

////////////////////////////////////TUDOMÁNYOS CIKK////////////////////////////////////

A klímainnovációs törekvések vizsgálata a dunántúli tervezési-statisztikai régiókban

BIRÓ KINGA – SZALMÁNÉ CSETE MÁRIA

Kulcsszavak: klímaváltozás, agrárdigitalizáció, agrárinnováció, klímainnováció, klímaorientált okos mezőgazdaság (Climate-Smart Agriculture, CSA)

JEL-kód: Q01, Q16, Q55

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A mezőgazdasági ágazat rendkívül kiszolgáltatott az éghajlatváltozás egyre fokozódó hatásaival szemben. A szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedése, az elhúzódnó és egyre intenzívebb hóhullámok, a vízszűkösség új keletű kihívások elé állítják a gazdálkodókat. A kutatás feltárja a hazai agrárgazdaságok klímaváltozással kapcsolatos tapasztalatait és tevékenységeit, továbbá bemutatja a Dunántúl (NUTS 2) országrészben vizsgált vállalkozásoknál megjelenő klímaorientált okos mezőgazdasági (Climate-Smart Agriculture, továbbiakban CSA) megoldásokat, illetve eszközöket, lehetőséget teremtve ezzel a figyelemfelkeltésre, a klímainnovációs tématerület jobb megismerésére és a jó gyakorlatok átadására, ezzel is segítve az ágazat fenntarthatósági szempontból pozitív irányú elmozdulását. Kutatásaink középpontjában az a hipotézis áll, miszerint a CSA-megoldások alkalmazása hatékonyan hozzájárul a fenntartható agrár- és vidékfejlesztés megvalósításához. Tanulmányunkban az országos mintából három dunántúli régió gazdálkodóinak CSA-fókuszú kvalitatív és kvantitatív értékelése kerül bemutatásra, melyben a mitigációs és adaptációs szempontok egyaránt megjelennek.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a klímaorientált okos megközelítés a vállalatok, vállalkozások tervezési stratégiáiba, illetve tevékenységi portfóliójába történő beépítése hozzájárulhat ahhoz, hogy a gazdaságok termelékenysége és digitális átállása fenntartható módon váljon fejleszthetővé, miközben a klímakockázatok, az üvegházhatású gázok kibocsátása és az ágazat éghajlatváltozással szembeni sérülékenysége is csökkenthető. A magyarországi fenntartható agrár- és vidékfejlesztés megteremtése érdekében a CSA-eszközök fejlesztése és alkalmazása is meghatározó jelentőségű, kiemelkedő potenciállal bír, hiszen nemcsak az uniós klímapolitikai célokat, hanem a nemzeti helyreállítási és rezilienciaépítési tervekét is támogathatja, összhangban a zöld gazdaságfejlesztési célok és a digitális átmenet gyakorlati megvalósításával.

BEVEZETÉS

Az éghajlatváltozás a 21. század egyik legkritikusabb gazdasági és társadalmi kihívása, amelynek környezetileg fenntartha-

tatlan tényét számos dokumentum megerősíti (Stern, 2006; IPCC, 2018; IPCC, 2019). A Párizsi megállapodás mérőföldkönek számít az éghajlatváltozás elleni küzdelemben, mivel felgyorsította a karbonszegény

gazdaságra való áttérést. Az antropogén eredetű üvegházhatású gázok kibocsátása globális szinten növekszik, melynek jelentős részéért a vállalati szféra tehető felelőssé. Számos kezdeményezés született a karbonsemlegesség elérésére, amellyel a vállalatok is kifejezhetik társadalmi felelősségvállalásukat. A 2019-es ENSZ-klimacsúcs különféle területi szintek kapcsán sürgeti konkrét intézkedések kidolgozását és végrehajtását az éghajlatváltozás területén. Az IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) legutóbbi jelentése szerint a 2007 és 2016 közötti mezőgazdasági tevékenységek globálisan az emberi tevékenységből származó szén-dioxid-kibocsátás 13%-át, a metán 44%-át és a dinitrogén-oxid 82%-át tették ki, így az üvegházhatást okozó gázok teljes antropogén kibocsátásának 23%-áért tehető felelőssé (IPCC, 2019). Az IPCC ötödik értékelő jelentése egyértelműen azt mutatja, hogy alkalmazkodás nélkül az éghajlatváltozás várható hatásai negatívan érintik a mezőgazdaságot (IPCC, 2014). Ezt az IPCC nemrégiben megjelent hatodik értékelő jelentése is megerősít, mely először nyújt részletesebb regionális értékelést is az éghajlatváltozásról, hangsúlyozva az antropogén tevékenységek klímaváltozást befolyásoló mivoltának jelentőségét (IPCC, 2021). Az alkalmazkodás szükségessége elsősorban az éghajlatváltozás mértékétől, a földrajzi elhelyezkedéstől és a rendelkezésre álló gazdasági, környezeti és társadalmi erőforrásoktól függ. Napjainkra az adaptációs intézkedések kutatása az egyik legdinamikusabban fejlődő kutatási iránnyá nőtte ki magát a klímaváltozás tudományterületén belül (Bosello, 2014; Porter et al., 2014; Isoard, 2011; Moser, 2011; Briesbroek et al., 2010). A jó gyakorlatok átadása és a gazdálkodók döntését befolyásoló tényezők értékelése egyaránt kiemelkedő fontosságú feladat. Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás, a környezeti kutatások és a bevált gyakorlatok számos tanulmány tár-

gyát képezik. A tudományos eredmények szerint a mezőgazdaságra gyakorolt hatások nagyon heterogén irányokat ölthetnek a növénytermesztésben (Olesen et al., 2002; Chavas et al., 2009; Hatfield et al., 2015; Vanschoenwinkel et al., 2016), valamint az állattenyésztésben (Qi et al., 2015) is. Nyugat-Európában és a fejlődő országokban egyre növekvő számú tanulmány lát napvilágot, melyek a klímaváltozással kapcsolatos regionális hatásokra és a mezőgazdaság helyi sajátosságaira összpontosítanak (Abildtrup et al., 2006).

Az innováció és a fenntartható fejlődés előmozdítása az egyik központi eleme az európai fejlesztési politikáknak. Egy erőforrás-hatékony, zöldebb és versenyképesebb gazdaság elősegítésében az innováció egyértelműen kulcsszerepet játszik. Az Európai Bizottság egyre inkább ösztönzi a fenntartható mezőgazdaság és élelmiszertermelés iránti elkötelezettséget az EU-ban, amely törekvés megjelenik az Európai Zöld Megállapodásban (*European Green Deal*). Kutatásunk összhangban áll a EU Közös Agrárpolitikájának (KAP) céljaival, hozzájárulva a mezőgazdasági termelés környezeti fenntarthatóságához. A KAP a „termelőtől a fogyasztóig” stratégia, illetve a biodiverzitási stratégia környezetvédelmi célkitűzéseit támogatja, rávilágítva ezzel az élelmiszer-biztonság fontosságára és az élelmiszer-termelés fenntarthatóság felé való elmozdítására (Európai Bizottság, 2019). Az ágazat alkalmazkodási lehetőségeire hívja fel a figyelmet az Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2019-ben megjelent jelentése is (EEA, 2019). A 2021. február végén megjelent új uniós Alkalmazkodási Stratégia (COM/2021/82 final) az éghajlatváltozás hatásaival szembeni reziliens Európai Unió megvalósítását helyezi a középpontba, ami összhangban áll az EU zöldség- és élelmiszer-termelési és fenntarthatósági törekvéseivel is. A stratégia fő célkitűzése, hogy az EU 2050-re az éghajlatváltozás hatásaival szemben reziliens társadalommá váljon, melyben a

klímainnovációs törekvések vidéki térségekben történő megvalósítása, továbbá az agrárgazdasághoz kapcsolódó intézkedések és fejlesztések is kiemelt szerepet tölthetnek be. A klímainnováció fogalmához kapcsolódó újításokat jellemzően a mitigációs tevékenységekkel társítják, de adaptációs tevékenységként is létrehozhatók (WWF, 2011).

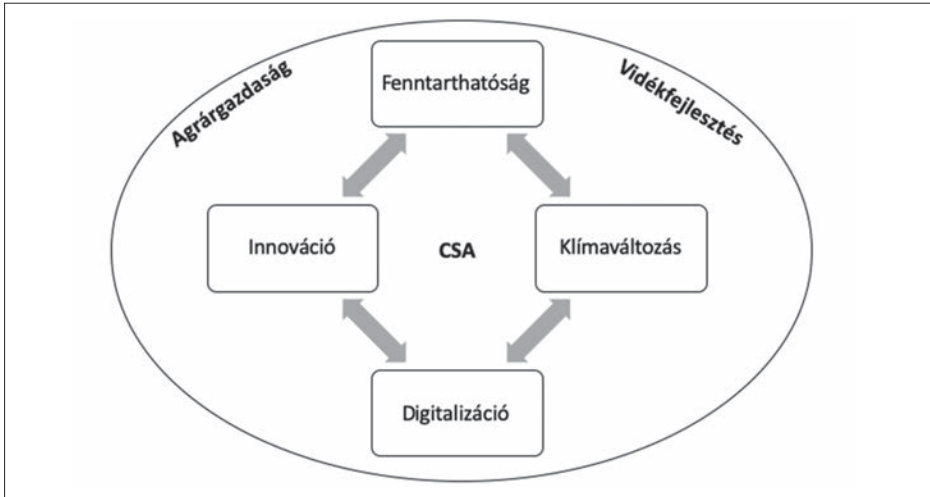
Az európai, valamint a magyar agrárpolitikában is egyre növekvő fontosságú a digitális technológiák témaköre. Az agrárdigitalizáció és versenyképesség növelése céljából született meg Magyarország Digitális Agrár Stratégiája (DAS), amely a digitális megoldások, a precíziós gazdálkodás elterjedését célozza az agrártermelésben. A korszerű technológiák hozzájárulnak az élelmiszer-biztonsághoz és a mezőgazdasági termelés zöldmezősségének növeléséhez (DAS, 2019). A digitalizáció a fenntarthatóság mindhárom dimenzióját erősítheti: (1) növeli a gazdálkodók jövedelmét, (2) csökkenti a termelési kockázatokat és a környezeti terhelést, illetve (3) csökkenti a kritikus munkaerőhiányt az agráriumban (Szóke et al., 2021). A magyar agráriumban digitális érettségi szintjének fejlesztési szándékával született meg a Digitális Agrárakadémia c. példaértékű kezdeményezés, amely a Nemzeti Agrárkamara honlapján – regisztrációt követően – tananyagokkal segíti az érdeklődő gazdálkodók megismerkedését a digitalizációval és ezek alkalmazhatóságával, hozzájárulva ezzel a vállalkozások és vállalatok piaci előnyéhez.

A fenntartható fejlődés hazai alapdokumentuma a 2012–2024-es időszakra szóló Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia (a továbbiakban NFFS), amely integrálja az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljait (*Sustainable Development Goals*, SDG) 2030-ra. Az NFFT (Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács) 2019 decemberében Cselekvési Terv Javaslatot fogadott el a természeti örökségünk védelméről és a természeti

erőforrások fenntartható használatáról, amely a mezőgazdaság számára a következő kulcsfontosságú célokat fogalmazza meg: az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartása, a környezeti teljesítmény javítása, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, az energiahatékonyság javítása, az éghajlatváltozás várható hatásaira való felkészülés és az azokhoz való alkalmazkodás, a sérülékenység csökkentése (NFFT, 2019). Az alkalmazkodás szempontjából a legnagyobb kihívást a klímaváltozás üteme és mértéke jelenti. A gyors változásokhoz a társadalmi és gazdasági rendszerek nem feltétlenül képesek dinamikusan és rugalmasan alkalmazkodni, ezáltal akár a rendszer stabilitása is veszélybe kerülhet, ebből adódóan is alapvető fontossága a klímaváltozás várható hatásainak vizsgálata és megismerése, valamint a kapcsolódó beavatkozási lehetőségek feltérképezése és a megoldások minél szélesebb körben történő megismertetése, illetve gyakorlati alkalmazása. Ennek támogatására született meg a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó és 2050-ig kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (a továbbiakban: NÉS-2), amelyben külön stratégiaként jelenik meg a klímaadaptáció témaköre a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégiában (NAS).

A klímaváltozás hatásai leginkább az olyan gazdasági folyamatokban érzékelhetők, amelyek a környezettel szoros kapcsolatban állnak, így a mezőgazdaság területén jelentősen éreztetik hatásukat. Magyarország a változó klimatikus viszonyok miatt számos kihívással néz szembe (Bartholy et al., 2009; Torma et al., 2011; Kis et al., 2017), így az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás a hosszú távú fenntarthatóság egyik kritikus pontjaként is értelmezhető. Az alkalmazkodási tevékenységek számát növekvő tendencia jellemzi, a gazdálkodók kisebb-nagyobb lépéseket tesznek az éghajlatváltozás várható hatásainak megelőzése érdekében, mint például

A klímaorientált mezőgazdaság értelmezési keretrendszere
(*Conceptual framework of Climate-Smart Agriculture*)



Forrás: saját szerkesztés a kutatás eredményei alapján

a vetésidő változtatása, a precíziós gazdálkodás és hatékonyabb fajok révén, fontos azonban megjegyezni, hogy a gazdaságok eltérő inputokkal, éghajlati tényezőkkel és talajjellemzőkkel rendelkeznek, így régióként eltérő, a helyi sajátosságokhoz igazodó, helyi jellemzőket figyelembe vevő adaptációs intézkedések alkalmazása szükséges (Olesen et al., 2010; Szőke et al., 2020).

Az 1. ábra ismerteti kutatásunk értelmezési keretrendszerét, mely alapvetően korunk legfontosabb kihívásainak való megfelelésre fókuszál az agrár- és vidékfejlesztés területén. A fenntarthatóság és a klímaváltozás sok szálon kapcsolódik egymáshoz, ágazati és térségi szempontból is körkörös jelleggel, már csak abból adódóan is, hogy az egyik a másik pályáját miként befolyásolhatja (Szalmáné Csete, 2018). Napjainkban a klímaváltozás mérséklése és a várható hatásokra való felkészülés fenntarthatósági vonatkozásai mellett a digitális átmenet kihívásainak való megfelelést és annak hatásait is célszerű figyelembe venni az ágazati és térségi vizsgálatokban egyaránt. Az újszerű kihívások újszerű, a

hagyományostól eltérő, sok esetben kreatív, inter- és multidiszciplináris látásmódot, valamint megoldásokat is megkívánnak, mely értelmezési keretrendszerünket újabb szemponttal bővítette.

A klímaváltozáshoz kapcsolódó problémák megoldásának kulcsa többek között az innovatív megoldások és vállalkozások előtérbe kerülésében, illetve a kapcsolódó javaslatok hatékony megvalósításában rejlik. A műszaki, technológiai innovációk jelentős mértékben hozzájárulhatnak a társadalmi kihívások megoldásához, de olyan negatív társadalmi externáliákkal is járhatnak, melyeket érdemes szem előtt tartani a tervezés és a megvalósítás során egyaránt. Kutatásunkban többek között arra kerestük a választ, hogy a fenntarthatóság-klímaváltozás-digitalizáció-innováció kölcsönkapcsolatainak vizsgálatára vonatkozóan mi lehet az a közös nevező, illetve értékelési szempont, amely mind a négy említett folyamat jellemzésére alkalmas lehet az agrárgazdaság és vidékfejlesztés területén. Vizsgálataink során arra a megállapításra jutottunk, hogy a klímaorien-

tált mezőgazdaság (CSA) erre egy alkalmas megoldást jelenthet. A fenntartható agrárgazdaság és vidékfejlesztés gyakorlati megvalósításában, a klímakockázatok és az alkalmazkodási lehetőségek figyelembevétele mellett, az agrárinnovációk tématerületén belül, az agrárdigitalizációs törekvésekkel összhangban a klímaorientált okos mezőgazdasági (CSA) megoldások, illetve eszközök vizsgálatára is célszerű megfelelő hangsúlyt fektetni hosszú és rövid távon egyaránt. Elemzésünkben a klímainnovációs törekvések ágazati kutatásainak keretében a CSA hazai helyzetének feltérképezésére és integrált értékelésére tettünk kísérletet, mely a nemzetközi és hazai szakirodalmi elemzések alapján is hiánypótló jellegű vizsgálat.

A MEZŐGAZDASÁG ÉS AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÖSSZEFÜGGÉSEI

A klímaváltozás és az agrárium sok szempontból kölcsönhatásban áll egymással, s komplex módon fejtik ki hatásukat, melyben többek között a természeti erőforrásokhoz való közvetlen kapcsolódás jelenti a közös nevezőt. Egyrészt az éghajlatváltozás várható hatásaihoz való alkalmazkodásra való felkészülési lehetőségeket célszerű figyelembe venni, másrészt pedig a megelőzésre is hangsúlyt kell fektetni a kibocsátáscsökkentési törekvések megvalósítása érdekében. A mezőgazdaság és a klímaváltozás közötti kapcsolat körkörös jellegű abban a tekintetben, hogy az egyik fejlődési pályája különböző mértékben befolyásolhatja a másikat és ugyanez fordítva is igaz. Az ágazatban kibocsátott üvegházhatású gázok (ÜHG) mennyisége szignifikáns szerepet játszik a klímaváltozás várható hatásainak alakulásában, s a klímaváltozás tendenciája pedig az ágazat jövőbeni fejlesztési lehetőségeit, illetve fejlődési pályájának alakulását képes módosítani. A jövőbeli változásokhoz való alkalmazkodás szükségességére már az Ag-

rárközgazdaszok Európai Szövetségének V. Kongresszusa is felhívta a figyelmet (Csete, 1987), mely idővel kiegészült a klímaváltozás várható hatásaihoz való alkalmazkodás témakörével. Célszerű megfelelő hangsúlyt fektetni a megelőzésre, továbbá a mitigációs beavatkozások és tevékenységek mellett a különféle típusú és eltérő hatékonyságú, helyi adottságokhoz igazodó alkalmazkodási lehetőségeknek is érdemes mindenképpen figyelmet szentelni, legyenek azok éppen hagyományosnak mondható vagy újszerű és kreatív, innovatív megoldások (EEA, 2019).

Klímaváltozás hatása a mezőgazdaságra

Magyarország a Kárpát-medencében található, így domborzati adottságai és klimatikus viszonyai kedvezőek, ugyanakkor ennek köszönheti éghajlati sérülékenységét is, mivel az ország területe három éghajlati övezet (kontinentális, óceáni és mediterrán) határán helyezkedik el (Bartholy et al., 2009; Torma et al., 2011; Kis et al., 2017). Az adaptáció kulcsfontosságú szerepet játszik az ágazati és regionális fenntarthatóságban (Szlávik és Csete, 2012; Csete et al., 2013; Szendrő et al., 2014; Bobvos et al., 2015; Csete és Szécsi, 2015; Kovács et al., 2017). A mezőgazdaság éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodása érdekében számos intézkedés és tevékenység hajtható végre (Smit, 1993; Kelly és Granich, 1995; Reilly, 1995; Brklacich et al., 1997; Reilly és Schimmelpfennig, 1999). A magyar agrárium vonatkozásában több tanulmány is felhívja a figyelmet az éghajlatváltozás várható hatásaihoz való alkalmazkodás jelentőségére (Farkasné, 2009; Li et al., 2017, 2018; Jolánkai és Birkás, 2007; Zemankovics, 2012; Gaál et al., 2014; Khanal et al., 2019; Bíró és Szalmáné Csete, 2021; Gaál et al., 2021). Az agrárvállalatok esetében a szakirodalom gyakran csak az éghajlatváltozás hatásaira vagy a mezőgazdaságból származó üvegházhatást okozó gázok kibocsátására és

ezek csökkentésére (Johnson et al., 2007; Smith et al., 2007; Darwin, 2019; Shurpali et al., 2019), illetve a klímaorientált okos mezőgazdaságra fókuszál (Branca et al., 2011; Lipper et al., 2018; Rosenstock et al., 2019; Frühauf, 2020; Khatri-Chhetri et al., 2019).

A mezőgazdaság hatása a klímaváltozásra

A mezőgazdasági ágazatnak ki kell elégítenie a növekvő termelési igényeket, így ez várhatóan hatással lesz az éghajlatváltozásra, ugyanakkor a gazdaság szerves részeként hozzá kell járulnia a kibocsátások csökkentéséhez. Alapvető fontoságú kérdés, hogy a szektor hogyan tudja csökkenteni a klímaváltozást anélkül, hogy veszélyeztetné az élelmiszer- és élelmészé-biztonságot.

A magyar mezőgazdasági ágazat ÜHG-kibocsátása az Európai Unió teljes kibocsátásának 1,9%-át tette ki 2019-ben. Hazánk kibocsátása növekedett, de értéke elmaradt az elmúlt tíz év trendjétől. A szektor ÜHG-kibocsátásának fő forrása a szén-dioxid (tonna CO₂-egyenértékben kifejezve), de jelentős mennyiségű a dinitrogén-oxid (N₂O) és a metán (CH₄) is. Magyarországon a mezőgazdaság a harmadik legnagyobb szén-dioxid-kibocsátó ágazat: 2018-ban 17,5%-kal járult hozzá a teljes kibocsátásához, melyben a legnagyobb részarányt a gabonafélék (26%) és élő állatok (26%), az ipari növények (12%) és az állati termékek (10%) képviselik. A hazai dinitrogén-oxid-kibocsátás 81%-a (termőföld és műtrágyák) és a metánkibocsátás 37%-a (állattenyésztés) ebből az ágazatból származik. Régiók szerint egyenlőtlen az üvegházhatású gázok kibocsátása, köszönhetően az eltérő területi és termelési adottságoknak. Átlag feletti a kibocsátás a Közép-Dunántúlon, a Dél-Alföldön és a Nyugat-Dunántúlon, ugyanakkor az átlagtól jóval elmarad az Észak-Magyarország régió. Az ország területének 58%-a mezőgazdasági művelés alatt

áll és a legjelentősebb művelési ága a szántó, mely a terület csaknem negyötödét teszi ki (KSH, 2021). Ez a földhasználati arány jóval meghaladja a nyugat-európai átlagot. Magyarországon a mezőgazdaság 4,1%-kal járult hozzá a bruttó hazai termékhez (GDP) 2019-ben (KSH). A nemzetgazdasági ág bruttó hozzáadott értéke 0,3%-kal maradt el az előző évitől, melyben szerepet játszott a mezőgazdasági teljesítmény csökkenése és a beruházási volumen nemzetgazdasági átlagnál kisebb mértékű emelkedése. 2019-ben a teljes állattenyésztés volumene 1,4%-kal nőtt, a nagyobb súlyú növénytermesztése pedig ugyanennyivel mérséklődött. A teljes volumen így összességében 0,3%-kal volt alacsonyabb a 2018. évinél. A mezőgazdaság teljes bruttó kibocsátásának volumene 2019-ben 0,4%-kal nőtt.

Összességében megállapítható, hogy a mezőgazdasági szektor nemzetgazdasági, foglalkoztatási és természeti szempontból is kiemelkedően fontos hazánk számára, azonban a klímaváltozásnak kitett, nagyon érzékeny ágazatról beszélünk, ezért szerepének megőrzéséhez elengedhetetlen a kibocsátáscsökkentési és adaptációs intézkedések alkalmazása.

AGRÁRINNOVÁCIÓK A KLÍMAVÁLTOZÁS KORÁBAN

Manapság széles körben elismert tény, hogy a klímaváltozás visszaszorításához intelligens és innovatív módszerek kidolgozása szükséges, amivel a jövőben felmerülő komplex kihívásokra is képesek leszünk megfelelő megoldásokat nyújtani. A nemzeti kormányok a klímaváltozás mértékének csökkentését és az alkalmazkodást egyre inkább lehetőségként tartják számon, mintsem a gazdasági jólét akadályának tekintik (OECD, 2021).

Az innováció fogalmát Joseph Schumpeter, a modern közgazdaságtan egyik megalapítója vezette be *A gazdasági fejlődéstudomány* című munkájában (1911). Az innováció jelentése a Schumpeter által

lehatárolt öt klasszikus alapeseten túlmutatóan mára már igen sokféleképpen leírható. Az innovációk általában új utat nyitnak, miközben növelik az értéket a vevők, a termelők vagy a végfelhasználók számára. Innovációnak minősül egy már meglévő termék vagy szolgáltatás jelentős fejlesztése, egy probléma kezelése vagy egy adott igény kielégítésének átalakítása. Az OECD az innovációt a vállalati gyakorlatban egy új, jelentősen javított termék (áru vagy szolgáltatás) vagy eljárás, új marketing- vagy szervezési módszer megvalósításaként határozza meg.

Az innováció gyakran kapcsolódik a vállalkozásokhoz, de a nyilvánosság, s egy közösség is hajthat végre innovációt. Innováció során a vállalkozás például új technológiákat használ, új szervezetet épít ki, új terméket állít elő, új értékesítési csatornákat alkalmaz. Az agrárgazdaság jelentős kihívások előtt áll, hiszen figyelembe kell vennie a klímaváltozás várható hatásainak kockázatai mellett a rendelkezésre álló környezeti tényezők és erőforrások minőségének és mennyiségének negatív irányú változását, a globálisan növekvő élelmiszer-szükségletet, amelyek mind elősegítették az agrárinnováció térhódítását. Az agrárinnováció nem újkeletű témakör, s a teljes agráriumra kiterjesztve értelmezhető fogalom (Borsos, 2006). Az uniós csatlakozás agrárpolitikai feltételrendszere is újabb kihívást jelentett a szervezett agrárinnováció területén (Csikai, 2006; Kapronczai, 2006), melyben kulcsfogalomként jelent meg a hatékonyságnövelés témaköre. A hatékonyság nemcsak ágazati, hanem társadalmi szempontból is meghatározó jelentőségű a vizsgált területen, hiszen az agrárinnovációk hatékonyan képesek hozzájárulni a fenntartható agrárium megvalósításának irányába történő elmozduláshoz (Csete, 2006), melynek jelentősége a digitális átmenet korában egyre inkább felértékelődik. Az EU 2014–2020-as programozási időszakának vidékfejlesztési

programja is hangsúlyozta az innovációval kapcsolatos intézkedések szerepét a vidék élhetőségének javításában.

Az Agrárgazdasági Kutató Intézet (jelenleg Agrárközgazdasági Intézet) 2014-ben megjelent tanulmánya az előzőek fényében az innováció akkori helyzetének értékelésére irányult a magyar agrár- és vidékfejlesztésben, mely szerint a hazai mezőgazdasági ágazatban az erős piaci verseny és a gyenge együttműködési hajlandóság következtében az innovációs rendszerek nem alakultak ki kellőképpen, vidéken az innovációs infrastruktúra hiányzik, szűkös az innovációkat alkalmazók aránya, valamint csekély számú jó gyakorlat található az alulról jövő kezdeményezésekre (Bíró, 2014). A tanulmány az innovációs hátrányokra is felhívta a figyelmet, külön kiemelve az innovációs fejlesztések finanszírozásának meghatározó voltát. A tanulmányban fő beavatkozási területként többek között a mezőgazdasági üzemek, az infokommunikációs fejlesztések és az innovációs célokot szolgáló partnerségek kerültek lehatárolásra mint az agrárinnovációs szakpolitika lehetséges eszközei, melyek a komplex innovációs rendszer megvalósításának alapjait is jelenthetik egyben (Bíró, 2014).

Az új technológiák, mint a monitoring, a robotizáció, az IoT (*Internet of Things*, Dolgok Internetje), a bioinnováció mind megfeleltethetők az általunk tárgyalt CSA-eszközöknek. A gazdálkodók és a kisvállalkozások számára az innovációs tevékenységek azonban nagy kockázatot jelentenek, így ezeket a kockázatokat kezelni szükséges. Ezt segítheti a partnerekkel való együttműködés, a jó gyakorlatok átadása, a továbbképzések, szakértők támogatása és visszajelzése. A műszaki-technológiai innovációk jelentős mértékben hozzájárulhatnak a társadalmi kihívások megoldásához, mint például a klímaváltozás vagy az élelmezés-, illetve élelmiszer-biztonság témaköre. Ezek mellett azonban érdemes a folyamatok értékelése során szem előtt

tartani azt is, hogy azok milyen negatív társadalmi externáliákkal járhatnak. Negatív társadalmi következmények közé tartozhatnak többek között például a különféle etikai vagy felelősségi kérdések, s ehhez kapcsolódóan egyre inkább a kutatások középpontjába kerül a felelős innovációk témaköre (Gremmen et al., 2019), mely számos esetben kölcsönkapcsolatban áll az agráriumban azonosítható innovációkkal is.

A társadalom az innováció egyik fontos mozgatórugója, mivel a mezőgazdasági termelés, az agrárélelmiszerzés jelentős hatással van fizikai környezetünkre. A társadalmi tényezők közül alapvetően meghatározó a gazdálkodók képzettsége és innovációra való nyitottsága. A 2014–2020-as időszakban elindul az Európai Innovációs Partnerség (EIP-Agri), melynek célja az agrárgazdaságok és erdőgazdálkodási ágazatok termelékenységének és fenntarthatóságának növelése, továbbá a klímaváltozás várható hatásaihoz való alkalmazkodás elősegítése. Az EIP-Agri feladata az innovációval és a mezőgazdasággal kapcsolatos tudás terjesztése és átadása, a gazdálkodók szemléletformálása, az innovatív szemlélet kialakítása, illetve olyan innovatív megoldások azonosítása, amelyek hozzájárulhatnak az agrárgazdaság versenyképességének növeléséhez az Európai Unióban (EIP-AGRI, 2018).

Az agrárinnováció magában foglalja a növénytermesztés, az állattenyésztés, az erdőgazdálkodás, a halászat és az agrár-ipar innovációját, ezáltal – a fentiek alapján – agrárinnovációknak tekintünk minden olyan új vagy már meglévő terméket, folyamatot, gyakorlatot és szervezési módot, amelyek növelik a gazdálkodó terméshozamát és jövedelmét, továbbá hozzájárulnak a fenntartható mezőgazdasághoz, amely egy adott kontextushoz képes igazodni. Az agrárinnovációs eszközökkel pedig azonosíthatók a komplex mezőgazdasági problémák, ezáltal növelhető az agrárium innovációs potenciálja. Azoknál a gazdál-

kodóknál, akik először alkalmazzák ezeket az innovációkat, a kockázatokkal is számolni kell, ugyanis esetükben szükség lehet extra tanulásra és ezek helyi kontextusba adaptálására.

KLÍMAORIENTÁLT OKOS MEZŐGAZDASÁG

Az ENSZ előrejelzése szerint a világ népessége 2050-re egyharmadával fog növekedni, ezzel szemben Magyarország népességének csökkenése várható (a jelenlegi 9,77 milliőről 2050-re 8,47 millióra). A FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) becslései alapján amennyiben a jövedelmek és a fogyasztás növekedési tendenciája tovább folytatódik, a mezőgazdasági termelésnek 2050-re 60%-kal kell növekednie ahhoz, hogy a jövőben ki tudja elégíteni az élelmiszer- és takarmányigényeket (FAO, 2013). Az élelmiszerbiztonság és az agrárfejlesztési célok eléréséhez elengedhetetlen a szektor klímaváltozáshoz való alkalmazkodása és a kibocsátások csökkentése. A mezőgazdaságnak tehát egyszerre három kihívásra kell reagálnia: (1) termelékenység és élelmiszerbiztonság biztosítása, (2) alkalmazkodnia kell a klímaváltozáshoz, (3) csökkenteni szükséges az üvegházhatású gázok kibocsátását (Meybeck és Gitz, 2010; Foresight, 2011; Beddington et al., 2012; HLPE, 2012). A klímaorientált okos mezőgazdaság erre a három kihívásra igyekszik megoldást találni, miközben integrálja a fenntartható fejlődés három dimenzióját. A CSA célja (2. ábra) a mezőgazdasági termelékenység és bevételek növelése fenntartható módon, az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás és ellenálló képesség kialakítása, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése és/vagy kivonása (FAO, 2013). A CSA nem csupán egy egyedi technológia vagy gyakorlat, amely általánosan alkalmazható, hanem egy olyan megközelítés, amely helyspecifikus vizsgálatot tesz szükségessé

a megfelelő mezőgazdasági gyakorlat és technológia kifejlesztése érdekében.

A CSA-országprofilok (*CSA Country Profiles*) áttekintést nyújtanak a világ országainak mezőgazdasági kihívásairól, és arról, hogy a CSA hogyan tud nekik segíteni a kibocsátások csökkentésében és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásban. (Sova et al., 2018). A profilok többsége Latin-Amerikát, valamint Afrika és Dél-Ázsia egyes részeit fedi le, ugyanakkor Európából egyedül Moldova szerepel az országprofilok között.

A Világbank (*World Bank*) is támogatja a klímaorientált okos mezőgazdaság koncepcióját, és elkötelezte magát amellett, hogy együttműködik az országokkal a CSA hármas célja érdekében. 2020-ban a Világbank mezőgazdasági támogatásának 52%-a az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást és annak enyhítését célozta (Sova et al., 2018). A Világbank számos országban támogat CSA-projekteket, például Kínában az alacsonyabb károsanyag-kibocsátású mezőgazdasági gyakorlatokat és intézményeket támogatja. Uruguayban a fenntartható mezőgazdaság érdekében energiahatékonysági beruházásokkal és a talajkezelési kapacitás javításával segítik a gazdaságok klímabaráttá válását. Egy mexikói projekt eredményeként 1842 agrárvállalkozás környezetvédelmi

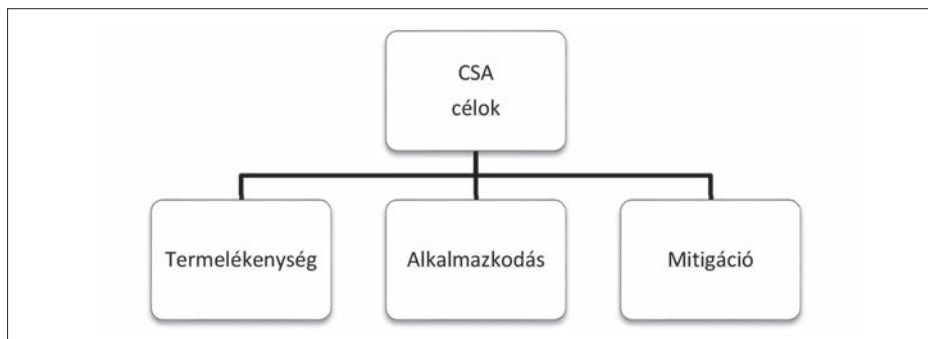
szempontból fenntartható technológiát fogadott el (megújuló energia, energiahatékonysági beruházások, fenntartható hulladékgazdálkodás, biomassa-átalakítás). 2015-től kezdve a pásztorokat is segítik a CSA alkalmazásában az afrikai Száhel övezetben az állatok egészsége és tenyésztésének javítása, valamint a fenntarthatóbb vadgazdálkodás előmozdítása érdekében. Kazahsztánban pedig a Fenntartható állattenyésztés-fejlesztési program részeként átalakítják a marhahúságazatot (World Bank, 2020).

Világszerte számos klímaorientált okos mezőgazdaságot támogató projekttel és kutatással találkozhatunk, azonban a nemzetközi szakirodalom áttekintése alapján egyértelműen látható, hogy Európában ezzel kapcsolatban még nem született releváns publikált kutatási eredmény, így jelen vizsgálat ilyen szempontból is hiánypótló jellegűnek tekinthető.

A 2. ábrán látható, hogy a CSA célrendszere három különálló pillérre épül, beleértve a mezőgazdasági termelékenység fenntartható növelését, az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését (FAO, 2013). A CSA-célok vizsgálata során a fenntartható agrárgazdaság és vidékfejlesztés célrendszeréhez való kapcsolódási pontokat, összefüggéseket is cél-

2. ábra

**A klímaorientált okos mezőgazdaság hármas célrendszere
(The triple goal system of the climate-oriented smart agricultural)**



szerű görcső alá venni. A mezőgazdasági gyakorlatok és technológiák az éghajlatra nézve akkor „okosak”, ha integrált előnyök előállítására képesek. Például a csökkentett talajművelési gyakorlatok növelhetik a termelést a talaj minőségének javításával, támogathatják a mitigációt a szén-dioxid-megkötés növelésével, és megerősíthetik a gazdálkodók ellenálló képességét az olyan éghajlati sokkokkal szemben, mint az aszály és az áradások (Branca et al., 2011, Thierfelder et al., 2017; Kernecker et al., 2020).

A klímaorientált okos mezőgazdaságot integrált szempontból célszerű vizsgálni, amely ötvözi az innovatív technológiákat, a termelési hatásokat, a biztosítási lehetőségeket és a kockázati preferenciákat. A CSA-megoldások a klímaváltozás mitigációs és alkalmazkodási célkitűzéseivel, az uniós zöldgazdaság-fejlesztési és digitalizációs törekvésekkel összhangban a hazai fenntartható agrárgazdaság és vidékfejlesztés megvalósításához is hozzájárulhatnak az agrárinnovációk, agrárdigitalizációs folyamatok egyik új területeként (Farkas et al., 2020), összhangban a vidéki térségek élhetőségének javítását célzó intézkedésekkel. A fenntartható agrárgazdaság és a fenntartható vidékfejlesztés rendszerének többek között részét képezi a fenntartható tevékenység, termelés, szolgáltatás és vállalkozás is (Csete, 2010), mely vállalkozások a klímaorientált okos megoldások felhasználói, alkalmazói is egyúttal, így az ő kezükben van a jövőorientált, klímabarát, fenntartható és versenyképes irányok megtalálásának kulcsa. A fenntartható tevékenység és vállalkozás szempontjából tekintve is kiemelt jelentőségű lehet a CSA-eszközök alkalmazásának vizsgálata, már csak abból adódóan is, hogy a fenntartható tevékenységek körében különösen érzékenyek azok a tevékenységek, melyek

a természeti erőforrásokhoz közvetlenül kapcsolódnak, mint amilyen a mezőgazdaság (Csete, 2010).

KUTATÁSI CÉLOK

Hazánk innovációs teljesítménye jóval elmarad az európai uniós átlagtól. A digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató (DESI) alapján Magyarország a 28 uniós tagállam között a 21. helyen áll (DESI, 2020). Az ország eredményei az utóbbi években az uniós átlagnak megfelelő ütemben javultak. A vállalatok többsége nem aknázza ki a digitális technológiákban, például a felhőalapú rendszerekben és a BigData technológiában rejlő lehetőségeket. Az európai innovációs eredménytábla (*European Innovation Scoreboard*, EIS) 2020. évi eredményei pedig azt mutatják, hogy EU-szerte továbbra is javul az innovációs teljesítmény: Svédország innovációs teljesítménye a legjobb az EU-ban, utána sorrendben Finnország, Dánia és Hollandia következik. Magyarország a mérsékelt innovátorok csoportjába tartozik, összesített innovációs mutatójának értéke az uniós átlag 66,4%-át éri el (EIS, 2020).

Az eredmények többek között rávilágítanak arra is, hogy az innováció kiemelkedő szerepet kap az EU globális versenyképességének növelésében és a Covid–19-világjárvány elleni küzdelemben. A koronavírus-világjárvány okozta gazdasági és társadalmi károk helyreállításának elősegítésére az EU létrehozta a Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszközt (*Recovery and Resilience Facility*, továbbiakban RRF), amely megadja a lehetőséget arra, hogy a tagállamok enyhítsék a Covid–19 következményeit, és újra növekedési pályára állhassanak, így Európa zöldebb, digitálisabb és ellenállóbb lesz, továbbá felkészültebben nézhet szembe a jelen és a jövő kihívásaival.¹ Ehhez igazodva Magyarország

¹ https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_hu

célkitűzése a vállalkozások felkészítése a digitális kihívásokra, a korszerű technológiák alkalmazására, különös tekintettel a mesterséges intelligenciára. Az RRF részeként megfogalmazott cél a vállalkozások digitális kapacitásának erősítése a mezőgazdaság fejlesztése érdekében.

A kutatás célja betekintést nyújtani a hazai agrárvállalkozásoknál megjelenő CSA-megoldások, eszközök és az éghajlatváltozás kapcsolatába, bemutatva a vállalkozásoknál megjelenő okoseszközöket és koncepciókat, amelyek szorosan kapcsolódnak az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás és az éghajlatváltozás mérséklésének folyamatához. Hangsúlyozva a digitális információáramlás stratégiai szerepét, amelyet okoseszközök támogatnak. A kutatás európai szinten is hozzájárulhat a fenntartható agrárium megvalósításához és támogatja a kiemelt gazdaságpolitikai célokat, mint az agrárium versenyképességének, hozzáadott értékének és jövedelemtermelő képességének növelését, valamint a vállalkozások digitalizációjának az erősítését.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatásunk során a három dunántúli tervezési-statisztikai NUTS 2 régió agrárvállalkozásai körében online kérdőívet alkalmaztunk, amelyet a Nemzeti Agrár-gazdasági Kamara (NAK) megyei igazgatóságának segítségével juttattunk el a vállalkozások felé. A kérdőív strukturált, zárt kérdéseket tartalmazott. A felmérés 2021. január és március között zajlott, továbbá egy félig strukturált szakértői mélyinterjú is készítettünk 2021 áprilisában, mellyel feltártuk a régió mezőgazdasági helyzetképét, a klímaváltozás kockázatait, továbbá az alkalmazott CSA-eszközöket, fejlesztendő területeket. A mélyinterjú során lehetőség nyílt a szakirodalmi források alátámasztására, a kérdőívben szereplő válaszok mélyebb megértésére, az okok feltárására, hiszen az érintett saját maga mondhatta el saját tapasztalatát és véleményét.

EREDMÉNYEK

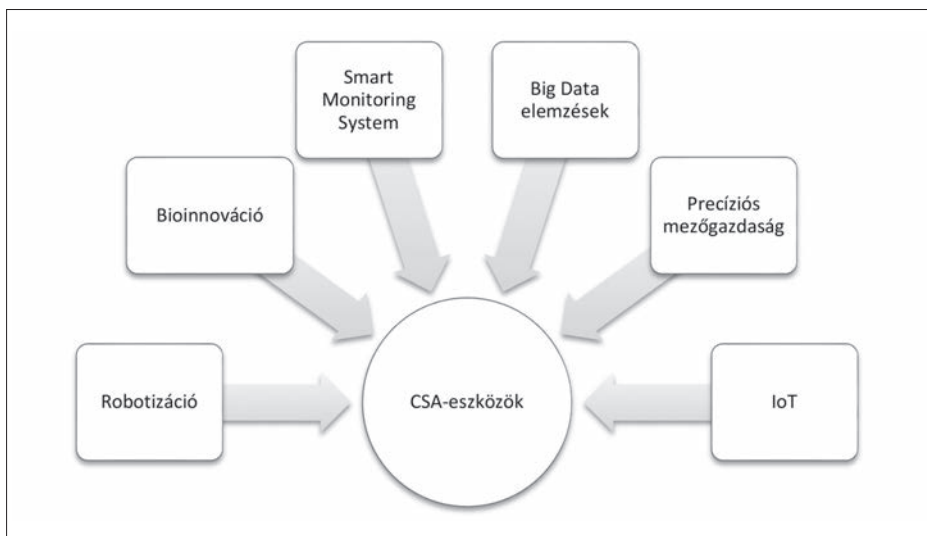
Vizsgálatunkban 40 vállalkozás alapján a Dunántúlra vonatkozóan általánosítottunk egy CSA-eszköztárat, továbbá értékeltük a Dunántúl agrárinnovációs és CSA-tevékenységét, amely egy nem reprezentatív mintán végzett kutatásnak minősül, így országos szinten nem általánosítható, ugyanakkor a térségre nézve kísérletet tettünk a vállalkozások agrárinnovációs portfóliójának összeállítására, amely a fenntarthatóság három dimenziója alapján rendszerezi az agrárszemponitú innovációs megoldásokat. A kutatásban kialakított portfólió egy, a mezőgazdasági tevékenységet folytató hazai vállalkozások CSA-tevékenységének értékelésére általánosságban alkalmazható modell, mely hozzájárulhat a jó gyakorlatok terjesztéséhez és a gazdálkodók agrárinnovációs tevékenységének előmozdításához, ezzel is támogatva a közös szakpolitikai célkitűzések megvalósítását.

KLÍMAORIENTÁLT OKOS MEZŐGAZDASÁGI ESZKÖZÖK

A klímaorientált okos mezőgazdasági eszközök (CSA) alatt egy olyan gyűjtőfogalmat értünk, amely magában foglal minden olyan mitigációs és adaptációs célú technológiát, megközelítést, intézkedést, amely elősegíti a klímabarát és klímareziliens mezőgazdaság létrejöttét. Az okoseszközök száma az innovációnak köszönhetően folyamatosan növekvő tendenciát mutat. A CSA-eszközök értelmezését leszűkíthetjük a különböző technológiai újításokra vagy a már meglévő technológiák újszerű felhasználására. Ezek az eszközök általában figyelembe veszik és alkalmazzák a hagyományosan bevált mezőgazdasági gyakorlatokat, így azokra építkezve hoznak létre innovációkat. A felmérés alapján azonosítottuk a vizsgált vállalkozásoknál megjelenő CSA-eszközöket. A CSA-eszközök technológiai kategorizálását szemlélteti a 3. ábra.

3. ábra

Klímaorientált okos mezőgazdasági eszközök kategorizálása
(Categorization of Climate-Smart Agriculture tools)



Forrás: saját szerkesztés a kutatás eredményei alapján

Megjegyezzük, hogy a fenti lista nem fedi le a CSA-eszközök egészét, az elemek lehatárolásakor az elsődleges szempont leginkább az eszközök sokszínűségének bemutatása volt, melyen keresztül betekintést szeretnénk nyújtani a CSA-technológiák diverz világába. Eddigi vizsgálataink alapján az alábbi kategóriák kialakítására került sor:

1. Robotizáció: elsősorban a növénytermesztéssel kapcsolatos innovációk, ilyen például az automata szedőgépek használata, mely gyorsabbá és hatékonyabbá teszi a betakarítást, vagy a robotizált gyom- és kórokozóirtást.

2. Bioinnováció: biológiai/kémiai technológiák felhasználásával segítik a mezőgazdaság ÜHG-kibocsátásának csökkentését és a klímaváltozáshoz való alkalmazkodást, ilyen a növénynevelés, az új GM-vetőmagok vagy a mesterséges hús kifejlesztése.

3. *Smart Monitoring System*: az okosrendszerek folyamatosan monitorozzák és elemzik például a haszonállatok viselkedé-

sét, ezáltal a gazdák az eddigieknél sokkal pontosabb képet kaphatnak állataik fizikai állapotáról.

4. Big Data elemzések: éghajlati trendek megállapítása és a pontosabb előrejelzések elkészítése.

5. Precíziós mezőgazdaság: hatékonyan képes a mezőgazdaságot „éghajlat-intelligensebbé” tenni, csökkentve annak környezetre gyakorolt hatását.

6. IoT (*Internet of Things*): mikroszenzorok, melyek a smart technológiák közé tartoznak, és az általuk mért különböző adatokat (pl. a talaj nedvességtartalma) képesek más online eszközök felé továbbítani.

KÉRDŐÍVES FELMÉRÉS

A teljes mintánkból egy regionális lehatárolást készítve 40 vállalkozás esetében végeztünk kvantitatív vizsgálatot, melynek regionális eloszlása a következőképpen alakult: 31 Dél-Dunántúl, 6 Közép-Dunántúl, 3 Nyugat-Dunántúl. A vállalkozások többsége 10 fő alatti alkalmazotti létszámmal üzemelő mikrovállalkozás (73%), 12% kis-

vállalkozás, 10% középvállalkozás és 2% nagyvállalat. A vállalkozások 55%-a növénytermesztéssel, 25%-a állattenyésztéssel, a többi erdő- és vegyes gazdálkodással, illetve méhészettel foglalkozik.

A klímaváltozás közvetlen kockázatait a vállalkozások 58%-a értékeli, ebből 4 esetben a kockázatértékelés szerves része, a többi 19 esetben pedig figyelemmel kísérnek pár klímakockázati tényezőt. A vizsgált vállalkozások 23%-a találkozott korábban a CSA fogalmával, és a válaszadók 70%-a szerint a CSA egy olyan szemléletmód, amely segít olyan módon átalakítani a mezőgazdaságot, hogy az biztosítsa a Föld lakosságának élelmiszer-szükségletét a klímaváltozás korában is. A többség a CSA-t a robotokkal és drónokkal azonosítja, miközben a szenzoralapú különféle megoldásokra nem gondolnak.

Az agrárinnováció többféle módszerrel is osztályozható. Az agráriumban gyakran említett innovációs területeket (IICA, 2014; IICA és IDB, 2013; OECD, 2011) továbbfejlesztve összesen hat csoportba soroltuk azokat, mégpedig:

1. felelősségteljes (*responsible*) innováció;
2. technológiai (*technological*) innováció;
3. társadalmi (*social*) innováció;
4. szervezeti (*organizational*) innováció;
5. zöld (*green*) innováció;
6. menedzsment (*management*) innováció.

Az innovációk különböző típusai szerint a fenntarthatóság három alappillérehez kapcsolódóan egy mitigációs (1. táblázat) és egy adaptációs (2. táblázat) fenntarthatósági hatásértékelő mátrixban elemeztük a vizsgált térségben alkalmazott CSA-megoldásokat, amelyek magukba foglalják azokat az új vagy továbbfejlesztett technológiákat, gyakorlatokat, illetve folyamatokat, amelyek ténylegesen pozitív hatással lehetnek a fenntarthatóság egy vagy több dimenziójára.

A vizsgált térségben agrártevékenységet

folytató vállalkozások mitigációorientált CSA-portfóliója alapján megállapítható, hogy az alkalmazott CSA-eszközök leginkább a fenntarthatóság környezeti és társadalmi pillérét erősíthetik. A legerősebbnek a környezeti dimenzió bizonyult az értékelés alapján. Az azonosított megoldások a társadalmi pilléren belül a felelősségteljes innovációt erősíthetik, amely a hatások előrejelzését jelenti az agráriumban minden szintjén (Eastwood et al., 2017), figyelembe veszi a társadalomra gyakorolt tágabb hatásokat, biztosítja a társadalmi előnyöket, kezeli a negatív hatásokat, így az okosgazdálkodás szempontjából kulcsfontosságú innovációról beszélhetünk. Az alacsony ÜHG-kibocsátású gazdaság hozzájárulhat a társadalmi jólét megerősítéséhez. Az élıhetőség a fenntarthatóság kulcsa, és ezt a célt támogatja a dekarbonizációs jövőkép, mégis az értékelésünk alapján a társadalmi innováció a legkevesbé támogatott láb. Az adaptációorientált CSA-portfólió táblázata alapján megállapítható, hogy az alkalmazott megoldások leginkább a fenntarthatóság környezeti pillérét erősíthetik. A dunántúli térségben a rendelkezésre álló adaptációs eszköztárnak a 33%-át alkalmazzák. A méretgazdaságossági szempontok érvényesülni látszanak: például a precíziós mezőgazdaság alkalmazásának feltétele a megfelelő gazdasági méret.

A felmérés alapján a dunántúli térségben összességében 12 CSA-eszközt sikerült azonosítani, melyek leginkább a környezeti dimenziót erősítik. Az okoseszközök többsége ugyan a mitigációs célok megvalósításához járulhat hozzá, azonban a fenntarthatósági átmenet irányába történő elmozduláshoz a klímaváltozás várható hazai hatásaira való felkészülést elősegítő, az alkalmazkodáshoz kapcsolódó CSA-tevékenységek léte is nélkülözhetetlen. Az adaptációorientált eszközök hazai alkalmazása az ágazati és térségi alkalmazkodási és agrárinnovációs kapacitást egyaránt javíthatja. A CSA-eszköz bevezetésének és alkalmazásának

I. táblázat
A vizgált térség fenntarthatósági szempontú mitigációorientált CSA-portfóliója
(The sustainability perspective mitigation-oriented CSA portfolio of the study area)

Azonosított mitigációs célú CSA-megoldások	Fenntarthatóság dimenzióit támogató innovációtípusok						A vizgált térségben alkalmazták
	Környezeti dimenzió		Társadalmi dimenzió		Gazdasági dimenzió		
	Zöld-innováció	Technológiai innováció	Társadalmi innováció	Felelősségteljes innováció	Menedzsment-innováció	Szervezeti innováció	
Biotermesztésben alkalmazott megoldás							
Biodízelrel üzemelő traktor							
Agrotechnológiai fejlesztés							
Okosjár műpark							
Öntözőrendszer szabályozása napenergiával							
Takarmány-menedzsment							
Integrált trágyakezelés							
Integrált élelmiszer-energia rendszerek (IFES)							
Öko-akvakultúra technikák							
Integrált növénygazdálkodás							
Víztakarékos smart öntözőrendszerek							
Okos-komposztálás							
Toxikus gázszint monitorozása							

Forrás: saját szerkesztés a kutatás eredményei alapján

akadályozó tényezőjeként jelent meg: (1) pénzügyi forráshiány, (2) szakmai kompetencia/szakértő hiány, (3) elavult munkagépállomány. Önerőből fejleszteni csupán a válaszadók 15%-a lenne hajlandó, a többi 60% támogatás igénybevétele mellett tudna CSA irányú fejlesztést megvalósítani.

A Digitális Agrárakadémia (DAA) tananyagokkal segíti az érdeklődő gazdálko-

dók megismerkedését a digitalizációval, bemutatva nekik az alapvető kérdésköröket, a lehetőségekhez való hozzáférés módját és azok eszközeit, ugyanakkor a felmérésben megkérdezett vállalkozások harmada (35%) ismeri, de gyakorlatban nem használja a tananyagokat. Az Agrárakadémia képzésén korábban egy vállalkozás vett csak részt, illetve kiemelendő, hogy a válaszadók 28%-

2. táblázat

A vizsgált térség fenntarthatósági szempontú adaptációorientált CSA-portfóliója
(The sustainability perspective adaptation-oriented CSA portfolio of the study area)

Azonosított adaptációs célú CSA-megoldások	Fenntarthatóság dimenzióit támogató innovációtípusok						A vizsgált térségben alkalmazták
	Környezeti dimenzió		Társadalmi dimenzió		Gazdasági dimenzió		
	Zöld-innováció	Technológiai innováció	Társadalmi innováció	Felelősségteljes innováció	Menedzsment-innováció	Szervezeti innováció	
Állománymenedzsment rendszer							
Aszálymonitoring rendszer							
Műtrágyahasználat optimalizálása							
Élőállat-aktivitásmérő, monitoring							
Okosszondák alkalmazása							
Környezeti szenzorok és adatgyűjtők							
Időjárás-előrejelzés alapú tevékenység-menedzsment							
Talajszenzor							
BirdAlert (intelligens madárriasztó)							
Talaj konduktivitását figyelő rendszer							
Éghajlat-intelligens állattenyésztés							
Kártevő-monitoring rendszer							
Robotizált gyomirtás							
Robotizált kártevőirtás							
Automata szedőgép							
Drónok alkalmazása							
Bioinnovációs eszközök							
Digitális farmmenedzsment							

Forrás: saját szerkesztés a kutatás eredményei alapján

a nem is hallott róla, miközben az ágazat versenyképessége szempontjából ezek alkalmazása és továbbfejlesztése kiemelkedő fontossággal bírhat. A DAA második fázisában javasoljuk a klímaorientált okos mezőgazdaság (CSA) megjelenítését a tananyagok között, mely keretet biztosítana a már meglévő digitális megoldásoknak, ezzel is segítve a magyar agrárium digitális érettségi szintjének növelését.

MÉLYINTERJÚ

A kutatás részét képező mélyinterjú alapvető célja bemutatni, hogy az állattenyésztésben és gyógynövénytermesztésben egyaránt tevékenykedő gazdálkodó a Dél-Dunántúlon hogyan vélekedik a magyar mezőgazdaság jelenlegi helyzetéről, a klímaváltozás következtében milyen fő nehézségeket tapasztal, továbbá feltérképezni az agrárinnovációval és CSA-val kapcsolatos véleményét, attitűdjét. A kérdőíves felmérésben vizsgált témaköröket kiegészítő interjú telefonos megkeresés alapján készült, melynek időtartama 90 perc volt.

Az interjút három témakör köré építettük fel: (1) általános kérdések, (2) ágazatban való jártasság, amely az agrárium általános helyzetére és annak klímaváltozással kapcsolatos esetleges nehézségeire irányul, (3) az ágazat innovációs helyzetképe, amely az agrárinnovációs fejlesztéseket, az agrártámogatásokat, továbbá a CSA-ban való jártasságot mérte fel. Hazánkban az agrárinnovációs támogatások nagy számban elérhetők ugyan, de nincsen rá egységes hazai szabályozási rendszer, amellyel adott régióra specifikusan lehetne támogatást elnyerni. Egy támogatás akkor jó, ha hosszabb távon képes segítséget nyújtani. A megkérdezett véleménye szerint a Digitális Agrárakadémia tananyagait is érdemes lenne a gazdák körében népszerűsíteni és a CSA irányába továbbfejlesztani, amely növelhetné a magyar mezőgazdaság digitális érettségi szintjét. Az éghajlatváltozás több szempontból is

jelentős hatással van a mezőgazdaságra. A hazai termelést leginkább a csapadék határozza meg, amelynek évszakos eloszlása megváltozott. A megkérdezett gazdálkodó a csapadégmentes, melegebb teleket, a gyorsan terjedő rovarkárttevők és kórokozók elszaporodását tapasztalja.

Az interjúalany a CSA fogalmával korábban még nem találkozott, ugyanakkor ismeri az agrárinnovációs eszközöket. A CSA-val kapcsolatban igényként merült fel egy szakmai leírás, használati útmutató összeállítása, amelyet a NAK és az önkormányzat szintjén javaslunk népszerűsíteni. A CSA-eszközök gyakorlati alkalmazásának korlátjai lehetnek. Az interjúalany példaként említette az élőállat-aktivitásmérőt, amely pontosabb képet ad ugyan az állat egészségi állapotáról, de korlátja a távolság és az eszközigény, a gyakorlati megvalósításával járó nehézségek, amelyek az állatok folyamatos figyelemmel kísérését, az adatok mérését és kiértékelését igénylik, ezzel megzavarva az állatok nyugalmát. A precíziós mezőgazdálkodás mint CSA valójában egy digitalizált gazdálkodási gyakorlat, amely nagy potenciállal bír, jobban összehangolhatók a talajjellemzők és a növényi igények a különböző tulajdonságú táblákon, ugyanakkor feltétele a megfelelő gazdasági méret. A magas ráfordítási költség megkövetel egy minimális üzemméretet, így a hazai kis és közepes méretű gazdaságok a megfelelő tőke és szakmai ismeret, gyakorlati tapasztalat hiányában nem tudják bevezetni. A kis méretű gazdaságok jellemzően az olyan eszközöket részesítik előnyben, amelyek egyszerűen használhatók és fenntartási költségük alacsony.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az Európai Unió zöld gazdaságfejlesztési és klímasegítségességi törekvéseivel, illetve a fenntarthatóságot és digitális átmenetet ösztönző célkitűzéseivel összhangban az agrár-szakpo-

litikában is egyre hangsúlyosabb szerepet kap az agrárdigitalizáció és az agrárinnovációk témaköre. Világszerte számos klímainnovációs folyamattal és klímaorientált okos mezőgazdaságot támogató projekttel és kutatással találkozhatunk, azonban Európában ezzel kapcsolatban még nem született releváns és nyilvánosan elérhető kutatási eredmény, így jelen tanulmány hiánypótlónak tekinthető.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a klímaorientált megközelítést beépítve a vállalkozások tervezési stratégiáiba, fenntartható módon növelhető a gazdaságok termelékenysége és digitális átállása, miközben csökkenthető az üvegházhatású gázok kibocsátása és az ágazat éghajlatváltozással szembeni sérülékenysége. A fenntartható agrárium megteremtése érdekében a CSA-eszközök fejlesztésében kiemelkedő potenciál rejlik, hiszen nemcsak az EU-s klímapolitikai célokat, hanem a nemzeti helyreállítási és rezilienciaépítési terveket is támogathatja, összhangban a zöld gazdaságfejlesztési célok és a digitális átmenet megvalósításával. A felmérés alapján a dunántúli térségben 12 CSA-eszközt sikerült azonosítani, melyek összességében leginkább a fenntarthatóság környezeti dimenzióját erősítik. Hiányterületnek a fenntarthatóság gazdasági pillére tekinthető. Az okoseszközök többsége a mitigációs célok megvalósításához járulhat hozzá, azonban a klímaváltozás várható hatásaira való felkészülést elősegítő, az alkalmazkodáshoz kapcsolódó CSA-tevékenységek is elengedhetetlenek.

A technológiai fejlesztéseket közelebb szükséges vinni a gazdálkodókhoz és célszerű támogatni őket a fenntartható innovációs beruházásokban, valamint ezek gyakorlati alkalmazásában. A vállalkozások klímainnováció irányába való pozitív elmozdulását ösztönözheti a jó gyakorlatok átadása (nemzetközi és hazai példák bemutatásával), a tájékoztatás, a

tudás- és tapasztalatcsere (konferenciák, workshopok, előadások, szakirányú továbbképzések), illetve gyakorlati segítségnyújtás az okoseszközök bevezetéséhez. A közös agrárpolitikai célok elérésében kulcsszerepe van a képzésnek, az oktatásnak és az átképzésnek. A gazdálkodókat fel kell készíteni a digitalizációra, hogy rugalmasan tudják kezelni a változásokat és lépést tudjanak tartani a dinamikus fejlődéssel. Elengedhetetlen a kistermelők szemléletformálása, az újra való nyitottságuk elérése, a digitális tudás megfelelő átadása és alkalmazása, melyek mind hozzájárulnak a hazai agrárdigitalizáció sikeréhez. Javasoljuk a klímainnováció és a klímaorientált okos mezőgazdaság témakörének beemelését a Digitális Agrárakadémia tananyagaiba, keretet adva ezzel a már meglévő digitális tananyagoknak, illetve ezen tananyagok hazai és határon túli terjesztését, hogy az agrárium minden szereplője számára biztosítani tudja a digitális alapismeretek megszerzésének lehetőségét.

Kutatásunk megerősítette, hogy a vizsgált térség gazdálkodói fogékonyak ugyan az agrárinnovációra, de csak részben használják ki a digitalizációban rejlő lehetőségeket, különösen a klímainnovációs megoldások esetében, hiszen nem rendelkeznek kellő tapasztalattal és gyakorlati tudással az innovációs eszköz megvalósításában és működtetésében. A megkérdezettek harmada érdeklődik ugyan a műszaki-technológiai újítások iránt, de a CSA-eszközök bevezetésének fő akadályozó tényezőjének a pénzügyi forráshiányt és a képzett munkaerő hiányát tartják. Önerőből vagy pénzügyi támogatás igénybevételével a vállalkozók 73%-a lenne hajlandó digitális eszközfejlesztést megvalósítani. A hazai agrárium számára az agrárdigitalizáció elterjedése, a technológiatranszfer kiváló lehetőség a mezőgazdasági termelés növeléséhez, piaci pozíciójának megőrzéséhez és javításához, továbbá digitális

érettségi szintjének a növeléséhez, amely a klímainnovációs és fenntarthatósági szempontok integrálását is támogatja. A kutatás jövőbeni iránya a vizsgált régióra vonatkozó reprezentatív minta felállítása, továbbá a klímaváltozás szempontjából releváns kockázatok és fenyegetettségek azonosítása, valamint a megoldási lehetőségek regionális sérülékenységet figyelembe vevő differenciált vizsgálata.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmányban szereplő kutatás az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- Abildtrup, J., Audsley, E., Fekete-Farkas, M., Giupponi, C., Gylling, M., Rosato, P. & Rounsevell, M. (2006). Socio-economic scenario development for the assessment of climate change impacts on agricultural land use: a pairwise comparison approach. *Environmental Science & Policy*, 9(2), 101–115. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.11.002>
- Bartholy, J., Pongracz, R., Torma, C., Pieczka, I., Kardos, P. & Hunyady, A. (2009). Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian Basin. *International Journal of Global Warming*, 1(1/2/3), 238–252. <https://doi.org/10.1504/ijgw.2009.027092>
- Beddington, J., Asaduzzaman, M., Clark, M., Fernández, A., Guillou, M., Jahn, M., Erda, L., Mamo, T., Van Bo, N., Nobre, C. A., Scholes, R., Sharmam, R. & Wakhungu, J. (2012). *Achieving food security in the face of climate change: final report from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS). www.ccafs.cgiar.org/commission
- Biesbroek, G. R., Termeer, C. J. A. M., Klostermann, J. E. M. & Kabat, P. (2013). On the nature of barriers to climate change adaptation. *Reg. Environ. Chang.* 13, 1119–1129, <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0421-y>.
- Biró, K. & Szalmáné Csete, M. (2021). Corporate social responsibility in agribusiness: climate-related empirical findings from Hungary. *Environ Dev Sustain*, 23, 5674–5694. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00838-3>
- Biró, Sz. (szerk.) (2014). *Innováció a magyar agrár- és vidékfejlesztésben*. Agrárgazdasági Kutató Intézet.
- Bobvos, J., Fazekas, B. & Páldy, A. (2015). Assessment of heat-related mortality in Budapest from 2000 to 2010 by different indicators. *Időjárás*, 119, 143–158.
- Borsos, J. (2006). Agrárinnovációtól a társadalmi aszimmetriáig. In Jávor A. és Borsos J. (szerk.), *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum által rendezett tudományos ülés: Az agrárinnovációtól a társadalmi aszimmetriáig* (pp. 72–82.). Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum.
- Bosello, F. (2014). The role of economic modelling for climate change mitigation and adaptation strategies. In A. Markandya, I. Galarraga & E. S. de Murieta (Eds.), *Routledge Handbook of the Economics of Climate Change Adaptation*. Routledge: Abingdon, UK. <https://doi.org/10.4324/9780203095201>.
- Branca, G., McCarthy, N., Lipper, L. & Jolejole, M. C. (2011). *Climate-smart agriculture: A synthesis of empirical evidence of food security and mitigation benefits from improved cropland management*. Mitigation of Climate Change in Agriculture Series 3. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/3/i2574e/i2574e00.pdf>
- Brklacich, M., McNabb, D., Bryant, C. & Dumanski, J. (1997). Adaptability of agriculture systems to global climate change: A Renfrew County, Ontario, Canada pilot study. In B. Ilbery, Q. Chiotti and T. Rickard (Eds.), *Agricultural Restructuring and Sustainability: A geographical perspective* (pp. 351–364.). Wallingford, CAB International.
- Chavas, R. D., Izaurrealdea, R. C., Thomson, A. M. & Gao, X. (2009). Long-term climate change impacts on agricultural productivity in eastern China. *Agric. For. Meteorol.*, 149, 1118–1128, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.02.001>

- COM/2021/82 final. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Forging a climate-resilient Europe – the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change.
- Csete, L. (1987). Az alkalmazkodó vállalati rendszer. In *Az Európai Agrárközgazdászok V. Kongresszusának tanulmányai* (pp. 32–36.). Agroinform Kiadó.
- Csete, L. (2006). A hatékonyság társadalmi, gazdasági jelentősége és változó megítélése. In Jávor A. és Borsos J. (szerk.), *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum által rendezett tudományos ülés: Az agrárinnovációtól a társadalmi aszimmetriáig* (pp. 272–287.). Debrecen Egyetem Agrártudományi Centrum.
- Csete, L. (2010). Kihívás: a fenntarthatóság megvalósítása vidéken. *Gazdálkodás*, 54(2), 148–159.
- Csete, M. & Szécsi, N. (2015). The role of tourism management in adaptation to climate change – a study of a European inland area with a diversified tourism supply. *Journal of Sustainable Tourism*, 23(3), 477–496. <https://doi.org/10.1080/09669582.2014.969735>
- Csete, M., Pálvölgyi, T. & Szendrő, G. (2013). Assessment of climate change vulnerability of tourism in Hungary. *Regional Environmental Change*, 13, 1043–1057. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0417-7>
- Csikai, M. (2006). A köztestületi szerep és felelősség az agrár-vidék fejlesztésében. In Jávor A. és Borsos J. (szerk.), *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum által rendezett tudományos ülés: Az agrárinnovációtól a társadalmi aszimmetriáig* (pp. 27–32). Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum.
- Darwin, R. (2004). Effects of Greenhouse Gas Emissions on World Agriculture, Food Consumption, and Economic Welfare. *Climatic Change*, 66, 191–238. <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000043138.67784.27>
- DAS (2019). 1470/2019. (VIII. 1.) Korm. határozat a magyar agrárium digitalizációjának előmozdításáról és összehangolásáról, Magyarország Digitális Agrár Stratégiájáról. http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=215474.371486
- DESI (2020). *The Digital Economy and Society Index (DESI)*. Letöltve 2021.03.28. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>
- Eastwood, C., Klerkx, L., Ayre, M. & Dela Rue, B. (2017). Managing socio-ethical challenges in the development of smart farming: from a fragmented to a comprehensive approach for responsible research and innovation. *J. Agric. Environ. Ethics* 32, 741–768. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9704-5>
- EIP-AGRI (2018). *Agricultural Knowledge and Innovation Systems - Stimulating creativity and learning*. European Commission.
- European Environment Agency (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*. EEA Report No 04/2019. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2800/537176p112>
- European Innovation Scoreboard (EIS) (2020). *Country profiles: Hungary*. Letöltve 2021.03.28. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_20_1150
- FAO (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. <http://www.fao.org/3/i3325e/i3325e.pdf>
- Farkas, G., Magyar, P., Molnár, A. és Zubor-Nemes, A. (2020). Adatbányászati módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban – a gépi tanulás felhasználási lehetőségei. *Gazdálkodás*, 64(1), 15–24. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.302629>
- Farkasné Fekete, M. (2009). A mezőgazdasági területek érzékenységének és adaptációs képességének mérési lehetőségei. *Gazdálkodás*, 53(3), 222–232.
- Foresight (2011). *The future of food and farming: challenges and choices for global sustainability*. Final Project Report. The Government Office for Science.
- Frühau, M., Guggenberger, G., Meinel, T., Theesfeld, I. & Lentz, S. (Eds.) (2020). *KULUNDA: Climate Smart Agriculture. Innovations in Landscape Research*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15927-6>
- Gaál, M., Molnár, A., Illés, I., Kiss, A., Lámfalusi, I. & Kemény, G. (2021). Where do we stand with digitalization? An assessment of digital transformation in Hungarian agriculture. Chapter 11. In D. Bochtis, C. Achillas, G. Baniyas and M. Lampridi, *Bio-Economy and Agri-production* (pp. 195–206.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819774-5.00011-4>

- Gaál, M., Quiroga, S. & Fernandez-Haddad, Z. (2014). Potential impacts of climate change on agricultural land use suitability of the Hungarian counties. *Regional Environmental Change*, 14, 597–610. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0518-3>
- Gremmen, B., Blok, V. & Bovenkerk, B. (2019). Responsible Innovation for Life: Five Challenges Agriculture Offers for Responsible Innovation in Agriculture and Food, and the Necessity of an Ethics of Innovation. *J Agric Environ Ethics*, 32, 673–679. <https://doi.org/10.1007/s10806-019-09808-w>
- Hatfield, J. L. & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather. Clim. Extrem.*, 10, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- High Level Panel of Experts (HLPE) (2012). *Food security and climate change. A report by the HLPE on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Rome.
- IICA (Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture) (2014). *Innovation in agriculture: a key process for sustainable development*. Institutional position paper, San Jose, CR.
- IICA and IDB (InterAmerican Development Bank) (2013). *Impactful innovations: lessons from family agriculture in Latin America and the Caribbean*. San Jose, CR.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Barros, V. R., C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (Eds.). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- IPCC (2018). *Special Report: Global Warming of 1.5 °C*. IPCC, 2018. október. <https://www.ipcc.ch/sr15>.
- IPCC (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Shukla, P. R., Skea, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., van Diemen, R., Ferrat, E. M., et al. (Eds.). Cambridge University Press.
- IPCC (2021). *Summary for Policymakers*. In Masson-Delmotte, V., Zhai, A. P., Pirani, S. L., Connors, C., Péan, S., Berger, N., Caud, Y., Chen, L., Goldfarb, M. I., Huang, K. M., et al. (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf
- Isoard, S. (2011). Perspectives on adaptation to climate change in Europe. In Ford, J.-D. & Berrang-Ford, L. (Eds.), *Climate Change Adaptation in Developed Nations* (pp. 51–68). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0567-8_4.
- Johnson, J. M.-F., Franzluebbers, A. J., Weyers, S. L. & Reicosky, D. C. (2007). Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution*, 150(1), 107–124. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.030>
- Jolánkai, M. & Birkás, M. (2007). Global climate change impacts on crop production in Hungary. *Agriculture Conspectus Scientificus*, 72(1), 17–20. https://www.academia.edu/20881120/Global_Climate_Change_Impacts_on_Crop_Production_in_Hungary
- Kapronczai, I. (2006). Az agrárinnováció az EU tagság tükrében. In Jávora A. és Borsos J. (szerk.), *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum által rendezett tudományos ülés: Az agrárinnovációtól a társadalmi aszimmetriáig* (pp. 129–137). Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum.
- Kelly, M. & Granich, S. (1995). Global warming and development. In S. Morse and M. Stocking (eds.), *People and the Environment* (pp. 69–107). UCL Press Limited.
- Kernecker, M., Knierim, A., Wurbs, A., Kraus, T. & Borges, F. (2020). Experience versus expectation: farmers' perceptions of smart farming technologies for cropping system across Europe. *Precision Agriculture*, 21(6), 34–50. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09651-z>
- Khanal, U., Wilson, C., Hoang, V. & Lee, B. (2019). Impact of community-based organizations on climate change adaptation in agriculture: empirical evidence from Nepal. *Environment, Development and Sustainability*, 21, 621–635. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0050-6>

- Khatri-Chhetri, A., Pant, A., Aggarwal, P. K., Vasireddy, V. V. & Yadav, A. (2019). Stakeholders' prioritization of climate-smart agriculture interventions: Evaluation of a framework. *Agricultural Systems*, 174, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.002>
- Kis, A., Pongrácz, R. & Bartholy, J. (2017). Multi-model analysis of regional dry and wet conditions for the Carpathian Region. *International Journal of Climatology*, 37(13), 4543–4560. <https://doi.org/10.1002/joc.5104>
- Kovács, A., Németh, Á., Unger, J. & Kántor, N. (2017). Tourism climatic conditions of Hungary – present situation and assessment of future changes. *Időjárás, Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 121(1), 79–99.
- KSH (2021). GDP and Its Distribution by Industry. Available online: http://www.ksh.hu/stadat_files/gdp/hu/gdp0006.html (accessed on 20 Jan 2021).
- Li, S., Juhász-Horváth, L., Harrison, P. A., Pintér, L. & Rounsevell, M. D. A. (2017). Relating farmer's perceptions of climate change risk to adaptation behaviour in Hungary. *Journal of Environmental Management*, 185, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.051>
- Li, S., Juhász-Horváth, L., Pintér, L., Rounsevell, M. D. A. & Harrison, P. A. (2018). Modelling regional cropping patterns under scenarios of climate and socio-economic change in Hungary. *Science of the Total Environment*, 622–623, 1611–1620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.038>
- Lipper, L., McCarthy, N., Zilberman, D., Asfaw, S. & Branca, G. (Eds.) (2018). Climate Smart Agriculture. *Natural Resource Management and Policy*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61194-5>
- Meybeck, A. & Gitz, V. (2010). "Climate-Smart" Agriculture: Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://www.researchgate.net/publication/328569762_Climate-Smart_Agriculture_Policies_Practices_and_Financing_for_Food_Security_Adaptation_and_Mitigation
- Moser, S. C. (2012). Adaptation, mitigation, and their disharmonious discontents: an essay. *Climatic Change*, 111, 165–175. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0398-4>
- NFFT(NemzetiFenntarthatóFejlesztésiTanács)(2019).CselekvésiTerwJavaslatatermészetörökségünkvédelméről ésatermészetierőforrásokfenntarthatóhasználatáról.https://www.nfft.hu/documents/1238941/1240162/NFFT_cselekv%C3%A9si_terw_javaslat.pdf/3fa28d55-e320-57dd-d482-fe1c56525053
- OECD (2011). *Fostering innovation to address social challenges*. Workshop proceedings. Innovation Strategy. <http://www.oecd.org/sti/inno/47861327.pdf>
- OECD (2021). *OECD Economic Outlook*. Vol 2021 Issue 1: Preliminary version, No. 109. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/edfbca02-en>
- Olesen, J. & Bindí, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur. J. Agron.*, 16, 239–262. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7)
- Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvag, A. O., Seguin B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J. & Micalle, F. (2010). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34, 96–112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.11.003>
- Porter, J. R., Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., Lobell, D. B. & Travasso, M. I. (2014). Food security and food production systems. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, K. L. M., Ebi, Y. O., Estrada, R. C., Genova, B., et al. (Eds.). Cambridge University Press. <https://hdl.handle.net/10568/68162>
- Qi, L., Bravo-Ureta, B. E. & Cabrera, V. E. (2015). From cold to hot: Climatic effects and productivity in Wisconsin dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 98(12), 8664–8677. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9536>
- Reilly, J. (1995). Climate change and global agriculture: Recent findings and issues. *Amer. J. Agric. Econ.*, 77, 727–733.
- Reilly, J. & Schimmelpennig, D. (1999). Agricultural impact assessment, vulnerability, and the scope for adaptation. *Clim. Change*, 43, 745–788.

- Rosenstock, T. S., Nowak, A. & Girvetz, E. (Eds.) (2019). *The Climate-Smart Agriculture Papers*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92798-5>
- Shurpali, N., Agarwal, A. K. & Srivastava, V. (Eds.) (2019). *Greenhouse Gas Emissions. Energy, Environment, and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3272-2>
- Smit, B. (ed.) (1993). *Adaptation to Climatic Variability and Change*. Guelph Environment Canada.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P. & Rice, C. (Eds.) (2007). Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1–4), 6–28. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.06.006>
- Sova, C. A., Grosjean, G., Baedeker, T., Nguyen, T. N., Wallner, M., Jarvis, A., Nowak, A., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E., Laderach P. & Lizarazo, M. (2018). *Bringing the Concept of Climate-Smart Agriculture to Life: Insights from CSA Country Profiles Across Africa, Asia, and Latin America*. World Bank, and the International Centre for Tropical Agriculture.
- Stern (2006). The Stern Review on the Economic Effects of Climate Change. *Population and Development Review*, 32(4), 793–798. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2006.00153.x>
- Szalmáné Csete, M. (2018). Fenntartható térségfejlesztés, alkalmazkodás és IoT (Internet of Things) megoldások. In Dinya, L. és Baranyi, A. (szerk.), *XVI. Nemzetközi Tudományos Napok: „Fenntarthatósági kihívások és válaszok” – A Tudományos Napok Publikációi* (pp. 1631–1639). EKE Líceum Kiadó.
- Szendrői, G., Csete, M. & Török, Á. (2014). The sectoral adaptive capacity index of Hungarian road transport. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 22, 99–106. <https://doi.org/10.3311/PPso.7377>
- Szlávik, J. & Csete, M. (2012). Climate and energy policy in Hungary. *Energies*, 5, 494–517. <https://doi.org/10.3390/en5020494>
- Szőke, V. és Kovács, L. (2020). Mezőgazdaság 4.0 – relevancia, lehetőségek, kihívások. *Gazdálkodás*, 64(4), 289–304.
- Szőke, V., Kovács, L. (2021). A mezőgazdaság 4.0 technológiáinak munkaerőpiaci hatásai. *Gazdálkodás*, 65(1), 64–85.
- Thierfelder, C., Chivenge, P., Mupangwa, W., Rosenstock, T. S., Lamanna, C. & Eyre, J. X. (2017). How climate-smart is conservation agriculture (CA)? – its potential to deliver on adaptation, mitigation and productivity on smallholder farms in southern Africa. *Food Security*, 9(3), 537–560. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0665-3>
- Torma, C., Coppola, E., Giorgi, F., Bartholy, J. & Pongrácz, R. (2011). Validation of a high-resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian basin. *Journal of Hydrometeorology*, 12, 84–100. <https://doi.org/10.1175/2010JHM1234.1>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights*. (ST/ESA/SER.A/423).
- Vanschoenwinkel, J., Mendelsohn, R. & Van Passel, S. (2016). Do Western and Eastern Europe have the same agricultural climate response? Taking adaptive capacity into account. *Glob. Environ. Chang.*, 41, 74–87. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.09.003>
- World Bank (2020). *Kazakhstan program for results. Sustainable Livestock Development Program in Kazakhstan (P170365)*. Environmental and Social Systems Assessment (ESSA).
- WWF (2011). *Enabling the Transition: Climate Innovation Systems for a Low-Carbon Future*. Stockholm, Sweden.
- Zemankovics, M. H. (2012). Mitigation and adaptation to climate change in Hungary. *Journal of Central European Agriculture*, 13, 58–72. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/13.1.1015>

Summary

EXAMINATION OF CLIMATE INNOVATION TARGETS IN THE TRANSDANUBIA PLANNING-STATISTICAL REGIONS

By: Biró, Kinga – Szalmáné Csete, Mária

Keywords: climate change, agricultural digitalisation, agricultural innovation,
climate innovation, Climate-Smart Agriculture (CSA)

JEL: Q01, Q16, Q55

The agricultural sector is extremely vulnerable to the growing effects of climate change. The increase in the frequency of extreme weather events, the prolonged and intensifying heatwaves, and the scarcity of water pose new challenges for farmers. The research explores the experience and activities of Hungarian agribusinesses related to climate change, as well as presents the Climate-Smart Agriculture (CSA) solutions and tools that appear in the businesses examined in the Transdanubia (NUTS 1) part of the country to provide an opportunity to raise awareness, better understand the topic and transfer good practice, thereby to help the sector to move in a positive direction from a sustainability perspective. The focus of our research is on the hypothesis that the application of CSA solutions effectively contributes to the implementation of sustainable agricultural and rural development.

In our study, the CSA-focused qualitative and quantitative evaluation of the farmers is presented in the three Transdanubia regions, in which both mitigation and adaptation aspects appear. Based on the results, it can be concluded that incorporating a climate-oriented smart approach into the planning strategies and portfolios of companies can contribute to the productivity and digital switchover of farms can be developed sustainably, while climate risks, greenhouse gas emissions and the sector's vulnerability to climate change can also be reduced. To create sustainable agricultural and rural development in Hungary, the development and application of CSA tools have significant and outstanding potential, as it can support not only EU climate policy goals, but also national recovery and resilience-building plans, in line with green economic development goals and the digital transition.