; Romania Journal, 2020; Sihlobo, 2020; Viet Nam News, 2020). Feltételezhető, hogy a járvány eseményei és összefüggései két kontextusban is relevánsak lesznek a mezőgazdaság digitális átalakulására:

1. A digitális megoldások fejlesztése felgyorsul, mivel

- a) a gazdálkodók digitális megoldásokat keresnek,

- b) a kormányzatok minden területen támogatják a digitalizálást, így célzott ku-

tatási, illetve támogatási forrásokat nyitnak meg, ezért

c) a gyártók, illetve a független fejlesztők egyre több digitális megoldást hoznak létre.

2. A gazdálkodók – látva a hagyományos megoldások hátrányait – nyitottabbak lesznek az új, digitális technológiák alkalmazására.

ÖSSZEGZÉS

Amellett érveltünk, hogy a mezőgazdaság 4.0 kifejezés, illetve a nemzetközi szakirodalomban erre szinonimaként használt „okos” és „digitális” mezőgazdaság fogalma pontosabban írja le a mezőgazdaság jelenlegi folyamatait és technológiáit, mint a korábbi – 3.0 – szakaszban keletkezett precíziós gazdálkodás fogalma.

A tanulmányban röviden vázoltuk a mezőgazdaság fejlődését a mezőgazdaság 4.0 szakaszáig. Bemutattuk, hogy a mezőgazdaság 4.0 digitális, összekapcsolt megoldásai miért tekinthetők új szakasznak, majd röviden vázoltuk az ezen megoldások

kínálta lehetőségeket és kihívásokat, valamint a veszélyekre is felhívtuk a figyelmet.

Hozzá kell tennünk, hogy amikor a mezőgazdaság 4.0 fogalmának bevezetését javasoljuk, azt részben *ex post facto* teszszük: a kifejezés – illetve annak ekvivalense adott idegen nyelven – már részben része a szakmai diskurzusnak. Így a tanulmány elsősorban a fogalom kontextusba helyezését célozta meg, és részben a fogalom magyar tudományos kommunikációba történő bevonását segíti elő; tudatosan vállalva a leírtak esetlegesen vitaindító jellegét. Úgy gondoljuk azonban, hogy ezen első lépés megtétele szükséges ahhoz, hogy a fogalommal kapcsolatos diskurzus meginduljon.

Jelenleg a mezőgazdaság 4.0 forradalma zajlik. Az előnyök és a hátrányok hosszú távon válnak majd láthatóvá és elemezhetővé. Az azonban bizonyos, hogy a bevezetőben jelzett kihívásokra – klímaváltozás, növekvő élelmiszerigény, illetve a 2020-as világjárvány – megoldásokat jelenthetnek az ipar 4.0, illetve karöltve a mezőgazdaság 4.0 által elérhetővé tett technológiák.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) Berta O. (2018): Információs technológiák használata a magyar mezőgazdasági vállalkozások menedzsmentjében: avagy egy digitális agrárgazdasági kutatás eredményei. *Gazdálkodás*, 62(4) 337–352. – (2) Bonneau, V. – Copigneaux, B. – Probst, L. – Pedersen, B. (2017): *Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects. Digital Transformation Monitor*. European Commission – (3) Bógel Gy. (2018): A dolgok internetének hatása az ellátási láncokra: a mezőgazdaság példája. *Logisztika trendek és legjobb gyakorlatok, IV(2)* 23–27. – (4) Böhrnsen, A. (2019): Spot Spraying mit Kamera. *Profi*, (8) 94–96. – (5) De Clercq, M. – Vats, A. – Bie, A. (2018): *Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology*. World Government Summit in Collaboration with Oliver Wyman. <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2018/February/Oliver-Wyman-Agriculture-4.0.pdf> [2019.12.21.] – (6) Deter, A. (2018): Landwirtschaft 4.0 – endlich mal praktisch. *Top Agrar*, (3) 116–117. – (7) *Digital Farming: what does it really mean?* (2017): Brussels: CEMA - European Agricultural Machinery – (8) Digitalisierung in der Landwirtschaft 2018. Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft – (9) Eisenberger, I. – Hödl, E. – Huber, A. – Lachmayer, K. – Mittermüller, B. (2017): „Smart Farming” – Rechtliche Perspektiven. In Norer, R. – Holzer, G. (Hrsg.): *Agrarrecht. Jahrbuch 2017* (pp. 207–223.). Wien: NWV Verlag – (10) Fitzpatrick, M. – Gill, I. – Libarikian, A. – Smaje, K. – Zimmel, R. (2020): *The digital-led recovery from COVID-19: Five questions for CEOs*. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-digital-led-recovery-from-covid-19-five-questions-for-ceos> [2020.04.28.] – (11) Foote, N. (2020): *Innovation spurred by COVID-19 crisis highlights potential of small-scale farmers*. <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/innovation-spurred-by-covid-19-crisis-highlights-potential-of-small-scale-farmers/> [2020.04.28.] – (12) Horn P. (2018): A mezőgazdasági termelés jövőjét meghatározó néhány fontos kérdéskör. *Gazdálkodás*, 62(5) 385–405. – (13) Höner, G. (2019): Weniger Diesel – mehr

- Daten. *Top Agrar*, (6) 84–89. – (14) Jacobs, L. (2020): *Das ist der Spargel nicht wert*. <https://www.zeit.de/arbeit/2020-04/erntehelfer-coronavirus-infektion-rumaenien-deutschland> [2020.04.28.] – (15) Jóri I. (2017): *CEMA: A Digitális Mezőgazdaság fejlődésének története*. <https://agroforum.hu/szakcikkek/gepeszet/cema-digitalis-mezogazdasag-fejlodesenek-tortenete/> [2019.12.21.] – (16) Kemény G. – Takácsné György K. – Gaál M. – Keményné Horváth Zs. (2017a): A precíziós szántóföldi növénytermesztési technológiára való átállás becsült makrogazdasági hatásai, különös tekintettel a beruházási költségekre és megtérülésére. *Gazdálkodás*, 61(3) 223–234. – (17) Kemény G. – Lámfalusi I. – Molnár A. (szerk.) (2017b): *A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata*. Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet – (18) KPMG (2016): *The factory of the future*. KPMG AG. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/es/pdf/2017/06/the-factory-of-the-future.pdf> [2019.11.18.] – (19) Kregel, S. B. – Klocke, B. – Seidel, P. – Freier, B. (2014): Veränderungen im Auftreten von Pflanzenkrankheiten, Schädlingen und deren natürlichen Gegenspielern. In Lozán, J. L. – Graßl, H. – Jendritzky, G. – Karbe, L. – Reise, K. (Hrsg.): *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen*. Elektronische Veröffentlichung (Kap. 4.3). Hamburg: Universität Hamburg – (20) Krombholz, K. (2018): Gedanken zur Vorgeschichte von Landwirtschaft 4.0. In Frerichs, L. (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2018* (pp. 238–255.). Braunschweig: TU Braunschweig – (21) Kunisch, M. – Kloepfer, F. (2017): Landwirtschaft 4.0 im Maisanbau. *Mais*, (4) 156–160. – (22) Lasi, H. – Fettke, P. – Kemper, H. – Feld, T. – Hoffmann, M. (2014): Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4) 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4> – (23) Magyarország Digitális Agrár Stratégiájának tervezete (2018): <https://www.kormany.hu/download/c/26/51000/Magyarorszag-Digitalis-Agrar-Strategiajanak-tervezete> (2018): <https://www.kormany.hu/download/c/26/51000/Magyarorszag-Digitalis-Agrar-Strategiajanak-tervezete> [2019.12.15.] – (24) Molnár A. – Kiss A. – Illés I. – Lámfalusi I. (2018): A precíziós és a konvencionális szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata. *Gazdálkodás*, 62(2) 123–134. – (25) Nagy J. (2017): *Az ipar 4.0 fogalma, összetevői és hatása az értéklánra*. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem – (26) Nhamo, N. – Chikoye, D. (2017): Smart Agriculture: Scope, Relevance, and Important Milestones to Date. In Nhamo, N. – Chikoye, D. – Gondwe, T. (eds): *Smart Technologies for Sustainable Smallholder Agriculture* (pp. 1–37.). London: Academic Press – (27) Péter E. – Tóth-Kaszás N. – Ernszt I. – Kátóna A. – Birkner Z. (2020): A digitalizációs zászlóshajók innovatív megoldásai – egyes járműipari cégek válasza a világjárványra. In Bene Sz. (szerk.): *XXVI. Ifjúsági Tudományos Fórum* (pp. 1–6.). Keszthely: Pannon Egyetem Georgikon Kar – (28) Podmaniczky L (2018): Mezőgazdaság és környezet. In Mizik T. (szerk.): *Agrárgazdaság-tan II.* (pp. 402–444.) Budapest: Akadémiai Kiadó – (29) Pollmann, B. (2017): *Digitale Landwirtschaft: IT für Acker und Stall*. <https://bioeconomy.de/digitale-landwirtschaft-it-fuer-acker-und-stall> [2020.01.12.] – (30) PwC (2015): *Agrarwirtschaft 4.0: Die Ernte der Digitalisierung*. <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/agrarwirtschaft-4-0-die-ernte-der-digitalisierung.html> [2019.09.25.] – (31) Romania Journal (2020): *COVID-19 Market Volatility and Weak Harvest Forecast Increase Need for Digitization in the Agricultural Sector*. <https://www.romaniajournal.ro/business/covid-19-market-volatility-and-weak-harvest-forecast-increase-need-for-digitization-in-the-agricultural-sector/> [2020.04.28.] – (32) Rose, D. C. – Chilvers, J. (2018): Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 87. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087> – (33) Ruckelshausen, A. (2019): Von der Automation zur Autonomie. *DLG-Mitteilungen*, (5) 72–74. – (34) Schönfeld, M. – Heil, R. – Bittner, L. (2018): Big Data on a Farm—Smart Farming. In Hoeren, T. – Kolany-Raiser, B. (eds): *Big Data in Context* (pp. 109–120.). Cham: Springer – (35) Sihlobo, W. (2020): *Agriculture After the Pandemic*. <https://www.project-syndicate.org/commentary/covid19-labor-shortages-agriculture-automation-by-wandile-sihlobo-2-2020-04> [2020.04.28.] – (36) Stočes, M. – Vaněk, J. – Masner, J. – Pavlík, J. (2016): Internet of Things (IoT) in Agriculture – Selected Aspects. *Agri On-line Papers in Economics and Informatics*, 8(1) 83–88. – (37) Syngenta (2019): *AgriEdge. Make Better, Faster Decisions*. <http://www.syngenta-us.com/agriedge> [2019.12.09.] – (38) Székely Cs. (2018): Döntéshozatal a digitalizáció korában. In Illés B. Cs. (szerk.): *Proceedings of the International Conference „Business and Management Sciences: New Challenges in Theory And Practice” / „Gazdálkodás- és szervezéstudomány: Új kihívások az elméletben és gyakorlatban” nemzetközi tudományos konferencia tanulmánykötete* (pp. 563–571.). Volume II/II. kötet. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó – (39) Székely Cs. – Kovács A. – Zerényi E. (2000): A precíziós gazdálkodás ökonómiai értékelése. *Gazdálkodás*, 44(5) 1–10. – (40)

Tamás J. (2002): Precíziós mezőgazdaság. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó – (41) Tóth J. (2018): Technológiai fejlődés. In Mizik T. (szerk.): *Agrárgazdaságtan II.* (pp. 153–183.). Budapest: Akadémiai Kiadó – (42) Vasquez F. – Vita, G. – Müller, D. B. (2018): Food Security for an Aging and Heavier Population. *Sustainability*, 10: 3683. <https://doi.org/10.3390/su10103683> – (43) Viet Nam News (2020): *COVID-19 pandemic brings crisis and opportunity: experts.* <https://vietnamnews.vn/economy/674899/covid-19-pandemic-brings-crisis-and-opportunity-experts.html> [2020.04.28.] – (44) Walter, D. (2017): *Landwirtschaft 4.0 aus Sicht der heutigen Praxis.* ÖKL-Landtechnik-Seminar „Datenübertragung“. <http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/Detlef-WALTER-OeKL-Landwirtschaft-4.0-10-05-2017.pdf> [2019.12.09.] – (45) Weisz, M. – Péter, E. (2011): Hungarian agricultural and retail trade in a competitive environment. *International Journal of Agriculture and Biology*, 1(3) 133–137. – (46) Wolfert, S. – Ge, L. – Verdouw, C. – Bogaardt, M.-J. (2017): Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. – (47) Yara (2019): <https://www.yara.hu/> [2019.12.09.]

AGRICULTURE 4.0 – RELEVANCE, OPPORTUNITIES, CHALLENGES

By: Szőke, Viktória – Kovács, László

Keywords: agriculture 4.0, digital agriculture, precision farming, Covid–19

JEL: O33, Q10, Q16

In addition to the concept of industry 4.0 we often encounter the concept of agriculture 4.0 on professional portals and in professional publications in Hungary. The concept is getting more and more popular internationally: agriculture 4.0 (or Landwirtschaft 4.0 in German) and its synonyms as smart agriculture, smart farming or digital agriculture became part of the professional and scientific discourse in recent years. Despite its wide-spread international and limited Hungarian use, the concept of agriculture 4.0 is not yet used in the Hungarian scientific discourse.

The goal of the paper is to coin the concept agriculture 4.0 in Hungarian scientific discourse. We argue, that the concept of agriculture 4.0 is broader than the concept of precision farming: while the latter describes the efficiency of agricultural machinery, the former is characterized by connected tools and by solutions based on various data from internal or external sources. Precision farming – agriculture 3.0 – can therefore be regarded as a prerequisite for agriculture 4.0. Agriculture 4.0 is about data, connection between data, and partially automated data-driven decisions. Thus, the current transformation of agriculture 4.0 goes well beyond the agricultural activities undertaken on the farm.

There are many benefits of connected data; for example, less fuel is consumed, and less fertilizers and pesticides need to be used consequently reducing environmental pol-

lution. Continuous data collection also allows for immediate intervention (e.g. spraying) and digitization makes administrative tasks and the organization of workflows easier.

Data-driven agriculture also presents challenges and dangers. Data processing, establishing appropriate wireless internet connections, data compatibility and related legal regulations are challenging tasks, while data security and data ownership represent potential security issues. The digitalization process could however speed up, as a result of the Covid-19 pandemic.