A klímasérülékenység tényezői és különbségei a hazai kertészeti és szőlészeti ágazatban

Climate change vulnerability in the Hungarian horticulture and viticulture sectors: characteristics and differences

LENNERT JÓZSEF, KOÓS BÁLINT, BÁLINT CSABA, HAMZA ESZTER, KIRÁLY GÁBOR, KOVÁCS KATALIN, RÁCZ KATALIN, VÁRADI MONIKA MÁRIA

LENNERT József: tudományos főmunkatárs, HUN-REN Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Regionális Kutatások Intézete; 6001 Kecskemét, Pf. 261.; lennert.jozsef@krtk.hun-ren.hu; https://orcid.org/0000-0002-2653-3791
KOÓS Bálint: tudományos főmunkatárs, HUN-REN Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Regionális Kutatások Intézete; 1097 Budapest, Tóth Kálmán u. 4.; koos.balint@krtk.hun-ren.hu; https://orcid.org/0000-0002-7075-2748
BÁLINT Csaba: kutató, Agrárközgazdasági Intézet, Fenntartható Kutatások Igazgatóság, Társadalomkutatási Osztály; 1093 Budapest, Zsil u. 3-5.; balint.csaba@aki.gov.hu; https://orcid.org/0000-0001-6085-0056
HAMZA Eszter: tudományos tanácsadó, Agrárközgazdasági Intézet, Fenntarthatósági Kutatások Igazgatóság, Társadalomkutatási Osztály; 1093 Budapest, Zsil u. 3-5.; hamza.eszter@aki.gov.hu; https://orcid.org/0000-0002-6039-7084
KIRÁLY Gábor: kutató, Agrárközgazdasági Intézet, Fenntarthatósági Kutatások Igazgatóság, Társadalomkutatási Osztály; 1093 Budapest, Zsil u. 3-5.; kiraly.gabor@aki.gov.hu; https://orcid.org/0000-0001-7728-6367
KOVÁCS Katalin: tudományos főmunkatárs, HUN-REN Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Regionális Kutatások Intézete; 1097 Budapest, Tóth Kálmán u. 4.; kovacs.katalin@krtk.hun-ren.hu; https://orcid.org/0000-0003-1690-2570
RÁCZ Katalin: kutatási igazgató, Agrárközgazdasági Intézet, Fenntarthatósági Kutatások Igazgatóság; 1093 Budapest, Zsil u. 3-5.; racz.katalin@aki.gov.hu; https://orcid.org/0000-0003-2286-4793
VÁRADI Monika Mária: tudományos főmunkatárs, HUN-REN Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Regionális Kutatások Intézete; 1097 Budapest, Tóth Kálmán u. 4.; varadi.monika@krtk.hun-ren.hu; https://orcid.org/0000-0003-4848-7113

KULCSSZAVAK: mezőgazdaság; kertészet; éghajlatváltozás; sérülékenység; kitettség; érzékenység; adaptációs képesség; percepció

ABSZTRAKT: A mezőgazdasági szektor klímasérülékenysége kiemelkedően magas, különösen a szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztés ágazataiban. Az éghajlati adaptációt számos nemzetközi és hazai szakpolitikai stratégia prioritásként kezeli. Tanulmányunkban egységes elméleti keretrendszert kívánunk kialakítani, amely lehetővé teszi a klímasérülékenység komplex értelmezését. A kutatás célja a szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztők klímasérülékenységének elemzése négy hazai mintaterületen, a kitettség, érzékenység és adaptációs képesség vizsgálatán keresztül; a gazdálkodók klímaváltozással kapcsolatos percepciójának bemutatása; a gazdálkodók által használt jó adaptációs gyakorlatok feltárása; a kitettség, az érzékenység, percepció és adaptációs képesség területi különbségeit befolyásoló környezeti, társadalmi és gazdasági tényezők azonosítása.

CC BY

A vizsgálat kvalitatív (félig strukturált interjúk) és kvantitatív (sérülékenységi mutatók számítása) módszereket alkalmazott. Az eredmények alapján a gazdálkodók egyöntetűen érzékelték az éghajlatváltozás negatív hatásait, bár percepciójuk részben eltért a mért adatoktól. A gazdák számos adaptációs gyakorlatot alkalmaznak, az innovatív módszerek különösen a magas társadalmi tőkével és erős hálózatokkal rendelkező területeken terjedtek gyorsan. A sikeres alkalmazkodás nem kizárt sem a magas éghajlati kitettség, sem a kedvezőtlen társadalmi-gazdasági körülmények mellett. Az elszigeteltség ösztönzőleg hathat az adaptációra, de a legrosszabb helyzetben lévő perifériákon az alapvető források és képességek hiánya miatt az alkalmazkodás ellehetetlenülhet.

József LENNERT: *senior research fellow, Institute for Regional Studies, HUN-REN Centre for Economic and Regional Studies; Pb. 261., H-6001 Kecskemét, Hungary; lennert.jozsef@krtk.hun-ren.hu; https://orcid.org/0000-0002-2653-3791*
Bálint KOÓS: *senior research fellow, Institute for Regional Studies, HUN-REN Centre for Economic and Regional Studies; Tóth Kálmán u. 4. H-1097 Budapest, Hungary; koos.balint@krtk.hun-ren.hu; https://orcid.org/0000-0002-7075-274*
Csaba BÁLINT: *researcher, Social Research Department, Sustainability Research Directorate, Institute of Agricultural Economics; Zsil u. 3-5., H-1093 Budapest, Hungary; balint.csaba@aki.gov.hu; https://orcid.org/0000-0001-6085-0056*
Eszter HAMZA: *scientific advisor, Social Research Department, Sustainability Research Directorate, Institute of Agricultural Economics; Zsil u. 3-5., H-1093 Budapest, Hungary; hamza.eszter@aki.gov.hu; https://orcid.org/0000-0002-6039-7084*
Gábor KIRÁLY: *researcher, Social Research Department, Sustainability Research Directorate, Institute of Agricultural Economics; Zsil u. 3-5., H-1093 Budapest, Hungary; kiraly.gabor@aki.gov.hu; https://orcid.org/0000-0001-7728-6367*
Katalin KOVÁCS: *senior research fellow, Institute for Regional Studies, HUN-REN Centre for Economic and Regional Studies; Tóth Kálmán u. 4., H-1097 Budapest, Hungary; kovacs.katalin@krtk.hun-ren.hu; https://orcid.org/0000-0003-1690-2570*
Katalin RÁCZ: *research director, Sustainability Research Directorate, Institute of Agricultural Economics; Zsil u. 3-5., H-1093 Budapest, Hungary; racz.katalin@aki.gov.hu; https://orcid.org/0000-0003-2286-4793*
Monika Mária VÁRADI: *senior research fellow, Institute for Regional Studies, HUN-REN Centre for Economic and Regional Studies; Tóth Kálmán u. 4., H-1097 Budapest, Hungary; varadi.monika@krtk.hun-ren.hu; https://orcid.org/0000-0003-4848-7113*

KEYWORDS: agriculture horticulture; climate change; vulnerability; exposure; sensitivity; adaptability; perception

ABSTRACT: The climate vulnerability of the agricultural sector is particularly high, especially in the viticulture, fruit and vegetable sectors. The potential damage caused by late spring frosts is particularly significant. In addition to compromising the harvest, extreme weather events can also harm perennial plants and agricultural infrastructure. Beyond affecting yield quantity, climate change can adversely impact product quality, which is a critical determinant of marketability in these sectors. Furthermore, the heightened intensity of extreme weather events, coupled with the fragmented structure of agricultural holdings, also contributes to the vulnerability of the horticultural sector. Climate adaptation is a priority in many international and national policy strategies. In our study we aim to develop a coherent theoretical framework that allows for a complex understanding of climate vulnerability.

The aim of the research is to analyze the climate vulnerability of vine, fruit and vegetable farmers in four study areas in Hungary through an analysis of exposure, sensitivity and adaptive capacity; to describe farmers' perceptions of climate change; to identify good adaptation practices used by farmers; and to identify environmental, social and economic factors that influence regional differences in exposure, sensitivity, perception and adaptive capacity. The study used

qualitative (semi-structured interviews) and quantitative (calculation of vulnerability indicators) methods. The districts of Bonyhád, Gyöngyös, Nagykőrös, and Szentes were selected as case study areas to reflect the diverse environmental and socio-economic conditions present across the country.

Quantitative indicators revealed a significant rise in temperature and exposure to heat waves across all case areas over the past two decades. In contrast, precipitation trends exhibited greater variability between the case areas. The likelihood of late spring frosts has also increased despite the overall warming trend. The qualitative results show that farmers' perceptions of the negative impacts of climate change were unanimous, although their perceptions differed partially from the measured data.

Farmers employ a diverse array of adaptation practices, including modifications to work routines, investments in both low-tech and high-tech infrastructure, and the implementation of nature-based solutions. Some adaptation strategies extend beyond agricultural production itself, encompassing diversification or, in the most severe cases, the complete cessation of horticultural activities. Innovative methods tend to spread most effectively in regions characterized by high social capital and robust networks. Our findings suggest that successful adaptation is feasible even under conditions of high climate exposure or adverse socio-economic circumstances. In some cases, a degree of isolation can even incentivize adaptation efforts. However, in the most disadvantaged peripheral areas, a lack of fundamental resources and skills may significantly impede the ability to adapt effectively.

Bevezetés

Az egyes gazdasági ágazatok klímasérülékenységének vizsgálatakor a mezőgazdaság kiemelt figyelmet élvez (Wreford, Neil Adger 2010; IPCC 2014; Dong et al. 2018). A turizmus mellett a mezőgazdasági szektor van leginkább kitéve az éghajlati elemeknek, amelyek kedvező vagy kedvezőtlen változása a legközvetlenebbül érinti (Coles, Zschingner, Dinan 2014). A szektor egyes ágazatai kevésbé, míg mások inkább klímasérülékenyek, a szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztés ez utóbbiak közé tartozik (Schultz, Jones 2010; Mosedale et al. 2016; Droulia, Charalampopoulos 2022; Sanneh, Babana, Yaffa 2022).

A nagyobb sérülékenység oka egyrészt ezen ágazatok relatíve erőteljesebb kitettsége. A szántóföldi növénykultúrákhoz hasonlóan a szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztés számára is komoly kihívásokat támaszt, rosszabb esetben hozamkieséshez vezet a vegetációs időszak rekorddöntögető hőmérsékletei jelentette hőstressz (Olesen et al. 2011; Nicholas, Durham 2012), valamint a mind gyakrabban jelentkező aszályos időszakok (Tesfahunegn, Mekonen, Tekle 2016; Austin et al. 2020; Soltész, Nyéki, Lévai 2011). Az aszályhelyzet súlyosbodásához nemcsak a csökkenő, de legalábbis szélsőségesebbé váló csapadékhullás járul hozzá, hanem az emelkedő átlaghőmérséklet miatt növekvő evapotranspiráció is. A szántóföldi növénytermesztéssel összevetve azonban az éghajlatváltozás bizonyos jelenségei ezen ágazatok számára kiemelt kockázattal járnak. Ide tartoznak a gyakoribbá váló időjárási szélsőségek, mint a viharos széllel járó felhőszakadás és jégeső (Mertz et al. 2009). Az ezeket követő pusztítás rossz esetben a terméskiesés mellett az évelő kultúrákban vagy éppen az intenzív zöldségtermesztés infrastruktúrájában bekövetkezett károsodással is jár.

A késő tavaszi fagyok elsősorban a gyümölcstermesztés számára jelentenek kiemelt kockázati tényezőt. Az emelkedő februári-márciusi átlaghőmérsékletek miatt korábban kezdődik a rügyfakadás, ennek következményeként a naptári év azonos időpontjában bekövetkező tavaszi fagyok a korábbi évtizedekhez képest nagyobb pusztítással járnak, egyes fajták esetében akár az adott évre teljes termeléskiesést okoznak (Nicholas, Durham 2012). A fentiek mellett egyre gyakoribb gondot okozhat az erős téli fagy vagy éppen enyhe tél, a kora tavaszi hirtelen felmelegedés és a nyári napégés (Kocsis et al. 2015). További problémát jelentenek a klímaváltozás hatására újonnan megjelenő vagy elszaporodó kártevők is, mint például a zöldség- és gyümölcsültetvényekben nagy pusztítást okozó poloskafajok (Litskas et al. 2019; Guodaar et al. 2020).

Bár a termés minősége más haszonnövények esetében is fontos szempont, a szőlő-, gyümölcs- és zöldségágazat esetében az értékesíthetőség kulcstényezője. A klímaváltozás pedig a terméshozamon túl a minőséget is alapvetően befolyásolja. A gyümölcstermesztésben a fokozott növekedési ütem, a magasabb hőmérséklet miatt bekövetkező idő előtti érés kedvezőtlenül befolyásolhatja a gyümölcsök zamatát, cukor-, sav- és antioxidánstartalmát (Malhotra 2017; Bisbis, Gruda, Blanke 2019). A szőlőtőkék fejlődése és növekedése három alapvető tényezőtől függ: a hőmérséklettől, a csapadéktól és a napsugárzástól. Ez utóbbi segíti elő az érési folyamat során a cukor-, fenol- és aromaanyagok termelődését, ami viszont befolyásolja a bor érzékszervi jellemzőit, például az íz- és illatminőséget (Lobell et al. 2006; Olesen et al. 2011; Mesterházy, Mészáros, Pongrácz 2014; Droulia, Charalampopoulos 2022). E tényezők tipikus éves mintázataitól való bármilyen eltérés hat a minőségre. A bor esetében az egyes borvidékekhez társuló egyedi karakterisztikák különösen nagy fontossággal bírnak. Ha az éghajlatváltozás kikényszerítette fajtaváltás megzavarja az egyes fajták és a borvidékek hagyományos párosítását, az könnyen piacvesztéssel járhat (Schultz, Jones 2010).

A szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztés nagyobb klímasérülékenységéhez ezen ágazatok magasabb intenzitása is hozzájárul. A gyorsuló klímaváltozás okozta nyomásra ezen ágazatok kevésbé képesek gyorsabb fajta- vagy termelési technológiaváltással reagálni. A szőlő- és gyümölcsültetvények évelő kultúrái, valamint a fóliás vagy üvegházi zöldségtermesztés infrastruktúrája többéves befektetést igényelnek és így nagyobb adaptációs költséget jelentenek (Buzási 2021). Ezen ágazatoknak munkaerő-intenzív termelésük miatt a klímaváltozással párhuzamosan a munkaerőhiány adaptációs kihívására is megoldást kell keresniük (Kovács, Váradi 2024; Koós et al. 2024).

A szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztés kiemelkedő klímasérülékenységéhez a birtokszerkezet és a gazdatársadalom bizonyos adottságai is hozzájárulnak. Ezen ágazatokban a kis- és középbirtokok aránya a mai napig kiemelkedő. Ennek egyik következménye, hogy a kisbirtokok esetében egyes lokális események (pl. jégverés) károkozása akár a teljes területre kiterjedhet, míg más, szerencsésebb kisbirtokosok ültetvényeit akár teljesen el is kerülheti. Az elaprózott birtok-

szerkezet továbbá növelheti az adaptációhoz szükséges beruházások időbeli megtérülését és sokszereplős együttműködések kialakítását teszi szükségessé (Pickson, He 2021). Ugyanakkor ez a sokszínű gazdatársadalom potenciális előnyöket is hordoz magában: lehetőségeket teremt arra, hogy az egyes szereplők különböző adaptációs stratégiákat próbáljanak ki, és hazánk földrajzi diverzitását adottságként felhasználva térképezzék fel az egyes lehetőségek területileg eltérő működőképességét.

A kormányok és kormányközi szervezetek, szakpolitikai szereplők is korán felismerték, hogy a mezőgazdasági szektorra a klímaadaptáció során különös figyelmet kell fordítani. Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény tagjai által 2015-ben elfogadott Párizsi Megállapodás egyik fő célja az alkalmazkodóképesség növelése, az ellenálló képesség erősítése és az éghajlatváltozással szembeni sebezhetőség csökkentése. Az átlaghőmérséklet-változás 1,5 °C-on belül tartása érdekében dolgozta ki az Európai Bizottság az Európai Zöld Megállapodást (*Green Deal*) 2019-ben, amelynek fő célkitűzése, hogy az Európai Unió 2050-ig klímasemlegessé váljon. A megállapodás keretként szolgál a további klíma- és környezetvédelmet célzó stratégiáknak. Így ezzel összhangban került kialakításra a 2021-2027-es időszakban a Közös Agrárpolitika célrendszere és a tagállamok stratégiai tervei is: a KAP kötelező és önkéntes intézkedések sorával igyekszik támogatni a környezetvédelmet, az éghajlatváltozás mérséklését, illetve a klímaalkalmazkodást.

A mezőgazdaság klímaváltozáshoz való adaptációja több hazai stratégiának is fontos elemét képezi. Az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS-1, 2008-2025) a klímapolitika egyik cselekvési irányaként határozta meg az adaptációt, míg a 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiában (NÉS-2) már önálló egységet képez a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia (NAS). A NAS beavatkozási területeinek egyike a sérülékeny ágazatok, köztük a mező- és erdőgazdálkodás rugalmas és innovatív alkalmazkodásának megvalósítása, valamint ágazatspecifikus alkalmazkodási stratégiai dokumentumok kidolgozása és integrálása az ágazati tervezésbe. A mezőgazdasági stratégiák végrehajtásában a NAS rövid-, közép- és hosszútávú cselekvési irányokat részletez. A klímaváltozáshoz alkalmazkodó mezőgazdaság és tájhasználat más kapcsolódó stratégiákban is megjelenik, így a Nemzeti Környezetvédelmi Programban, a Nemzeti Vízstratégia – Kvassay Jenő Tervben és a Nemzeti Tájstratégiában is.

A mezőgazdaság, azon belül is a kertészeti és szőlészeti ágazatok éghajlati alkalmazkodásának fontosságát, annak tudományos megalapozottságát és szakpolitikai prioritásait figyelembe véve tanulmányunk fő célkitűzése, hogy kvantitatív és kvalitatív módszereket ötvöző, kevert módszertan használatával vizsgálja meg a hazai szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztők klímasérülékenységét, kiemelt tekintettel az országon belüli területi különbségekre. Ennek keretében írásunkban kitérünk

- a gazdálkodók klímakitettségének, érzékenységének és adaptációs képességének vizsgálatára;
- a gazdálkodók klímaváltozással kapcsolatos percepciójának bemutatására;
- a gazdálkodók által használt jó adaptációs gyakorlatok feltárására;
- a kitettség, az érzékenység, percepció és adaptációs képesség területi különbségeit befolyásoló környezeti, társadalmi és gazdasági tényezők azonosítására.

Tanulmányunkkal szeretnénk hozzájárulni ahhoz, hogy a magyar klíma- és agrárpolitika megalapozott információkkal rendelkezzen ezen ágazatokat illetően arról, hogy a gazdálkodók milyen kihívásokkal szembesülnek, hogyan érzékelik a klímaváltozást és miként ítélik meg az alkalmazkodás szükségességét és lehetséges irányait.

A klímasérülékenység kiértékelésének elméleti keretrendszere

A klímaváltozás az új évezred egyik központi kutatási témájává vált, ez azonban együtt járt a kapcsolódó terminológia túlburjánzásával is. A használt fogalmak egymástól való elkülönítése, pontos jelentéstartalma gyakran nem kellően tisztázott és tudományterületenként eltérhet (Nelson et al. 2010; Goldman, Turner, Daly 2018; Siders 2019). Ennek ellensúlyozására tanulmányunkban egységes elméleti keretrendszer kialakítására törekedtünk, erősen támaszkodva az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC) fogalmi megközelítéseire.

Tanulmányunkban *éghajlatváltozásnak való kitettség* alatt az egyes éghajlati elemek már bekövetkezett, illetve a prognózisok alapján várhatóan bekövetkező trendszerű változását értjük, beleértve a szélsőséges időjárási események gyakoriságának változását is. A kitettség mérhető, egzakt módon számszerűsíthető és az adott területegységre (a vizsgálat tárgyától függetlenül) általánosan jellemző tulajdonság, olyan, önmagában is komplex fogalom, amely számos összetevőre bontható. A mezőgazdasági kitettség vizsgálatakor a hőmérséklet (Quiller et al. 2017), a vegetációs időszakban bekövetkező fagy (Parker , Pathak, Ostoja 2021), a csapadék (Lottering, Mafongoya, Lottering 2021) és a szélsőséges időjárási események előfordulása (Rosenzweig et al. 2002) kapja a legnagyobb figyelmet.

A kitettség általános jellegével szemben az éghajlati elemek változásának lehetséges hatása a vizsgálat tárgyától függ. A vizsgálat tárgyának (pl. társadalmi csoport, területi egység, rendszer) érzékenysége határozza meg a kitettség által kiváltott várható hatások mértékét. Az *érzékenység* a vizsgálat tárgyának jellemzőiből eredő passzív, belső tulajdonság. Az érzékenység a kitettséghez hasonlóan komplex fogalom, ami környezeti, társadalmi és gazdasági komponenseket is tartalmazhat (Nouri et al. 2016; Khan et al. 2021).

Percepció alatt az egyén által észlelt valóságot és annak értelmezését értjük. A klímaváltozással kapcsolatban népszerű téma a gazdálkodók percepciójának

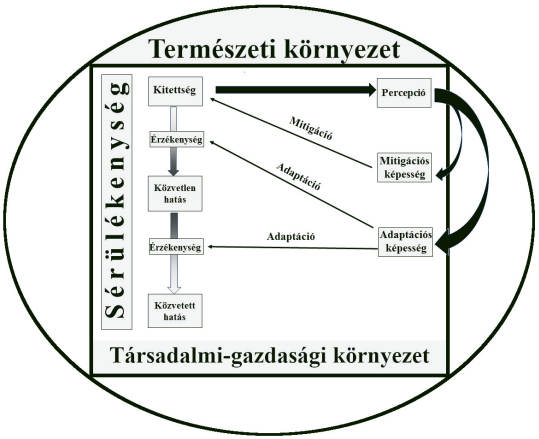
vizsgálata. A korábbi kutatások alapján a gazdálkodók nagy többsége tudatában van az éghajlatváltozásnak (Datta, Behera, Dahut 2022), ugyanakkor bizonyos kételyekről is beszámoltak (Mitter et al. 2019). Egy metaanalízis alapján a gazdálkodók hőmérsékletváltozással kapcsolatos percepciója általában jobban egybevág a meteorológiai adatokkal, mint a csapadékkal kapcsolatos percepciójuk (Madhuri, Sharma 2020).

Mitigáció alatt olyan tudatos cselekvést értünk, melynek célja az éghajlatváltozásnak való kitettség csökkentése (Jones 2004). A mitigáció jellemzően globális léptékű intézkedéseket foglal magába (pl. az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, szén-dioxid kivonása a légkörből); helyi és regionális szinten a mitigációs kapacitás nagyon korlátozott.

Az IPCC megközelítésével összhangban *adaptáció* alatt olyan tudatos cselekvést értünk, amelynek célja az éghajlatváltozással szembeni érzékenység csökkentése. Ennek megfelelően az adaptációs képesség az éghajlatváltozásra való sikeres reagálás képessége az erőforrások és technológiák korábbitól eltérő felhasználásával, a korábbi viselkedésminták megváltoztatásával (Folke et al. 2010; Engle 2011). A mezőgazdaság esetében az adaptációs lépések vonatkozhatnak közvetlenül a növénytermesztésre (Masud et al. 2017), de lehetnek jóval nagyobb léptékű intézkedések, amelyek a pénzügyi lépésektől (Hogan, Berry, Bode 2011) akár az öntözési rendszerek kiépítéséig terjedhetnek (Gomez 2015). A gyümölcstermesztésben az adaptációs lehetőségek skálája igen széles: ide tartozik a megfelelő termőhely kiválasztása, valamint az ökotoleráns és ellenálló növényfajták alkalmazása. Emellett megnövekedett jelentőséget kapnak a növényvédelmi intézkedések, az öntözés, a jégeső elleni védekezés (rakéták és hálók segítségével), a művelési módok, a sor- és tőtávolságok optimalizálása, valamint a növények koronaformáinak kialakítása. A zöldségtermesztésben a megfelelő termőhely kiválasztása mellett fontos szerepet kap az öntözés (csepegtető, szivárogtató, frissítő, vízpótló, párásító), a fagy elleni védekezés, az árnyékolás, a takarás, a trágyázás, a vízelvezetés, az altalaj lazítása, a bakhátas művelés, valamint a szél elleni védelemre alkalmas palánták kiültetése (Láng et al. 2006). A szőlőtermelés esetében a változó hőviszonyra adható egyik alkalmazkodási válasz a kékborszőlők és kései érésű fajták előnyben részesítése (Gaál, Moriondo, Bindi 2012; Mesterházy, Mészáros, Pongrácz 2014; Kovacs, Puskas, Pozsgai 2017).

A *sérülékenységet* több kutatás is a kitettség, érzékenység és az adaptációs képesség fogalmaival kapcsolja össze (Smit, Wandel 2006; Tao et al. 2011; Ford et al. 2018). A CIVAS (*Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme*) modell egy kísérlet e fogalmak szintézisére és a számszerűsítésére (Farkas, Hoyk, Rakonczai 2017). Tanulmányunk is a sérülékenység ezen értelmezését alkalmazza. (A fentebb bemutatott fogalmak egymáshoz való viszonyát az 1. ábra összegzi.)

1. ábra: A klímasérülékenység vizsgálatának elméleti keretrendszere
The conceptual framework of climate vulnerability



Forrás: saját szerkesztés

Módszertan

Kutatásunk során kvalitatív és kvantitatív módszereket egyaránt alkalmaztunk. A kvalitatív módszerek közé tartozott a négy vizsgálati területen 2021 és 2023 között végzett terepi munka és 82 félig strukturált interjú készítése. A potenciális interjúalanyok azonosítása szakértői javaslatok alapján és hólabda-módszerrel történt. Az interjúk betekintést nyújtottak a gazdálkodók éghajlatváltozással kapcsolatos percepcióiba, a klímaérzékenységet befolyásoló tényezőkbe, a meghozott adaptációs intézkedésekbe és az alkalmazkodóképességüket befolyásoló tényezőkbe.

A kitettség, érzékenység és az adaptációs képesség feltárására kvantitatív mutatókat használtunk. Az éghajlatváltozásnak való kitettségi mutatók elkészítése a következő lépésekből állt:

Adatgyűjtés: Az éghajlati adatok forrása az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) Meteorológiai Adattára volt. A tengerszint feletti magasságadatok az Európai Környezetvédelmi Ügynökség EU-DEM digitális domborzatmodelljéből származnak. A járások GIS-adatainak forrása pedig az ArcMagyarország 2021 adatállomány volt.

Előfeldolgozás: a Meteorológiai Adattárból származó nyers adatok eredeti adatstruktúrája előfeldolgozási fázist igényelt. Minden egyes mérőállomásnak saját Excel-táblázata van, amelyek mindegyike tartalmazza a működési időszakukra vonatkozó napi adatokat és földrajzi koordinátáikat. A megfigyelési pontok közös fájlba rendezését, az információk testre szabását és szűrését egy Python szkript segítségével végeztük el.

A tengerszint feletti magasság és az éghajlati elemek közötti összefüggés kiértékelése: bizonyos éghajlati elemek esetében a várható értékek alakulása nagymértékben a tengerszint feletti magasság függvénye. Hogy ezt figyelembe vegyük az interpoláció során, a fennálló kapcsolat számszerűsítésére SPSS-ben lineáris regressziós modelleket készítettünk, az éghajlati indexeket függő, a tengerszint feletti magasságot pedig független változóként használva (Goodale, Aber, Ollinger 1998). A kapott regressziós egyenlet β együtthatóit arra használtuk fel, hogy a különböző tengerszint feletti magasságban található mérőállomások mért adatait egy hipotetikus 0 méter magasságra vetítsük.

Interpoláció: Az 55 mérőállomás 0 méteres tengerszint feletti magasságra vetített értékei szolgáltak bemenő pontadatokként az interpoláció számára (Hadi, Tombul 2018). Az IDW-módszert használtuk az ArcMap programban, ezzel hipotetikus tengerszintre interpolált felületeket hoztunk létre minden felhasználni kívánt mutatóhoz. Végül e rétegek cellaértékeit a Raster Calculatorban módosítottuk, a regressziós egyenletek β együtthatói és az EU-DEM raszter celláinak magasságértékei alapján. Az eredmény egy, a tengerszint feletti magasság befolyásoló hatását is tartalmazó interpolált felület az ország teljes területére.

A klímaváltozásnak való kitettség elemzéséhez az alábbi mutatókat használtuk fel:

- évi középhőmérséklet (°C),
- a hőségnapok (30 °C feletti maximális hőmérséklet) éves száma (db),
- fagypont alatti hőmérséklet valószínűsége áprilisban vagy májusban (%),
- évi átlagos csapadékmennyiség (mm),
- a nagycsapadékos (30 mm feletti) napok éves száma (db),
- a 17 m/s feletti viharos széllökésekkel jellemezhető napok éves száma (db).

Az egyes indexek értékeit két időszakra, a 2002-2011-es és a 2012-2021-es évtizedekre átlagoltuk, és vizsgáltuk meg a változást. A korlátozottan elérhető korábbi adatok mellett ezt a módszertani döntést az is indokolja, hogy jellemzően a termelők is rövidebb időtáv alapján hoznak gazdálkodásukat érintő döntéseket (Rogers, Curtis, Mazur 2012).

Az *éghajlatváltozással szembeni érzékenység* kiértékelésére három szempontot vizsgáltunk meg: a talajok aszályérzékenységét, a terménystruktúrából adódó érzékenységet és a mezőgazdaság szerepét a helyi gazdaságban.

A Talajtani Intézet Magyar Agrotopográfiai Adatbázisa (Várallyay 1985) szolgált információforrásként az aszályérzékenységhez. Ez a GIS-adatbázis a talaj vízgazdálkodási tulajdonságaira vonatkozó információkat is tartalmaz. A jó víztároló és víztartó képességű talajokat kevésbé érzékenynek tekintettük. Az index kiszámításakor csak a Corine Land Cover (CLC 2018) szerinti mezőgazdasági területeket vettük figyelembe, a legelők kivételével.

Az adott terület terménystruktúrájának meghatározásához a Corine Land Cover osztályozását (szántóföld, gyümölcsösök, szőlőültetvények, heterogén mezőgazdasági területek), valamint a 2020-as Agrárcenzus eredményeit használtuk

fel. Az Agrárcenzusnak a KSH Területi Atlaszában elérhető adatai tartalmazzák a főbb szántóföldi kultúrák (búza, kukorica, ipari növények, takarmánynövények) vetésterületét. Az egyes kultúrák érzékenységét a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszer által megállapított kárhányad alapján határoztuk meg (Lámfalusi, Péter 2021; Péter, Lámfalusi 2022).

A mezőgazdaság helyi gazdaságban játszott szerepét véleményünk szerint jól tükrözi a mezőgazdasági foglalkoztatás aránya, melynek forrása a 2011. évi népszámlálás volt.

A pénzügyi források rendelkezésre állása a sikeres adaptáció egyik fontos előfeltétele, így a 2020-as Agrárcenzus Standard Termelési Értékét (STÉ) használtuk fel az adaptációs képesség területi különbségeinek magyarázatához. Az STÉ az Európai Unió által kidolgozott standardizált mérőszám, amelynek célja, hogy gazdaságok által megtermelt értéket számszerűsítse. Közvetlen módon a gazdaságok által termesztett növények és az állatállomány határozza meg, amit közvetett módon számtalan tényező, így a talaj termékenysége, a technológiai beruházások, a piacok elérhetősége, a meglévő közlekedési infrastruktúra befolyásol.

Az egyes mintaterületek szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztőinek klímasérülékenységét az elméleti keretekben leírtaknak megfelelően a kitettség, érzékenység és adaptációs képesség eredményeinek komplex kiértékelése alapján határozzuk meg.

A kutatás során négy mintaterületen vizsgáltuk kvalitatív módszerekkel, félig strukturált interjúkkal és megfigyelésekkel a szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztés klímasérülékenységét: a Bonyhádi, Gyöngyösi, Nagykőrösi és Szentesi járásokban. A mintaterületek kiválasztásakor arra törekedtünk, hogy az egyes járások eltérő környezeti, mezőgazdasági és társadalmi-gazdasági adottságokkal rendelkezzenek, leképezve hazánk termőkörzeteinek nagyfokú változatosságát.

Eredmények

Kitettség

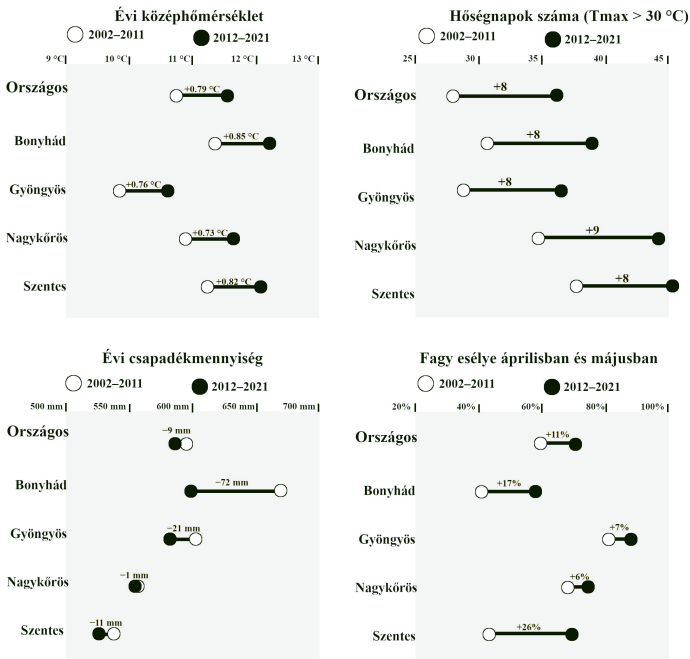
Országos szinten a fentiekben bemutatott módon számított hat éghajlati index értékei közül három esetben figyelhetünk meg jelentős és sajnos kedvezőtlen irányú elmozdulást a két időszakra (2002–2011, illetve 2012–2021) jellemző értékek összevetésével (2. ábra).

Egyrészt a 2012–2021 időszakban 0,8 Celsius fokkal emelkedett az éves országos középhőmérséklet a megelőző tízéves periódusra jellemző értékhez képest, másrészt tovább nőtt azon napok száma, amikor a napi csúcshőmérséklet meghaladta a 30°C-t. A hőségnapok száma a 2012 utáni tíz éves periódusban egészen 36 napos értékig emelkedett, miközben a 2002–2011 időszakban jellemzően csupán 28 olyan nap volt, amikor a napi csúcshőmérséklet meghaladta a 30°C-os

küszöbértéket. A harmadik markáns változásnak a tavaszi fagyok bekövetkeztének emelkedő valószínűsége bizonyult (országosan +11%). A tavaszi fagyok kártételét növelte, hogy az enyhébb tél következtében a vegetációs időszak is eltolódott, az április-májusi fagyok több késő tavaszi időszakban a már rügyező/virágzó növényeket károsították.

A fennmaradó három vizsgált éghajlati index értékei – azaz az éves jellemző csapadékmennyiség; a heves esővel, illetve komolyabb széllökésekkel jellemezhető napok száma – esetében országos szinten nem lehet számottevő változásokról beszámolni a vizsgált két évtized adatai alapján. Az átlagos éves csapadékmennyiség mérsékelt csökkenést mutatott (-9 mm), a heves esőzéssel, illetve széllökésekkel jellemezhető napok száma azonban nem mutatott érdemi változást.

2. ábra: Az éghajlati paraméterek változása országos összehasonlításban a vizsgált négy kutatási terep esetében (2002-2021)
Changes in Selected Climatic Indicators in Research Areas in comparison with national data (2002–2021)



Forrás: a Magyar Meteorológiai Szolgálat Meteorológiai Adatbázisa alapján saját számítás

Regionális szinten vizsgálva az éghajlati paraméterek 2002–2021 közti változását, jelentős területi differenciáltságot állapíthatunk meg. Mind az átlaghőmérséklet, mind a hőségnapok száma a Szentesi járásban volt a legmagasabb, legalacsonyabb pedig az ország nyugati részén és a hegyvidéki területeken. Figyelemre méltó, hogy a változás mértéke ott volt jelentősebb, ahol már a kiindu-

ló érték is magasabb volt – azaz a klimatikus jellemzők a vizsgált időszakban nem a kiegyenlítődés, hanem a további polarizálódás irányába változtak.

Az április-májusi időszakban a fagypont alatti hőmérséklet kialakulását a globális hatások mellett lokális tényezők (domborzat és a talaj jellemzői) is jelentős mértékben befolyásolják, amelynek eredőjeként például a Duna-Tisza közét (Nagykőrösi járást) jobban sújtja a tavaszi fagy. A változást jól jelzi, hogy a 2002-2011-es időszakban a Bonyhádi járásban még inkább arra lehetett számítani, hogy tavasszal nem fogja károsítani a növényeket a nulla fok alatti hőmérséklet. Ezzel szemben megállapítható, hogy a következő évtizedben a tavaszi fagy mind a négy vizsgált térségben gyakoribbá vált és mindenütt meghaladta az 50 százalékot, azaz, nagyon leegyszerűsítve, a tavaszi fagyok bekövetkezése mind a négy térségben valószínűbbé, a Gyöngyösi járásban pedig majdnem biztossá vált (90% körüli értékkel).

A csapadékmennyiség tekintetében a Bonyhádi és a Gyöngyösi járásban regisztrálhattuk a legnagyobb mennyiséget, míg a Nagykőrösi és a Szentesi járás bizonyult a leginkább csapadékszegénynek mindkét vizsgált időszakban. Az adatok alapján megfigyelhető egyfajta kiegyenlítődés, míg a 2002–2011-es időszakban a Bonyhádi járás volt jellemzően a legcsapadékosabb, a következő évtizedben itt csökkent a legnagyobb mértékben (-72 mm!) a jellemző éves csapadékmennyiség. A folyamat komplexitását ugyanakkor jól mutatja, hogy az ország egyes térségeiben (így különösen Délnyugat-Magyarországon) a csapadékmennyiség emelkedése volt megfigyelhető, annak ellenére is, hogy az ország egészét tekintve a csapadékmennyiség csökkenését állapíthattuk meg. Vizsgált négy terepünk mindegyikére – bár igen eltérő mértékben – a csapadékmennyiség mérséklődése jellemző.

Érzékenység

Az előző alfejezetben bemutattuk, hogy a vizsgált két évtizedben miként változtak a klimatikus viszonyok. Az elméleti keretnek megfelelően a klímaváltozásnak való kitettség ugyanakkor nem determinálja, csupán hatással van a klímasérülékenységre, hiszen arra környezeti, társadalmi és gazdasági érzékenységi tényezők is hatnak. Ilyen fontos befolyásoló tényező a talajok vízmegtartó képessége, amely alapvetően meghatározza a talaj aszályérzékenységét, és ezzel kihat a mezőgazdasági termelés adottságaira. A mezőgazdasági területekre (CLC 2018) az aszályérzékenységet a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai (víznyelés, vízvezető képesség, vízraktározás) alapján határoztuk meg (Várallyay 1985). A jó vízraktározó és víztartó képességű talajokat kevésbé érzékenynek, míg a gyenge víztartó talajokat (pl. Nagykőrös térségére jellemző homoktalajok) kifejezetten aszályérzékenynek tekintettük.

A különböző növényi kultúrák nem egyforma mértékben képesek tolerálni az időjárási szélsőségeket, ezért az egyes mintaterületek érzékenységét termény-

struktúrájuk is befolyásolja. Az adott területre jellemző növényi kultúrák megállapítására a KSH Agrárcenzus 2020 Területi Atlaszában megjelent adatait használtuk fel, míg az egyes növényi kultúrák érzékenységének megállapításához a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszer adataira támaszkodtunk, amelynek kárhányadai jól mutatják az egyes kultúrák érzékenységét (időjárással összefüggő termelési kockázatosságát).

Az érzékenység azonban nem szűkíthető le a növénytermesztés időjárási érzékenységére, rendkívül fontos ennek társadalmi-munkaerőpiaci dimenziója is, azaz, hogy a mezőgazdaság milyen foglalkoztatási szerepet játszik a lokális munkaerőpiacon. Ennek számszerűsítésére a népszámlálás foglalkoztatási adatait használtuk fel, amelyek a vizsgálat idején még csak a 2011-es évre álltak rendelkezésre.

E három tényező szempontjából a Bonyhádi járás az országos átlagnak megfelelő érzékenységű. A Gyöngyösi és a Nagykőrösi járásban a talajok vízgazdálkodási jellemzői kedvezőtlenek, illetve magas kárhányaddal jellemezhető növényi kultúrák jellemzőek, ugyanakkor a mezőgazdaság foglalkoztatásban betöltött szerepe nem kimagasló. Szentes térségében alacsony kárhányadú növényi kultúrák jellemzőek, illetve a talajok is jó vízmegtartó képességgel rendelkeznek, viszont a mezőgazdasági függőség a Szentesi járásban volt a legmagasabb.

Percepció

A terepkutatás négy helyszínén mintegy nyolcvan interjú készült a 2021-2023 időszakban. Feltétlenül jelezni kell, hogy ez az időszak több szempontból is rendkívüli volt, előbb a COVID-19 pandémia, majd az orosz-ukrán háború, 2022-2023-ban pedig a történelmi aszály hozott drámai változásokat mind a termelés, mind az értékesítés területén.

A változó környezeti feltételek közül a termelők előszeretettel említették azokat a tényezőket, amelyek vagy magát a munkavégzést nehezítették meg, vagy a munka jövedelmezőségét rontották. Így különösen gyakori volt a nyári hőhullámok, a tavaszi fagyok, a tenyészidőszakban érzékelt csapadékhiány (aszály), illetve az intenzív viharok, széllökések említése.

> „Egyszerűen nem tudunk mit csinálni a növényekkel, túl meleg van nekik. Hiába árnyékolunk, nem tud kötődni." (Szentesi járás, hajtatott növénytermesztő)

> „Fagyok persze mindig voltak, de nem három egymást követő évben, ilyen soha nem volt, és most ez már a negyedik év." (Nagykőrösi járás, vegyes gazdaság)

A terepmunka során rögzített interjúk elemzése arra mutatott rá, hogy a klímaváltozás gazdálkodói percepcióját több tényező is befolyásolta, de nem feltétlenül határozta meg. Ilyen tényezőnek bizonyult a gazdálkodó életkora, a gazdaságra jellemző növényi kultúra, a saját érintettség, azaz az extrém időjárási

esemény következtében megtapasztalt anyagi kár, és meglepő módon, nagyon fontosnak bizonyult az interjú során a kérdések megfogalmazásának módja. Az egyéni tapasztalatok, hitek, tanult és szerzett ismeretek határozták meg a megkérdezettek narratíváját.

A gazdálkodó kora fontos tényező: minél idősebb, illetve minél hosszabb gazdálkodási múltra támaszkodhatott egy válaszadó, annál inkább figyelt az időjárási eseményekre, s az utóbbi évekre visszatekintve annál több ilyen extrémnek tekinthető eseményt tudott felidézni. A nagyobb tapasztalat ugyanakkor azt is eredményezte, hogy az idősebb válaszadók rendre úgy érzékelték, hogy ezek a jelenségek egyáltalán nem újak, évtizedekkel korábban is fordult már elő például komoly tavaszi fagykár, vagy kellett hosszú heteken át tartó aszályos időszakkal megküzdeniük. Amit az idősebbek új jelenségnek tartottak, az a hőhullámok intenzívebbé válása, azaz mind hosszabb időn keresztül lehet 30 Celsius fok feletti csúcshőmérsékletet mérni, illetve magának a napi hőmérsékleti csúcsoknak az utóbbi időben megfigyelhető emelkedését emelték ki. Ezek jószerével minden interjúban elhangzottak, néhányan ugyanakkor arra is rámutattak, hogy az utóbbi időben mintha gyakrabban és nagyobb károkat okozva fordulnának elő extrém időjárási események, különösen a kései (tavaszi) fagyok, viharok, jégverés, vagy éppen a rövid idő alatt lehulló nagy mennyiségű csapadék. *„ [régen] nem voltak ilyen viharok, mint most! ... régen leszúrtuk, megkötöttük bálamadzaggal, és nem volt probléma. Most csőből építünk sátrakat, össze van hegesztve, le van betonozva... most már úgy meg vannak építve a fóliáink, mint egy üvegház."* (Szentesi járás, idős hajtatott növénytermesztő)

A fiatalabb, ám jellemzően felsőfokú iskolai végzettségű gazdálkodók ezzel szemben inkább a tanult klímaváltozási narratíván belül helyezték el a saját gazdaságukban megtapasztalt extrém időjárási eseteket, azaz egy globális folyamat helyi megjelenéseként értelmezték az általuk megtapasztalt eseményeket. *„Nyilván változott a klíma, a kilencvenes években mások voltak az időjárási viszonyok... Fel kell készülni arra, hogy a klíma, az ilyen, hogy lesznek ezek az extrém viharok és extrém szárazságok."* (Gyöngyösi járás, középkorú szőlőtermesztő)

Az egyes növényi kultúrák tűrőképességének differenciáltsága a klimatikus viszonyok változásával került a figyelem középpontjába, a változó körülmények között a növények termesztése ugyanis sok esetben már nem biztosítja a megszokott terméseredményeket és jövedelmezőséget. A gazdálkodók számára az látható, hogy egyre nagyobb erőfeszítésekkel tudják csak fenntartani (megközelíteni) a korábbi időszakok jellemző eredményeit. *„Szóval hektáronként 180-240 mázsa, akkoriban [a '90-es években] ezek az ültetvények tudták ezt. A föld ugyanott van, az az ültetvény ugyanott van. ... [mostanra] visszaestek a termésátlagok százötven mázsára."* (Gyöngyösi járás, középkorú szőlőtermesztő)

Az egyes növényi kultúrák esetében más és más tényezők bizonyultak kritikusnak, így bár megjelentek közös elemek (csapadék csökkenése, szélsőséges események gyakoriságának növekedése, korábban nem ismert növényi kártevők

pusztítása), az egyes mintaterületek gazdálkodói mást és mást tartottak problémának. A Gyöngyösi járás szőlőtermesztői elsősorban a hőstresszt és az intenzívebbé váló UV-sugárzást emelték ki a gazdálkodásukra negatívan ható tényezőként. A Bonyhádi és a Nagykőrösi járás gyümölcstermesztői a tavaszi fagyveszély fokozódását, illetve a csapadékmennyiség csökkenését nevezték meg, amely drámai mértékben rontotta a gazdaság jövedelmezőségét. A Szentesi járás hajtatott zöldségtermesztői is a késő tavaszi lehűlést, fagyokat emelték ki, bár számukra nem csupán a fagypont alatti hőmérséklet, hanem a napsütés hosszabb ideig fennálló hiánya is komoly problémát jelent.

A személyes kár megélése fontosnak bizonyult az extrém időjárási események felidézésében, a gazdálkodók napra pontosan meg tudták mondani, hogy mikor érte az ültetvényüket jelentősebb jégkár, vagy éppen mely években pusztított a tavaszi fagy. *„2017 május harmadika és május tizenharmadika, ezek ilyen elfelejthetetlen dátumok, egymás után tíz nap különbséggel két jégverést kapott itt a Mátra."* A térségükben tapasztalható, ám saját gazdaságukat nem érintő események kapcsán azonban megfigyelhető volt, hogy a válaszadók jelentős károkat okozó eseményekről nem tudtak, nem emlékeztek rá, illetve jóval bizonytalanabbak voltak az extrém események évekhez kötésében s az elszenvedett károk megítélésében: *„nagy károkat okozott nekik"; „volt, hogy újra kellett telepíteniük".*

A megkérdezettek mind a négy terepen arról számoltak be, hogy gyakoribbá váltak a szélsőséges időjárással kapcsolatos események, és kártételük is mind súlyosabb. A válaszadók nagyobb része ezt összefüggésbe hozta a klímaváltozással, s nem egyszeri jelenségként, hanem egy folyamat megjelenési formájaként tekintett rá, amely a jövőt is meghatározza.

> „Hát, úgy gondolom, hogy a melegedést nem fogja megállítani semmi, mert ez egyre fokozódik szerintem." (Gyöngyösi járás, szőlőtermesztő)

> „Ez valóban az éghajlatváltozás, és én nagyon félek tőle. Mindenesetre fel kell készülnünk arra, hogy egyre súlyosabb válságok lesznek [az éghajlatváltozás miatt]." (Bonyhádi járás, kajszibarack ültetvény tulajdonosa)

Azonban ez korántsem tekinthető általánosnak, a gazdálkodók egy része kifejezetten szkeptikus álláspontot képviselt, nagyfokú bizonytalanságra és ellentmondó szakértői véleményekre utaltak.

> „Magáról az éghajlatváltozásról az a véleményem, hogy nem mondom, hogy nem hiszek benne, de úgy gondolom, hogy nem tudom megítélni, hogy milyen hatással van ránk, vagy hogy száz évvel ezelőtt nem így volt." (Bonyhádi járás, vegyes gyümölcsültetvény tulajdonosa)

> „Hát, hogy az éghajlatváltozás milyen irányba megy majd el, azt passzolom. Látszanak jó irányú törekvések... azt mondják egyes klímakutatók, ez természetes folyamat, és ez a bolygó ciklusához hozzátartozik, és mi buta kis emberek nem tudunk ellene semmit tenni; van, aki azt mondja, mi ilyen-olyan

emberek okoztuk ezt, tehát nekünk ezt helyre kell hozni, és helyre is tudjuk! Hát, ez tíz év múlva derül ki." (Gyöngyösi járás, szőlőtermesztő)

Mitigáció és adaptáció

Az elméleti keretben tárgyaltnak megfelelően mitigációra – az éghajlatváltozásnak való kitettség mérséklésére irányuló cselekvésekre – kevés lokális, regionális példát lehet találni. Az egyik kivételt a hazai jégkármérséklő rendszer képezi. A rendszert alkotó talajgenerátorok sűrű hálózata ezüst-jodidot juttat a légkörbe, hogy megakadályozza a súlyosabb kárt okozó, nagyobb szemcseméretű jégesők kialakulását. Eredményeink visszaigazolják a tevékenység legalább részbeni sikerét, volt olyan megkérdezett, aki örömmel számolt be a jégkár mérséklődéséről. Ugyanakkor olyan gazdálkodókkal is találkoztunk, akik a csapadékcsökkenés okát a jégkármérséklő rendszer működésében látták. A megkérdezettek egyébként – a köznyelvben rögzült szóhasználattal megegyezően – a jégkármérséklő-rendszerre valóságalapot nélkülözően jégágyúzásként utaltak.

Ezzel szemben a klímaváltozással szembeni érzékenység csökkentését célzó adaptációs intézkedésekkel jóval gyakrabban találkoztunk. Egyes kisebb léptékű alkalmazkodási gyakorlatok a korábbi gazdálkodási szerkezetet és terménystruktúrát jórészt érintetlenül hagyják. Ilyen például az egyes munkafolyamatok időbeli átütemezése, a korábbi ültetéssel a rövidebb télhez, az előre tolódó vegetációs időszakhoz történő alkalmazkodás. Ennek példája, hogy a szőlőtermelők korábban kezdik meg a metszést. A munkafolyamatok átütemezésének másik példája, hogy az elviselhetetlen hőhullámok elkerülése érdekében a gazdák a munkát kora reggelre vagy akár éjszakára időzítik: *"És ekkor vált általánossá az éjszakai munka egy formája, mert a munkások nem bírták a hőséget, ezért éjjel fejlámpával dolgoznak a növények között."* (Szentesi járás)

A hőség elleni küzdelemben a csúcstechnológiai beruházások is szerepet kapnak. A szentesi gazdák számoltak be arról, hogy a modernebb üvegházak sokkal jobban képesek a hőmérséklet szabályozására, mint a régebbi technológia. Néhányan azonban rámutattak a megfizethetőbb low-tech megoldások hasznosságára is. Ilyen a fóliasátrak fehér festékkel való lefestése, ami sikeresen csökkenti a szélsőséges felmelegedést és az UV-sugárzást. Hátránya, hogy ez a high-tech megoldásokkal ellentétben nem szabályozható. A hasonló alacsony technológiai, de munkaigényes beruházások közé tartozik az öntözésre szolgáló víztározók létesítése; terepbejárásaink alapján ezek a leggyakoribb védelmi eszközök az aszály ellen. Néhány gazda jéghálót telepített a jégeső ellen, míg a legpusztítóbb tavaszi fagyokkal szemben – anyagi lehetőségükhöz mérten – változatos eszközöket vetnek be (ventilátorok, fagyvédő gyertyák, füstölés, fagyvédő öntözés, biostimulátorok permetezése, ködpermetezés, szélgépek), gyakran hiába.

A technológiai megoldások alkalmazása mellett a gazdák számára a másik lehetséges út a természetalapú megoldások felé fordulás. Az öntözés mellett a

gazdák a talaj szerkezetének és vízháztartásának javítását célzó gyakorlatokról is beszámoltak, mint például a forgatás nélküli talajművelés, a szervestrágyázás és mulcsozás, valamint a szalmamaradványok bedolgozása a talajba.

Míg a fent felsorolt adaptációs intézkedések nem változtatják meg számottevően a kialakult termelési struktúrát, más alkalmazkodási lépések már ebbe az irányba mutatnak. A nagykőrösi és a bonyhádi gyümölcstermesztők egyaránt arról számoltak be, hogy az ültetvények pótlásakor és megújításakor inkább a később virágzó fajtákat és fajokat preferálják, de arról is beszámoltak, hogy a fagyot jobban tűrő kajszibarackcsemetéket külföldön (elsősorban Olaszországban) szerzik be. Mások új gyümölcsfajták, például bodza és füge telepítésével is igyekeznek diverzifikálni a terménystruktúrájukat, vagy törpenövésű alanyokra oltott gyümölcsfákat ültettek fóliasátrak alá, hogy védjék őket a tavaszi fagyoktól.

Terepbejárásaink során azt tapasztaltuk, hogy a gazdálkodók olyan megoldásokat keresnek, amelyekkel nemcsak az éghajlatváltozáshoz, hanem az egyéb kihívásokhoz, így a munkaerőhiányhoz és a változó fogyasztói preferenciákhoz is alkalmazkodni tudnak (Koós et al. 2024; Kovács et al. 2024). Az egyik megkérdezett arról számolt be az időszakos munkaerőhiányra a szüreti időszak meghosszabbításával reagálva, hogy olyan szilvafajtát ültettek, amelynek termése sokáig a fán marad, így kinyújtható a szezon, elkerülhető a munkacsúcsok idején gyakori munkaerőhiány. A piaci igények és a fogyasztói szokások befolyásolhatják az egyes gazdaságok termékszerkezetét, a zöldség- és gyümölcstermesztés vagy a termesztett fajok arányának változását is a jobban keresett és/vagy gazdaságosabban termeszthető kultúrák javára.

Végül pedig néhány alkalmazkodási intézkedés túlmutat a mezőgazdasági tevékenységen. Ez kevésbé radikális esetben még csupán diverzifikációt jelent, például a turizmus felé:

> „Több lábon kell állni, gyümölcsben is, és lehet, hogy a másik munka is kell mellé pluszban. (...) És most vendégházat is szeretnék építeni. Én itt egy mediterrán kertet hozok létre, más lábon is állok. (...) borkóstolóval egybekötött szüret idén, jönnek az emberek a városokból, jönnek, leszedik a gyümölcsöt vidáman, elmegy egy nap, közben borozgatnak, egy kis ebéd, vacsora. Agroturizmusban is látom a jövőt. Ahogy az olaszoknál, franciáknál ez abszolút működik, szerintem működik itt is." (Bonyhádi járás, fiatal gazda)

Más gazdaságokban az alkalmazkodás az intenzív mezőgazdasági tevékenység felhagyását jelenti. A Nagykőrősi járás területén a gyümölcsösök egy részét nem újítják meg, hanem helyükre erdőt telepítenek. A szőlőültetvények aránya is jelentősen csökkent az elmúlt évtizedekben. Ez összefügg a kisgazdaságok munkaerőhiányhoz kötődő problémáival is:

> „Azért tudni kell Nyársapátról is, hogy még 30 évvel ezelőtt a faluba több mint 300 hektár szőlőültetvény volt. Ma mondhatni azt, hogy nulla. ....Én nem látom a falu jövőjében, hogy megint lenne 300 hektár szőlő, de gyümöl-

csös sem. Csak erdő. Lesz szántó, rozs meg hasonlók. A rozs a költségeket visszaadja, arra jó." (Nagykőrösi járás, idősödő gyümölcstermesztő)

Az adaptációs képességet számos tényező befolyásolja. Egyik ilyen faktor a gazdálkodó életkora: terepi tapasztalataink alapján a 60 év felettiek nehezebben hoznak jelentős változással járó döntéseket, különösen, ha a gazdaság tovább örökítése bizonytalan. A másik tényező a helyi önszerveződés, hálózatépítés és ehhez kötődő tudásátadás megléte. Azokban a vizsgált járásokban, amelyekben jelentős zöldség- és gyümölcstermesztés folyt, mindenütt alakultak termelői szervezetek (TÉSZ-ek), de ezek jellege, működésének eredményessége és a tagok számára nyújtott szolgáltatásai nagyon különböztek. A Bonyhádi járásban találkoztunk a legpozitívabb példákkal. A helyi gazdálkodók egy csoportja szüntelenül bővíti tudását, valamint keresi az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás lehetőségeit. Amellett, hogy a legtöbb gyümölcstermelő a regionális hatókörű, Balaton-KER-TÉSZ szövetkezet, vagy az annak telephelyeként Kisvejkén működő Danubia-Frucht szövetkezet aktív tagja, informális kapcsolataik is a tudásátadást szolgálják.

„A klímaváltozás ellen egy hasznos dolog: el kell utazni olyan helyekre, ahol ezzel már küzdenek évek óta! Tehát holnap megyek Olaszországba, olasz termelőkhöz. Mint egy időutazás (...), hogy külföldi technológiákat hozzunk be. Új szaporító anyagokat, új fajtákat, jéghálórendszert. De főleg tudást. Információt." (Bonyhádi járás, középkorú gyümölcstermesztő)

Szentesen kiemelkedő a formális hálózatok szerepe. A gazdálkodók Magyarország legerősebb termelő-értékesítő szervezetének, a DélkerTÉSZ-nek a tagjai, amely szervezet nemcsak az értékesítésben, hanem a termelő berendezések korszerűsítésében vagy a biológiai növényvédelem alkalmazása terén is döntő szerepet játszott. A Gyöngyösi járásban, a szőlőművelő gazdák esetében viszont inkább vonakodást tapasztaltunk a hálózatépítéssel kapcsolatban, itt a hegyközségi szerveződés nyújt laza keretet a közös, rendszerint marketing célzatú fellépésre. A Nagykőrösi járásban is az önszerveződés és a hálózatosodás gyengeségével szembesültünk. Az uniós csatlakozást megelőző alapításkor 30 kertészt integráló Nyársapáti Gazda Szövetkezet közel két évtizedes működés után megszűnt, a nagykőrösi székhelyű KER-TÉSZ Értékesítő Szövetkezet a tagság kiöregedésével visszaeső volumen és árbevétel miatt 2021-ben veszítette el a TÉSZ-minősítést és az ezzel járó támogatást, bár szövetkezeti formában tovább működik és alapvető, az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodást segítő szolgáltatásokat nyújt a tagságának (Lásd erről részletesen Rácz, Hamza 2024).

Az adaptációs képességet meghatározó harmadik tényező a pénzügyi források megléte, hiszen a fent említett alkalmazkodási módszerek többsége költséges beruházást igényel. Ahhoz, hogy a gazdálkodók megtegyék ezeket az alkalmazkodási intézkedéseket, szükséges, hogy rendelkezzenek saját forrásokkal, valamint számíthassanak a befektetésük megtérülésére. A gazdaságok jövedelemtermelő-képességének mérésére a módszertani fejezetben bemutatott Standard Termelési Érték mutatót használtuk.

Magyarország 175 járásával összevetve, a mezőgazdasági területükre jutó Standard Termelési Érték alapján a Bonyhádi és Gyöngyösi járás átlagos jövedelemtermelő képességű, míg a Nagykőrösi és Szentesi járás a legjobb jövedelemtermelő képességű járások közé tartozik. Ez az eredmény arra is rámutat, hogy az adaptációhoz rendelkezésre álló források sem feltétlenül jelentik a korábbi termelési struktúra megőrzését, hiszen ezeket nemcsak költséges technológiai beruházásokra (Szentesi járás), de akár radikális szerkezetváltásra (Nagykőrösi járás) is fel lehet használni.

Következtetések

A kitettségben, érzékenységben és adaptációs képességben mutatkozó területi különbségek alapján, terepi tapasztalataink figyelembevételével az egyes mintaterületek szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermesztőinek klímasérülékenységét a következőképpen értékeljük:

- A Bonyhádi járás a négy mintaterület közül a legalacsonyabb sérülékenységűnek mondható, mérsékelt kitettséggel és érzékenységgel, valamint magas alkalmazkodóképességgel.
- A Gyöngyösi járás mérsékelten sérülékenynek minősíthető. A Bonyhádi járáshoz hasonlóan ez a térség is mérsékelt kitettséggel és érzékenységgel, ugyanakkor csak mérsékelt alkalmazkodóképességgel rendelkezik.
- A Szentes környéki mintaterületet közepesen magas sérülékenységgel lehet jellemezni. A járás kitettsége magas, érzékenysége közepesen magas, ugyanakkor a terület magas alkalmazkodóképessége csökkenti a sérülékenységét.
- A négy mintaterület közül a Nagykőrösi járásnak a legmagasabb a sérülékenysége, mivel a kitettsége és az érzékenysége is magas, ugyanakkor alkalmazkodóképessége alacsony. A Nagykőrösi járásban a legmarkánsabbak azok a gazdálkodói gyakorlatok, amelyek a mezőgazdasági rendszer alapvető megváltozásához vezetnek (pl. ültetvények felváltása erdőgazdálkodással).

A kvantitatív elemzés és az interjúk révén teljesebb képet kaphattunk a hazai szőlő-, gyümölcs- és zöldségtermelők klímakitettségéről, percepciójáról, adaptációs képességéről. Tanulmányunk végén a szakpolitikailag is releváns legfontosabb megállapításainkat összegezzük.

Bár Magyarországon belül a földrajzi távolságok viszonylag csekélyek, a mintaterületek éghajlati kitettsége között mégis jelentős különbségek mutatkoztak. Ugyanez igaz a környezeti tényezőkből következő érzékenységre. Az eltérő domborzati és talajviszonyokon túl ennek oka, hogy az éves csapadékmennyiségben megmutatkozó területi különbségek a közelmúltban növekedtek, és várható ennek a trendnek a jövőbeli folytatódása. Ez a megállapítás

megerősíti, hogy a lokális viszonyok feltérképezése a sikeres klímaadaptáció megkerülhetetlen eleme, és ennek a szemléletnek a klímastratégia alkotásakor is érvényesülnie kell.

Az interjúalanyok szinte egyöntetűen egyetértettek abban, hogy az éghajlatváltozás már most is érzékelhető és negatív hatást gyakorol a mezőgazdaságra. Tapasztalataink alapján percepciójukat, az általuk kiemelt változásokat számottevően befolyásolta gazdaságuk profilja. A szélsőséges időjárási események gyakoriságát illetően jelentősebb eltérés mutatkozott a mért adatok és a gazdák percepciója között. Ez részben azzal magyarázható, hogy a szélsőséges időjárási jelenségek esetében a lokalitás szerepe nagyobb. Ugyanakkor vélhetően az a szakirodalomban is leírt jelenség is közrejátszik, hogy az emberi percepciót számos tényező torzítja (pl. az emlékezés korlátai), és ez akár a ténylegestől eltérő szubjektív valóságérzékeléshez is vezethet. Mivel a gazdálkodók döntéseiket az általuk érzékelt valóság alapján hozzák meg, a döntéshozóknak mind a mért éghajlati változásokat, mind az érintettek percepcióját érdemes figyelembe venni a klímaadaptációs stratégiák megformálásakor.

Tapasztalataink alapján mintaterületeink közül azon járásokban, amelyek magas helyi társadalmi tőkével és erős hálózatokkal jellemezhetők, gyorsabb volt a gazdák által bevezetett és bevált innovatív gyakorlatok elterjedése. Ebben az aktív termelői és értékesítő szervezetek szerepe döntő fontosságú volt, különösen akkor, ha ezeket informális, személyes kapcsolatépítés is kiegészítette.

Eredményeink azt mutatják, hogy sem a magas éghajlati kitettség, sem a kedvezőtlen társadalmi-gazdasági körülmények nem zárják ki a sikeres alkalmazkodás lehetőségét. A Bonyhádi járást kedvezőtlen társadalmi-gazdasági feltételek jellemzik, míg a Szentesi járás kitettsége kiemelkedő. Kutatásunk azonban feltárta, hogy ezen járások mégis magas adaptációs képességgel jellemezhetők, a gazdálkodók innovatívak voltak, tudatosan keresték az új lehetőségeket.

Eredményeink továbbá arra is rámutatnak, hogy egy járás részleges elszigeteltsége akár ösztönzőleg is hathat a mezőgazdasági adaptációra: az alternatív elhelyezkedési lehetőségek viszonylagos hiánya miatt kevésbé reális a gazdaság egyik fontos lábának kiváltása. Ezzel szemben a funkcionális várostérségekbe jól integrált régiók esetében a mezőgazdaság felhagyása könnyebben megvalósítható. Ugyanakkor feltételezhető, hogy a relatív elszigeteltségnek ez az adaptációt ösztönző hatása csak egy bizonyos határig érvényesül: a legrosszabb helyzetben lévő külső perifériákon már az alapvető források és képességek is hiányozhatnak, így az adaptáció akkor is ellehetetlenül, ha nincs alternatívája.

Köszönetnyilvánítás

Az „Üzemtípusok, kihívások, adaptációs irányok és ezek hatása a magyar vidékre" K 132975 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a K_19 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Az „Örökös tartalékterületek? Volt zártkertek, szőlőhegyek és üdülőtelepek a városfejlődés szorításában" FK_146486 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, az FK_23 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalom

Austin, E.K., Rich, J.L., Kiem, A.S., Handley, T., Perkins, D., Kelly, B.J. (2020): Concerns about climate change among rural residents in Australia. *Journal of Rural Studies,* 75., 98–109. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.010

Bisbis, M.B., Gruda, N.S., Blanke, M.M. (2019): Securing horticulture in a changing climate-a mini review. *Horticulturae,* 3. https://doi.org/10.3390/horticulturae5030056

Buzási, A. (2021): Climate vulnerability and adaptation challenges in Szekszárd wine region, Hungary. *Climate,* 2. https://doi.org/10.3390/cli9020025

Coles, T., Zschiegner, A.K., Dinan, C. (2014): A cluster analysis of climate change mitigation behaviours among SMTEs. *Tourism Geographies,* 3., 382–399. https://doi.org/10.1080/14616688.2013.851270

Datta, P., Behera, B., Rahut, D.B. (2022): Climate change and Indian agriculture: A systematic review of farmers' perception, adaptation, and transformation. *Environmental Challenges,* 8. 100543 https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100543

Dong, Z., Pan, Z., An, P., Zhang, Jingting, Zhang, Jun, Pan, Y., Huang, L., Zhao, H., Han, G., Wu, D., Wang, J., Fan, D., Gao, L., Pan, X. (2018): A quantitative method for risk assessment of agriculture due to climate change. *Theoretical and Applied Climatology,* 1–2., 653–659. https://doi.org/10.1007/s00704-016-1988-2

Droulia, F., Charalampopoulos, I. (2022): A Review on the Observed Climate Change in Europe and Its Impacts on Viticulture. *Atmosphere*, 5., https://doi.org/10.3390/atmos13050837

Engle, N.L. (2011): Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change,* 2., 647–656 https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.019

Farkas, J.Z., Hoyk, E., Rakonczai, J. (2017): Geographical analysis of climate vulnerability at a regional scale: the case of the Southern Great Plain in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin,* 2., 129–144. https://doi.org/10.15201/hungeobull.66.2.3

Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., Rockström, J. (2010): Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society,* 4., https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420

Ford, J.D., Pearce, T., McDowell, G., Berrang-Ford, L., Sayles, J.S., Belfer, E. (2018): Vulnerability and its discontents: the past, present, and future of climate change vulnerability research. *Climatic Change,* 2., 189–203. https://doi.org/10.1007/s10584-018-2304-1

Gaál, M., Moriondo, M., Bindi, M. (2012): Modelling the impact of climate change on the Hungarian wine regions using random forest. *Applied Ecology and Environmental Research,* 2., 121–140. https://doi.org/10.1002/9781444324921

Goldman, M.J., Turner, M.D., Daly, M. (2018): A critical political ecology of human dimensions of climate change: Epistemology, ontology, and ethics. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change,* 4., 1–15. https://doi.org/10.1002/wcc.526

Gomez, N. (2015): Climate change and adaptation on selected crops in Southern Philippines. *International Journal of Climate Change Strategies and Management,* 3., 290–305. https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2013-0014

Goodale, C.L., Aber, J.D., Ollinger, S. V. (1998): Mapping monthly precipitation, temperature, and solar radiation for Ireland with polynomial regression and a digital elevation model. *Climate Research,* 1., 35–49 https://doi.org/10.3354/cr010035

Guodaar, L., Asante, F., Eshun, G., Abass, K., Afriyie, K., Appiah, D.O., Gyasi, R., Atampugre, G., Addai, P., Kpenekuu, F. (2020): How do climate change adaptation strategies result in unintended maladaptive outcomes? Perspectives of tomato farmers. *International Journal of Vegetable Science,* 1., 15–31. https://doi.org/10.1080/19315260.2019.1573393

Hadi, S., Tombul, M. (2018): Comparison of Spatial Interpolation Methods of Precipitation and Temperature Using Multiple Integration Periods. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing,* 46 https://doi.org/10.1007/s12524-018-0783-1

Hogan, A., Berry, H.L., Ng, P., Bode, A. (2011): Decisions Made by Farmers that Relate to Climate Change. *Agricultural Science,* 23., 36–39.

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 (Annex II: Glossary), Cambridge University Pres Cambridge, New York

Jones, R.N. (2004): Incorporating Agency Into Climate Change Risk Assessments. *Climatic Change*, 1., 13–36 https://doi.org/10.1007/s10584-004-3761-2

Khan, N.A., Gao, Q., Abid, M., Shah, A.A. (2021): Mapping farmers' vulnerability to climate change and its induced hazards: evidence from the rice-growing zones of Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research,* 4., 4229–4244. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10758-4

Kocsis L., Horváthné Baracsi É., Kocsisné Molnár G., Kovács J., Cseh, E. (2015): Változó klíma, változó fajtahasználat a kertészetben. *Magyar Tudomány,* 5., 539–546. https://epa.oszk.hu/00600/00691/00140/pdf/EPA00691_mtud_2015_05_0539-0545.pdf

Koós B., Kovács K., Váradi M. M., Hamza E. (2024): Mezőgazdasági foglalkoztatás a klímaváltozás szorításában. *Tér és Társadalom,* 4. 64–92., https://doi.org/10.17649/TET.38.4.3607

Kovacs, E., Puskas J., Pozsgai A. (2017): *Positive Effects of Climate Change on the Field of Sopron Wine-Growing Region in Hungary.* In: Karacostas, T., Bais, A., Nastos, P. (szerk.) Perspectives on Atmospheric Sciences. Springer Atmospheric Sciences, Springer, Cham. pp. 607–613 https://doi.org/10.1007/978-3-319-35095-0_86

Kovács, K., Váradi, M.M. (2024): 'We need to stay alive': ethnicisation and shortage of farm labour in Hungary. *Scottish Geographical Journal,* 1–2., 136–154. https://doi.org/10.1080/14702541.2023.2287442

Kovács K., Hamza E., Rácz K., Swain, N., Váradi M.M. (2024): Idénymunka és idénymunkások a gyümölcstermesztésben. Hazai munkaerőpiaci folyamatok és közelképek európai összevetésben. *Tér és Társadalom,* 4. 33–63., https://doi.org/10.17649/TET.38.4.3615

Lámfalusi I., Péter K. (2021): *A mezőgazdasági kockázatkezelési rendszer működésének értékelése 2019.* NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, Budapest https://doi.org/10.7896/ai2101

Láng I., Csete L., Faragó T., Führer E., Harkányi K., Harnos Zs., Ijjas I., Jolánkai M., Kovács M., Ligetvári F., Major Gy., Schweitzer F., Szász G., Szirmai V., Veisz O., Vida G. (2006): *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. KvVM - MTA "VAHAVA" Projekt összefoglalása.* KvVM - MTA, Budapest

Litskas, V.D., Migeon, A., Navajas, M., Tixier, M.S., Stavrinides, M.C. (2019): Impacts of climate change on tomato, a notorious pest and its natural enemy: Small scale agriculture at higher risk. *Environmental Research Letters,* 8., 84041 https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3313

Lobell, D.B., Field, C.B., Cahill, K.N., Bonfils, C. (2006): Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology,* 2–4., 208–218. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.10.006

Lottering, S., Mafongoya, P., Lottering, R. (2021): Drought and its impacts on small-scale farmers in sub-Saharan Africa: a review. *South African Geographical Journal,* 3., 319–341 https://doi.org/10.1080/03736245.2020.1795914

Madhuri, Sharma, U. (2020): How do farmers perceive climate change? A systematic review. *Climatic Change,* 3., 991–1010. https://doi.org/10.1007/s10584-020-02814-2

Malhotra, S.K. (2017): Horticultural crops and climate change: A review. *The Indian Journal of Agricultural Sciences,* 1., 12–22 https://doi.org/10.56093/ijas.v87i1.67138

Masud, M.M., Azam, M.N., Mohiuddin, M., Banna, H., Akhtar, R., Alam, A.S.A.F., Begum, H. (2017): Adaptation barriers and strategies towards climate change: Challenges in the agricultural sector. *Journal of Cleaner Production,* 10., 698–706. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.060

Mertz, O., Mbow, C., Reenberg, A., Diouf, A. (2009): Farmers' perceptions of climate change and agricultural adaptation strategies in rural sahel. *Environmental Management,* 5., 804–816. https://doi.org/10.1007/s00267-008-9197-0

Mesterházy, I., Mészáros, R., Pongrácz, R. (2014): The effects of climate change on grape production in Hungary. *Időjárás,* 3., 193–206.

Mitter, H., Larcher, M., Schönhart, M., Stöttinger, M., Schmid, E. (2019): Exploring Farmers' Climate Change Perceptions and Adaptation Intentions: Empirical Evidence from Austria. *Environmental Management,* 6., 804–821. https://doi.org/10.1007/s00267-019-01158-7

Mosedale, J.R., Abernethy, K.E., Smart, R.E., Wilson, R.J., Maclean, I.M.D. (2016): Climate change impacts and adaptive strategies: lessons from the grapevine. *Global Change Biology,* 11., 3814–3828. https://doi.org/10.1111/gcb.13406

Nelson, R., Kokic, P., Crimp, S., Meinke, H., Howden, S.M. (2010): The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: Part I-Conceptualising and measuring vulnerability. *Environmental Science and Policy,* 1., 8–17. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.09.006

Nicholas, K.A., Durham, W.H. (2012): Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: Insights from winegrowing in Northern California. *Global Environmental Change,* 2., 483–494. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.001

Nouri, M., Homaee, M., Bannayan, M., Hoogenboom, G. (2016): Towards modeling soil texture-specific sensitivity of wheat yield and water balance to climatic changes. *Agricultural Water Management,* 177., 248–263. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.07.025

Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. (2011): Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy,* 2., 96–112. https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.11.003

Parker, L., Pathak, T., Ostoja, S. (2021): Climate change reduces frost exposure for high-value California orchard crops, *Science of the Total Environment,* 762., 143971 https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143971

Péter K., Lámfalusi I. (2022): *A mezőgazdasági kockázatkezelési rendszer működésének értékelése 2021.* Agrárközgazdasági Intézet, Budapest https://doi.org/10.7896/ai2202

Pickson, R.B., He, G. (2021): Smallholder Farmers' Perceptions, Adaptation Constraints, and Determinants of Adaptive Capacity to Climate Change in Chengdu. *Sage Open,* 3., 1–16. https://doi.org/10.1177/21582440211032638

Quiller, G., Krenz, J., Ebi, K., Hess, J.J., Fenske, R.A., Sampson, P.D., Pan, M., Spector, J.T. (2017): Heat exposure and productivity in orchards: Implications for climate change research. *Archives of Environmental and Occupational Health,* 6., 313–316. https://doi.org/10.1080/19338244.2017.1288077

Rácz K., Hamza E. (2024): A termelői együttműködések szerepe az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásban. *Tér és Társadalom,* 4., 93–123., https://doi.org/10.17649/TET.38.4.3605

Rogers, M., Curtis, A., Mazur, N. (2012): The influence of cognitive processes on rural landholder responses to climate change. *Journal of Environmental Management,* 111., 258–266. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.07.015

Rosenzweig, C., Tubiello, F.N., Goldberg, R., Mills, E., Bloomfield, J. (2002): Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change. *Global Environmental Change,* 3., 197–202. https://doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00008-0

Sanneh, L., Babana, A.H., Yaffa, S. (2022): Assessment of Farmers Perception about Climate Change Impact and Adaptation Strategies Use for Tomato Production in The Gambia. *Journal of Agricultural Studies,* 4., 27 https://doi.org/10.5296/jas.v10i4.20278

Schultz, H.R., Jones, G. V. (2010): Climate induced historic and future changes in viticulture. *Journal of Wine Research*, 2., 137–145. https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530098

Siders, A.R. (2019): Adaptive capacity to climate change: A synthesis of concepts, methods, and findings in a fragmented field. *WIREs Climate Change,* 3., 1–18. https://doi.org/10.1002/wcc.573

Smit, B., Wandel, J. (2006): Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change,* 3., 282–292. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008

Soltész M., Nyéki J., Lévai P. (2011): Az aszály és szárazodás elleni küzdelem a kertészeti termelésben. *"Klíma-21" Füzetek Klímaváltozás-Hatás-Válaszok.* 64., 5-11. http://real-j.mtak.hu/18312/1/KL%C3%8DMA-21_F%C3%BCzetek_64.pdf

Tao, S., Xu, Y., Liu, K., Pan, J., Gou, S. (2011): Research progress in agricultural vulnerability to climate change. *Advances in Climate Change Research,* 4., 203–210 https://doi.org/10.3724/SP.J.1248.2011.00203

Tesfahunegn, G.B., Mekonen, K., Tekle, A. (2016): Farmers' perception on causes, indicators and determinants of climate change in northern Ethiopia: Implication for developing adaptation strategies- *Applied Geography,* 73., 1–12. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.05.009

Wreford, A., Neil Adger, W. (2010): Adaptation in agriculture: Historic effects of heat waves and droughts on UK agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability,* 4., 278–289 https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0482

Várallyay G. (1985): Magyarország 1:100 000 Méretarányú Agrotopográfiai Térképe. *Agrokémia és Talajtan,* 34., 243–248.

Egyéb hivatkozások

2016. évi L. törvény az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményben Részes Feleinek 21. Konferenciáján elfogadott Párizsi Megállapodás kihirdetéséről https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600050.tv

Az európai zöld megállapodás (COM/2019/640 final) https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN

29/2008. (III. 20.) OGY határozat a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a08h0029.OGY

23/2018. (X. 31.) OGY határozat a 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OGY

62/2022. (XII. 9.) OGY határozat a 2026-ig szóló 5. Nemzeti Környezetvédelmi Programról – 1. melléklet https://njt.hu/document/e2/e2b4EJR_570563-2X08424.pdf

Kvassay Jenő Terv – a Nemzeti Vízstratégia https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf

Nemzeti Tájstratégia (2017-2026) https://2015-2019.kormany.hu/download/c/ff/f0000/Nemzeti%20T%C3%A1jstrat%C3%A9gia_2017-2026.pdf