



Adatból döntés, döntésből termés – a precíziós mezőgazdaság térhódítása és a meteorológiai információk használata különböző felhasználói csoportok szerint

Somfalvi-Tóth Katalin, Anda Angéla

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Agronómia Tanszék, somfalvi-toth.katalin@uni-mate.hu

DOI:10.56474/legkor.2026.2.2

Az agrárium szereplői vállalkozók: kockázatot viselnek, erőforrásokatallokálnak, döntéseiket a jövedelmezőség vezérli. A precíziós mezőgazdaság egyszerre növeli a hatékonyságot és mérsékli a környezeti terhelést; az agrárdigitalizáció pedig a szájhagyományon alapuló rutinokat adatvezérelt tervezéssé alakítja. Ennek fontos része a meteorológiai információ. Mivel adatok ismeretében a mezőgazdaság fejlesztése biztonságos alapokra helyezhető, a bemutatott kérdőíves feldolgozás célja az eddig alkalmazott meteorológiai ismeretkör felhasználásának, illetve szükséges módosításainak áttekintése az alkalmazói oldal szempontjait figyelembe véve. Kérdőívünk (n=124; ~10 000 ha) eredménye szerint meteorológiai adat főként a növényvédelmi döntésekhez (80,2%), betakarítás (65,1%) és vetés (59,3%) időzítéséhez kell. Domináns médiaforrás az Időkép és a HungaroMet Nonprofit Zrt., de az appok és nemzetközi felületek is gyakoriak. A válaszadók 45%-ának van automata állomása; közülük 81% továbbképzést igényel (adatminőség, telepítés, értelmezés).

Data-driven decisions – the rise of precision agriculture and the use of meteorological information across diverse user practices

Farmers are entrepreneurs: they bear operational risk, allocate resources, and ultimately optimize profitability. Precision agriculture supports this while reducing environmental pressures by improving input efficiency; in parallel, agri-digitalization is replacing tradition-based routines with information- and data-driven planning. Meteorological information is a key enabler. Since data provides a more reliable basis for agricultural development, the purpose of the questionnaire analysis presented here is to review the use of meteorological knowledge applied to date and the necessary improvements, taking into account the perspectives of users. In our survey (n=124; ~10,000 ha), weather data mainly supported plant protection timing (80.2%), harvest (65.1%) and sowing (59.3%). Időkép and HungaroMet were the dominant online sources, alongside apps and international platforms. Overall, 45% of responders operate an automatic weather station; among them, 81% demand further training (data quality, siting, interpretation).

A precíziós mezőgazdaság térhódítása

A precíziós mezőgazdaság kialakulása hosszú, egymásra épülő technológiai és szemléletbeli átmenetek eredménye: a termelési döntések fokozatosan távolodtak a kizárólag tapasztalati alapoktól, és egyre inkább mérési adatokra, majd integrált információs rendszerekre támaszkodtak (Zhang, *et al.* 2002). Az 1930 előtti hagyományos gazdálkodási korszakban az emberi és állati erőforrásokra épülő munkaszervezés dominált. A műveletek döntően helyi tudáson, „jó gazda” megfigyeléseken és többgenerációs rutinokon alapultak. E rendszer belső logikája a stabil, de korlátozott skálázhatóság volt: a beavatkozások térbeli finomhangolása alacsony, a hozamok és a ráfordítások variabilitása ugyanakkor magas maradt, miközben a termelés erősen ki volt szolgáltatva az időjárási ingadozásnak és a termőhelyi heterogenitásnak (Vértesy, 2023). Ebben az időszakban az időjárás megfigyelése szinte kizárólag az országot lefedő meteorológiai állomások adataiból létrehozott bázisra korlátozódott, mely nem volt elérhető minden gazdálkodónak. Az adatok területi felbontása messze nem elégítette ki az eredményes gazdálkodáshoz igényelt felbontást; mikroklima mérések csak néhány helyen és erősen célirányosan történtek. Ezek a mérések főképpen a kutatók igényeit elégítették ki, melyből a gazdák is okulhattak, de nem valószínű, hogy a saját termőhelyeikre közvetlenül adaptálni tudták volna azokat. A megfelelő műszerek, szenzorok és adatgyűjtők megkonstruálása még évtizedeket váratott magára (Fiebrich *et al.* 2020).

A fejlődés második szakaszában, azaz 1930 és 1995 közötti időszakban a gépesítés és az input-intenzifikáció hozta a legnagyobb ugrást a termelékenységben (Vértesy, 2023). A gépi munkavégzés, valamint a műtrágyák és növényvédő szerek széles körű alkalmazása lehetővé tette a nagyobb területű, egységes technológiával művelt táblák kialakítását és a hozamszint általános emelkedését. Ugyanakkor ez a korszak jellemzően az átlagokra optimalizált: a tábla belső változatosságát (pl. talajtextúra, vízháztartás, domborzat, tápanyag-előzettség, foltosított gyomosodás/kórokozónyomás) a technológia sokszor „kiegyenlítő zalként” kezelte. Ennek következményeként az erőforrás-felhasználás gyakran nem volt arányos a tényleges igényekkel: a túlkezelés és az alulkezelés egyszerre fordulhatott elő ugyanazon táblán belül, ami a költséghatékonyság és a környezeti terhelés szempontjából is kedvezőtlen. Erre az időre tehető az első, nem pontszerű mintavételen alapuló „növényi infra-technika” elméletének kidolgozása, s az alkalmazást lehetővé tevő infrahőmé-

rők elérhető, olcsóbb változatának megjelenése. A speciális hőmérővel mért növényhőmérséklet mellett, hogy nem pontszerű mintavétel eredménye, a növény érintése nélküli (intakt), az egész állományra vonatkoztatható integrált értéket volt képes előállítani. Az élő növény érintése nélküli mintavétel azért volt különösen fontos, mert már ismerték, hogy minden érintés befolyásolja a növény életfolyamatait, így torzíthatja a mérési eredményeket. (Anda, 2025).

Új és izgalmas lehetőségként 1995–2017 között a mezőgazdaság egyre inkább belépett az automatizáció korszakába. A GNSS-alapú helymeghatározás, a GIS-szemlélet, a terménytérképezés, valamint a szenzoros megfigyelések (gépadatok, hozammonitorok, kezdetben korlátozott, majd növekvő távérzékelési hozzájárulás) lehetővé tették, hogy a táblán belüli variabilitás mérhetővé, térképezhetővé és vizsgálhatóvá váljon (Vértesy, 2023). Megjelentek az automata kormányzási rendszerek és a munkamínőséget stabilizáló, emberi hibát csökkentő megoldások. A döntéshozatal ugyanakkor sok esetben még ún. „adat-támogatott”, de nem valóban adatvezérelt volt. Vagyis az adatok léteztek, de az integráció, azaz a különböző források összekapcsolása, az oksági értelmezés és a beavatkozások finom, gazdaságilag optimalizált térbeli differenciálása még nem volt általános. Az előző bekezdés példáját követve ebben az időszakban szaporodtak el a hőmérsékleti differencia (növény- és léghőmérséklet) követésén alapuló automata öntözési rendszerek (Ny-Európa, USA), amely a fenntarthatóságot is figyelembe véve víztakarékos (akár napi vízutánpótlással, „csak amennyi feltétlenül szükséges”) és környezetbarát eljárást teremtett (Jones, 1999).

A mai értelemben vett precíziós mezőgazdaságról 2017-től beszélhetünk, ahol a központi cél már konkrétan a helyspecifikus, táblán belül differenciált kezelés: „oda, ahová szükséges, annyit és akkor, amikor indokolt” (Vértesy, 2023). A szemlélet két pilléren nyugszik. Az egyik az üzemi gazdaságosság: az eltérő adottságú táblarészek egységes kezelése hozam- és költségvesztést okozhat. Ahol a termőhelyi korlátok miatt a növény nem reagál megfelelően a kijuttatott inputokra, ott a ráfordítások egy része nem térül meg, míg más területeken éppen a termést korlátozó tényezők maradhatnak kezeletlenül. A másik pillér az egyre erősödő környezeti és szabályozási elvárás: az inputanyagokat hatékonyabban kell felhasználni, mérsékelni kell a veszteségeket, és biztosítani kell a beavatkozások nyomon követhetőségét. A precíziós eszköztár

kiépítése valóban jelentős beruházást igényel, cserébe viszont több adatrétet integrált használatát teszi lehetővé: talajállapot (fizikai-kémiai tulajdonságok, vízháztartás), növényállapot (távérzékelte indexek, állománydiagnosztika), hozam- és minőségterképek, gép- és üzemadatok, meteorológiai információk, továbbá gazdasági/piaci paraméterek. A meteorológiai információk köre belépett a gazdálkodás mindennapjaiba azzal, hogy már nemcsak a szabvány meteorológiai állomásokon, 2 m-en mért adatokat adaptálják a felhasználók a növényállományokra, hanem a mindenkori gazdálkodási célnak megfelelő összeállítású agrometeorológiai állomások kihelyezésére is sor kerülhet. A helyi mérések kiterjesztéséhez a műholdas mérések bevonása járul hozzá. E rétegek együttes értelmezése, a meteorológiai információk növényi adatokkal való kibővítését is magában foglalva, teremti meg a változó dózisu kijuttatás (VRT), a kockázatalapú növényvédelem, az öntözési döntéstámogatás és tágabban a digitális agronómiai menedzsment alapját, ahol a technológia nem önmagáért, hanem mérhető hatékonyság- és stabilitásnyereséget ér el a rendszerbe (Segarra, et al. 2020).

A meteorológiai tényezők szerepe az agrotechnikai döntésmechanismusokban

A precíziós gazdálkodási rendszerekben a meteorológiai információ operatív döntéstámogató erőforrás: a táblaszintű beavatkozások (különösen a növényvédelmi kezelések és a tápanyag-utánpótlás) időzítése nagy érzékenységgel reagál a légköri folyamatokra. A gyakorlat szempontjából kiemelten releváns döntési ablak az agrotechnikai művelet időpontját megelőző 48 óra és a következő 48 óra időszaka, amelyben főként a hőmérsékleti, csapadék- és szélviszonyok közvetlenül befolyásolják az elvégzett agrotechnikai művelet sikerességét, mivel egyszerre hatnak a beavatkozások biológiai hatékonyságára, a kijuttatás fizikai kivitelezhetőségére és a környezeti kockázatokra.

Hőmérséklet – miért kritikus a növényvédelmi döntésekben?

A növényvédő szerek és segédanyagok hatásmechanizmusa gyakran hőmérsékletfüggő, ezért ugyanaz a technológia különböző hőmérsékleti tartományokban eltérő eredményt adhat (Ganie, et al., 2017; Trezzi et al., 2021). Magasabb hőmérsékleten (különösen erős besugárzás mellett) nőhet a fitotoxicitás (növényre gyakorolt mérgező hatás) kockázata: a levélfelület sérülé-

kenyebb lesz, növekedhet a párolgás intenzitása, a permetlé koncentrációja a levélfelületen megemelkedhet, ami „égési tünetekhez” és perzseléshez vezethet. Ezzel párhuzamosan bizonyos hatóanyagoknál a túl magas hőmérséklet a gázosodás/elpárolgás irányába tolhatja a folyamatokat, növelve a veszteséget és a légmozgás általi elsodródás kockázatát (Ouse, et al. 2018). Alacsonyabb hőmérsékleten ezzel szemben gyakori probléma a gyengébb biológiai aktivitás: lassul a kártevők anyageseréje, ezáltal csökkenhet a kontakt hatás hatékonysága, és a szisztémikus készítmények (a növény által felvett, majd a nedvkeringéssel a növényen belül szállítódó hatóanyagok) felszívódása is gátolt lehet, mivel a növény fiziológiai folyamatai (transzspiráció, anyagforgalom) is lassulnak. A hőmérséklet tehát nemcsak a kijuttatás tényét (igen/nem) határozza meg, hanem azt is, hogy mekkora hatékonysággal és kockázattal végezhető el a kezelés.

A léghőmérsékletből származtatható a legegyszerűbb index, a hőmérsékletösszeg (GDD: growing degree day), amely a növények - és számos kártevő - „biológiai órája”. A növényfejlődés egyes szakaszai, a fenológiai fázisok bekövetkezte, vagy akár pl. az érés a felhalmozott napi középhőmérsékletekből származtatható, így akár a növényfejlődés fontos szakaszainak előrejelzéséhez is jól használható. Több változata terjedt el.

Az agrometeorológiai megfigyeléseknél az alap mért meteorológiai elemeken túl érdemes megemlíteni a növényhőmérséklet szerepét, mely a precíziós gazdálkodásban állományhőmérsékletet jelent. A mutató ismeretében az öntözési időpont előrejelzése akár két hőmérővel megoldható; egy infrahőmérő és egy léghőmérsékletet mérő szenzor kell hozzá. A növény helyhez kötöttsége folyamatos energiafelvételi kényszerrel jár, amelytől a víz rendkívül magas fajhője miatt a növény párologtatással (transzspiráció) tud „megszabadulni”. Vízhányánál a helyhez kötöttségi kényszerből fakadó többletenergia a növényt az ember lázához hasonlóan melegíti, de ez a melegedés más információ tartalmú, mint az embernél. Addig, amíg az ember testhőmérséklete közel állandó (36,6 °C), a növényé nem; a növény párolgással úgy módosítja felszínhőmérsékletét, hogy lehetőleg a léghőmérséklet közelében, vagy inkább az alatt maradjon. Ez az „állapot” csak eleendő talajnedvesség esetén valósulhat meg. Ha a léghőmérsékletnél magasabb a növény (állomány) felszínhőmérséklete, akkor nem volt elegendő víz, amivel le tudta volna hűteni magát a növény, vízhiány miatt öntözni kell. Ez az ismeret azért hasznos, mert nem más környezeti elemet (pl. a talajt), hanem

magát a növényt vonjuk be a mérésekbe annak vízelátottságáról. A hőmérsékleti differencia a vízhiányról még a látható hervadási tünetek megjelenése előtt nyújt tájékoztatást, amely előnnyel egyetlen korábbi öntözési időpont előrejelző rendszer sem rendelkezett (Anda, 2025). Az eljárás tovább finomítható, ha több, a párolgást befolyásoló meteorológiai elemet is bevonunk (például légnedvesség, szélesebség, globálsugárzás), akkor összetett mutatókat, indexeket képezünk.

A hőmérséklet szerepe túlmutat a növényvédelmen és az öntözésen. Szántóföldön a vetés időzítésénél a talaj- és levegőhőmérséklet egyaránt meghatározza a kelés dinamikáját és az egyöntetűséget, ami később a gyomkonkurenciában, kórtani érzékenységekben és végső soron a termésstabilitásban is visszaköszön. Gyümölcsültetvényekben pedig a minimumhőmérséklet-előrejelzés és a hőmérsékleti inverzió kialakulásának felismerése a fagyvédelem alapja: a kritikus fenológiai fázisokban (rügyfakadás–virágzás) akár néhány tized fok különbség is dönthet a károsodás mértékéről. A helyszíni mérés itt különösen fontos, mert a fagyveszély erősen mikroklíma-függő (mélyedések, talajállapot, szélesebség, felhőzet), és a védekezési technológia (pl. füstölés, légeverés, mikroszórófejes öntözés) megindításához pontos, akár perces időbeli felbontású meteorológiai információkra van szükség.

Csapadék – miért meghatározó a talajállapot és a hatóanyagok sorsa szempontjából?

A csapadék agrotechnikai szempontból első és legfontosabb hatása a mezőgazdasági terület járhatósága. Nedves talajon a munkagépek taposási kárt okoznak: romlik a talajszerkezet, nő a tömörödés, csökken a pórustér, így gyengül a beszivárgás és a gyökérzóna levegőzöttsége. Ez nemcsak az adott művelet (pl. permetezés, fejtrágyázás, sorközművelés, betakarítás) nehezíti, hanem középtávon terméskorlátozó tényezővé válhat (Hamza and Anderson, 2005; Lipiec and Hatano, 2003). A csapadék tehát közvetlenül beleszól abba, hogy mikortól és meddig lehet biztonságosan rámenni a táblára anélkül, hogy hosszú távú szerkezetromlást idéznénk elő.

A második, legalább ennyire fontos hatás a növényvédő szerek és tápanyagok környezeti terhelése. Friss vegyszeres kezelés után a csapadék lemoshatja a hatóanyagot a levélfelületről, különösen akkor, ha a permetlé száradása és a tapadás nem volt megfelelő, vagy ha az adott készítménynek hosz-

szabb „esőállósági” időablakra van szüksége. Ilyenkor a hatékonyság csökken, miközben a lemosódott anyag a talajfelszínen vagy a talajba jutva más útvonalakon mozog tovább (Cohen and Steinmetz, 1986). A bemosódás a talajba bizonyos esetekben kívánatos (például egyes talajon ható készítményeknél), de gyakran környezeti kockázatot jelent: függ a talaj textúrájától, szervesanyag-tartalmától, a víztelítettségtől, hogy inkább a gyökérzónában lokalizálódik-e, vagy a mélyebb rétegek felé vándorol, növelve a kimosódás lehetőségét, beszennyezve akár közeli felszín alatti vagy feletti víztömböket. Ugyanez igaz a tápanyag-utánpótlásra is: nagyobb csapadékesemények után a nitrogénvesztések (kimosódás, denitrifikáció) fokozódhatnak, ami egyszerre rontja a hatékonyságot és növeli a környezeti terhelést.

A mezőgazdaságot támogató automata állomáshálózat térnyerése

A szabvány meteorológiai megfigyelésen felüli adatgyűjtés, amely a növények növekedését, fejlődését írja le, az agrometeorológiai megfigyelés. Megvalósítói a speciális igények kiszolgálására létrehozott, választott növényi tulajdonságokat is rögzítő agrometeorológiai obszervatóriumok vagy kutatóállomások (Anda és Dunkel, 2000). Meteorológiai állomást az adott helyre reprezentatív területre, megfelelő távolságban helyezük el az állomás céljait kielégítő mennyiségű és minőségű meteorológiai műszerrel ellátva. Tekintettel a mezőgazdasági tevékenység sokszínűségére, az obszervatórium megfigyelési köre is sokrétű; céljai a növények növekedésének detektálásától (pl. tömeggyarapodás mérés) a transzspiráció becsléséig széles kört ölelhetnek fel. Legtöbbször a standard klímaállomás mérési programját egészíthetik ki pl. napfénytartam és fotoszintetikusan aktív sugárzás méréssel, talajhőmérséklet és talajnedvesség detektálással, szélprofil állomáson belüli és kívüli meghatározással, párolgás(ok) szabad vízfelszínen és növényállományokban való követésével, fenofázis- és fenometriai megfigyelésekkel [levélfelület index (LAI), állománymagasság mérése stb.]. A bemutatott széles profilú agrometeorológiai állomások célja nem annyira a gazdálkodói igények kielégítése, hanem a kutatás, oktatás és fejlesztés kiszolgálása. Hátránya, hogy ezek a „központi” állomások nem a gazdálkodó területén, hanem pl. valamely kutatóintézet, vagy egyetem területén üzemelnek, s a helyi igény kiszolgálása csak áttételesen, pl. szaktanácsdó szolgálatok bevonásával lehetséges.

A fenti korlátok és a bemutatott folyamatok, illetve tényezők alapján tehát a gazdálkodók részéről egyre erőteljesebb igény mutatkozik olyan helyi mérőeszközökre, amelyek kellő pontossággal biztosítanak információt az alapvető meteorológiai paraméterekről, és az ezekre épülő speciális figyelmeztetésekre (pl. kártevők megjelenési valószínűsége, rajzás riasztás, gombabetegségek számára optimális környezeti feltételek együttes fennállásának figyelmeztetése stb). Ezt a rövidtávú, helyspecifikus döntéstámogatást a mezőgazdasági célú automata meteorológiai állomáshálózatok képesek magas időbeli felbontással biztosítani. A hazai agrárdigitalizációban meghatározó szereplő a KITE Zrt. állomáshálózatának gyors bővülése: a hálózat 2020 előtt 157 állomással rendelkezett, majd 2020–2025 között ütemes telepítésekkel növekedett (pl. 2022-ben 410, 2023-ban 234 új/telepített egység), és 2025 végére az állomásszám meghaladta az 1300-at. Az állomáshálózat gyors bővülését döntően az agrárdigitalizációt ösztönző európai uniós finanszírozási konstrukciók alapozták meg, miközben a gazdálkodói oldalról jelentkező, valós piaci és szakmai igény inkább kiegészítő, erősítő tényezőként járult hozzá a növekedéshez. A KITE Zrt. agrometeorológiai állomáshálózatának fejlődése is azt mutatja, hogy az utóbbi néhány évben vált a gazdák számára is elérhetővé komolyabb agrometeorológiai állomás üzembe helyezésének és karbantartásának lehetősége, amit extra szolgáltatásokkal tesznek vonzóvá az értékesítő cégek. A precíziós mezőgazdaság számára ez kulcsfontosságú, mert applikációkon keresztül a gazda in-situ meteorológiai mérésekhez, és származtatott adatokhoz, információhoz (pl. hőösszeg, várható rajzás, fagyriasztás... stb) jut hozzá.

Fontos kiemelni továbbá, hogy a döntéstámogatás megbízhatósága a minőségbiztosításon áll vagy bukik: a szenzor- és telepítési hibák, valamint a környezeti torzító tényezők kezelése nemzetközi szten-derdekhez kötött, és a közel valós idejű automatikus minőségellenőrzés (QC) a hálózatüzemeltetés alapkövetelménye, amely tényezők még mindenképp fejlesztésre szorulnak.

Meteorológiai adatok felhasználása a mezőgazdaságban – kérdőív bemutatása

A meteorológiai információk mezőgazdasági felhasználásának feltárására strukturált kérdőíves felmérést végeztünk. A kérdőív címe „Adatból döntés, döntésből termés”, amelynek deklarált célja annak

vizsgálata volt, hogy a gazdálkodók milyen meteorológiai adatokhoz férnek hozzá, azokat milyen módon és milyen döntési helyzetekben használják, illetve milyen további igények fogalmazódnak meg a hatékonyabb adatfelhasználás érdekében.

A megkérdezettek köre mezőgazdasági termeléssel foglalkozó szakemberekből állt (agronómusok, gazdálkodók, őstermelők, állattenyésztők). A kérdőívre 124 fő adott választ, akik összesített gazdálkodási területe megközelítőleg ~10 000 ha volt. A résztvevők elérését nem valószínűségi mintavétellel, hanem célzott terjesztési csatornákon keresztül biztosítottuk: közösségi médiafelületek, valamint öregdiák levelezőlisták bevonásával. Feltételezhetően több ezer főt sikerült elérni, ehhez képest a válaszadói hajlandóság alacsony maradt.

A kérdőív összesen 12 kérdésből állt, két tematikus blokkba rendezve. Az általános (demográfiai és gazdaságszerkezeti) kérdések az alábbi témákat fedték le:

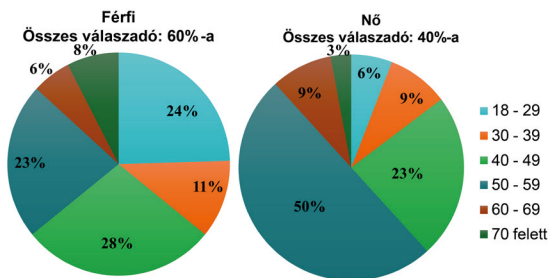
- 1) nem / iskolai végzettség / életkor; 2) gazdálkodási múlt (mióta gazdálkodik); 3) gazdaságméret (hány hektáron gazdálkodik); 4) ágazat megnevezése (szántóföldi növénytermesztés; gyümölcs- és zöldségtermesztés; szőlészet; állattartás; méhészet; vegyes gazdálkodás).

A meteorológiai adatokkal kapcsolatos kérdésblokk a meteorológiai információk tényleges használatát, forrásait és a műszerezettség/kompetencia oldalt vizsgálta:

- 5) használ-e meteorológiai információt a gazdálkodás során; 6) milyen meteorológiai információkat követ nyomon; 7) honnan tájékozódik; 8) milyen típusú döntésekhez használja az információt; 9) rendelkezik-e saját meteorológiai állomással; 10) ismeri-e a mérések megbízhatóságát torzító telepítési/környezeti tényezőket (pl. épületek, fák), és figyelembe vette-e ezeket a telepítés során; 11) a saját adatait felhasználja-e a döntéshozatalban; 12) szükségesnek tart-e továbbképzést/szakértői támogatást a hatékonyabb adatfelhasználás érdekében.

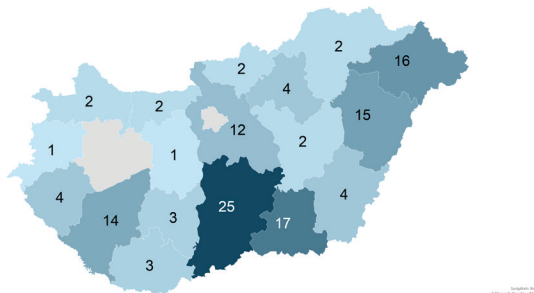
Eredmények a kérdőívre adott válaszok alapján

A demográfiai adatokra érdemes egy-két gondolatot felfűzni. A nemek aránya 60% férfi és 40% nő (1. ábra). Az életkori struktúra nemenként markánsan eltér: a férfi válaszadók körében a 40–49 éves korcsoport a legnagyobb (28%), ezt követi kis lemaradással a 18–29 éves korcsoport (24%) és az 50–59 éves korcsoport (23%), míg a 30–39 (11%) és az idősebb korcsoportok (60–69: 6%, 70 felett: 8%) kisebb súlyt képviselnek. A női válaszadók életkor szerinti megoszlása



1. ábra. A férfi és nő válaszadók korcsoport szerinti megoszlása.

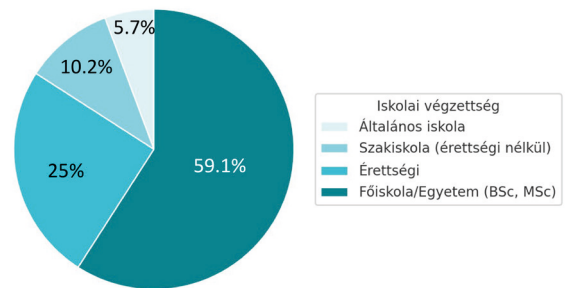
ezzel szemben erősen koncentrált az 50–59 évesekre (50%), a 40–49 évesek aránya 23%, a 30–39 és 60–69 korcsoportok egyaránt 9%-ot tesznek ki, míg a 18–29 (6%) és a 70 felett (3%) alacsony. Ez a szerkezet már előre vetíti, hogy a médiahasználati különbségekben és a technológiai eszközellátottságban részben életkori összetételhatás is megjelenhet.



2. ábra. A válaszadók területi eloszlása, összesen 124 fő és 10.000 hektár lefedettséggel.

A területi eloszlást bemutató 2. *ábra* a válaszadók megyék szerinti számát közli, és kifejezetten heterogén mintázatot mutat: néhány térség magasabb válaszadói létszámmal jelenik meg (maximum 25 fő, továbbá 17, 16, 15, 14 és 12 fős értékek), miközben több megyében csak 1–4 főnyi válaszadó szerepel. Ezek a kis elemszámú vármegyék statisztikai szempontból fontosak, mert a megyeszintű százalékos mutatók (pl. saját állomás megléte) ilyen esetekben könnyen szélsőséges értékeket vehetnek fel, ezért azok ilyen jellegű elemzését körültekintéssel kell végezni, ezért ezen eredmények közlésétől most el is tekintünk. A válaszadók térbeli eloszlása egyébként hűen tükrözi, hogy a közösségi médiafelületeken aktív, széles elérésű szereplők bevonása a toborzásban hatékonyabban növelheti a részvételt, mint a hagyományosabb csatornák, például az öregdiák elérhetőségi listák.

Az iskolai végzettség megoszlása a 3. ábrán látható: a válaszadók 59,1%-a főiskolai/egyetemi (BSc, MSc) végzettségű, 25% érettségivel rendelkezik,

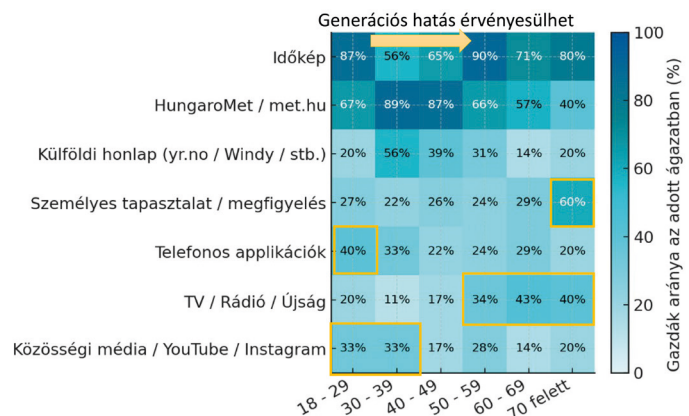


3. ábra. A válaszadók iskolai végzettség szerinti eloszlása (%). A felsőfokú végzettséggel rendelkező válaszadók dominanciája látható. A legalább érettségivel rendelkező válaszadók összesen 84,1%-ot tesznek ki.

10,2% szakiskolai (érettségi nélkül), 5,7% pedig általános iskolai végzettséget jelölt. A minta összetétele alapján valószínűsíthető, hogy a magasabb iskolai végzettségű csoportok aránya a teljes populációhoz képest nagyobb, ami befolyásolhatja az információforrások használatának mintázatát és a technológiai megoldásokkal szembeni attitűdöket.

Információforrás az egyes korcsoportokban

A 4. ábra a médiahasználatot mutatja be korcsoportonként, százalékos hőtérképen. Az Időkép minden korcsoportban magas eléréssel jelenik meg (18–29 éves: 87%, 30–39 éves: 56%, 40–49 éves: 65%, 50–59 éves: 90%, 60–69 éves: 71%, 70 felett: 80%), ami azt sugallja, hogy ez a csatorna kvázi platformszintű tájékoztató referencia. Ráadásul egyfajta generációs hatás is megfigyelhető, azaz a fiatalabb, Z-generáció hatással lehet a szüleik médiaválasztási szokásaira, mindkét említett korcsoportban kb. 90%-os

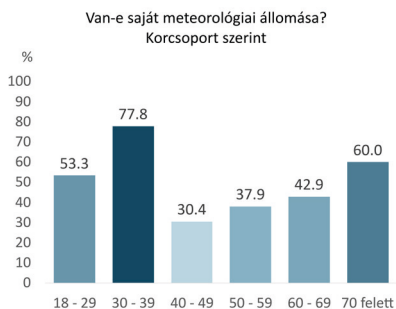


4. ábra. Médiahasználati szokások a meteorológiai információszerezés forrásaiként, korcsoportok szerint.

a nevezett média rendszeres felkeresése. A HungaroMet Zrt. honlapjának (met.hu) látogatása ezzel szemben kifejezetten a középkorosztályokban a leg-erősebb (30–39 éves: 89%, 40–49 éves: 87%), majd fokozatosan csökken idősebb korban (60–69 éves: 57%, 70 felett: 40%); a 18–29 éves csoportban 67% szerepel. A külföldi honlapok (yr.no, Windy stb.) használata leginkább a 30–39 éveseknél ugrik ki (56%), míg a többi korcsoportban jellemzően mérsékelt (különösen 60–69 éves: 14%). A személyes tapasztalat/megfigyelés mint információforrás a 70 felettiek körében erősen dominál (60%), míg a fiatalabb korcsoportokban 22–29% között mozog, ami idősebb korban a megfigyelésen alapuló döntési heurisztikák erősödésére utal. A telefonos applikációk használata a 18–29 éveseknél a legmagasabb (40%), majd általános csökkenő trendet mutat (70 év felett: 20%), ami klasszikus digitalizációs életkori gradienst mutat. A TV-, rádió- és újságcsatornák szerepe az életkorral nő (30–39 éves: 11% → 60–69 éves: 43%, 70 felett: 40%), míg a közösségi média/YouTube/Instagram a fiatalabbaknál relatíve erősebb (18–29 és 30–39 éves: 33%), és idősebb korban visszaesik (60–69 éves: 14%).

Saját meteorológiai adatok felhasználása

A válaszadók közel fele (45%) rendelkezik meteorológiai állomással, ami a valós helyzethez képest kedvezőbb képet és arányt mutat, hiszen a meteorológiai állomással rendelkező gazdálkodók feltételezhetően nagyobb kedvvel válaszoltak, és sokkal inkább magukénak érezték a kérdőívet. Korcsoport szerint (5. ábra) a legmagasabb arány a 30–39 éveseknél jelenik meg (77,8%), ezt követi a 70 év felettiek csoportja (60,0%) és a 18–29 éveseké (53,3%). A legalacsonyabb érték a 40–49 éves korosztályhoz tartozik (30,4%), míg az 50–59 (37,9%) és 60–69 (42,9%) köztes pozíciót

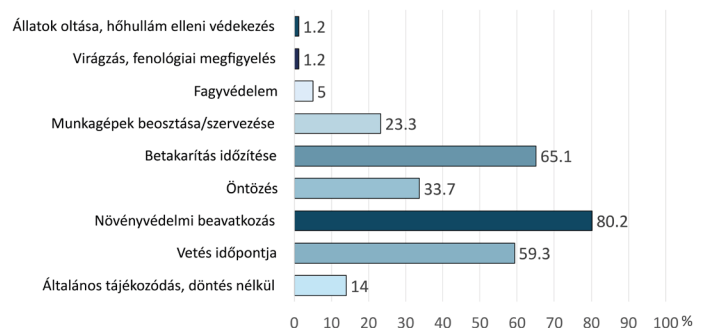


5. ábra. Saját meteorológiai állomás megléte a válaszadók százalékában (%), korcsoportok szerint.

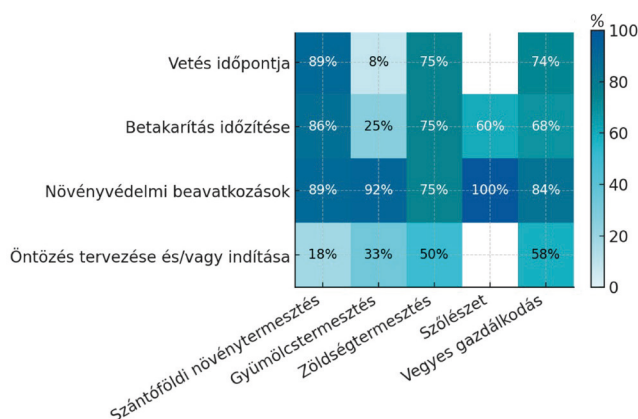
foglal el. Ez a mintázat nem generációk szerint lineáris, hanem inkább életciklushoz és gazdaság-szerkezethez kötött jelenségként olvasható: bizonyos korcsoportokban nagyobb lehet a beruházási hajlandóság, illetve a döntéstámogatási eszközök integráltsága, míg más csoportoknál a meteorológiai információ inkább szolgáltatásokon keresztül jelenhet meg.

Fontos információ, hogy a gazdaság mérete (ha) nem volt meghatározó abból a szempontból, hogy rendelkezik-e saját meteorológiai állomással, vagy sem.

A 6. ábra azt mutatja, hogy mely agrotechnikai műveletek előtt alkalmaznak a gazdák meteorológiai információt döntéstámogatásra. A legmagasabb arány a növényvédelmi beavatkozásoknál jelenik meg (80,2%), ami jól illeszkedik ahhoz, hogy a kezelések hatékonysága és kockázata (szél, csapadék, hőmérséklet, permetlé-sodródás, lemosódás) közvetlenül időjárásfüggő. Ezt követi a betakarítás időzítése (65,1%) és a vetés időpontja (59,3%), amelyeknél a talajállapot, a csapadék-előzmények és a rövid távú előrejelzés kritikus. Az öntözés esetén 33,7% jelzi a meteorológiai információk használatát, ami arra utal, hogy az öntözési döntések egy része még nem (vagy nem kizárólag) meteorológiai alapon történik, illetve az öntözés nem minden gazdaságban releváns. Itt fontos megemlíteni, hogy a KSH adatai szerint 2023-ban az öntözhető terület 258 ezer ha (a mezőgazdasági terület ~5,1%-a), és ebből 154 ezer ha-t öntöztek ténylegesen a 2022. június–2023. június időszakban. Látható tehát, hogy a válaszadók között magasan reprezentálták magukat, akik vízutánpótlást végeznek a mezőgazdasági tevékenységük során. A munkagépek beosztása/szervezése 23,3%-kal közepes jelentőségű, míg az általános tájékozódás, döntés nélkül kategória 14%-ot tesz ki, jelezve, hogy van egy olyan válaszadói csoport, amely fogyaszt időjárési információt, de azt nem transzformálja explicit műveleti döntéssé. A fagyvédelem (5%) és a virágzás/fenológiai megfigyelés



6. ábra. a meteorológiai információk felhasználása a különböző agrotechnikai műveletek során, a válaszadók százalékos arányában (%).



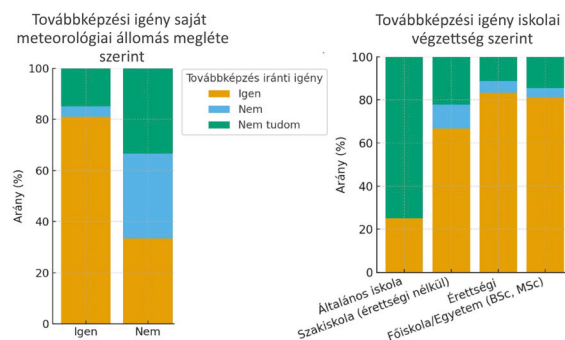
7. ábra. A meteorológiai információk felhasználása négy különböző agrotechnikai művelet és a mezőgazdasági ágazatokat reprezentáló mátrixban, a válaszadók százalékos arányában (%).

(1,2%), illetve állatok oltása, hőhullám elleni védekezés (1,2%) alacsony értékei erősen tükrözik az adott ágazat részarányát a teljes felmérésben. Ugyanakkor a gyümölcs- vagy zöldségstermesztéssel foglalkozók 100%-a alkalmazza a meteorológiai információkat a fagyvédelem elleni küzdelemben.

A négy legnagyobb arányban megjelenő agrotechnikai beavatkozást részletesebben is vizsgáljuk meg. A 7. ábra az ágazatok és a fő döntéstípusok kapcsolatát hőtérképen mutatja be. A növényvédelmi beavatkozások minden ágazatban magas arányt érnek el: szántóföldi növénytermesztés 89%, gyümölcsstermesztés 92%, zöldségstermesztés 75%, szőlészet 100%, vegyes gazdálkodás 84%. Ez a legkonzisztensebb, „ágazatfüggetlen” használati terület. A vetés időpontjának meghatározása szántóföldön 89% és zöldségesben 75%, vegyes gazdálkodásban 74%, míg gyümölcsösben 8%; a különbség funkcionális, mivel a vetés, mint döntés ültetvényeknél nem központi elem. A betakarítás meteorológiai időzítése szintén magas szántóföldön (86%) és zöldségesben (75%), közepes szőlészetben (60%) és vegyes gazdálkodásban (68%), alacsonyabb gyümölcsösben (25%); ez utóbbi értelmezhető úgy, hogy a gyümölcsösökben a betakarítás időzítését gyakran nem kizárólag meteorológiai, hanem piaci és érettségi/fenológiai tényezők is erősen determinálják. Az öntözés tervezése és/vagy indítása esetén a legmagasabb arány a vegyes gazdálkodásban (58%) és a zöldségstermesztésben (50%), közepes gyümölcsösben (33%), alacsony szántóföldön (18%). Az ábra egészében azt jelzi, hogy a meteorológiai adatfelhasználás ágazattól függetlenül a növényvédelem tekintetében, míg az öntözés már sokkal inkább ágazat- és technológiafüggő differenciáló tényező.

A kérdőív végén kitértünk arra az égető kérdésre, hogy a gazdák mennyire mozognak otthonosan a meteorológiai információk felhasználása terén, illetve, ha nem, akkor van-e igény továbbképzésekre, esetleg valamiféle útmutatóra. A továbbképzési igényt a 8. ábra két metszetben bontja ki. Saját meteorológiai állomás megléte szerint (8. ábra, balra) a továbbképzést igénylők aránya a saját állomással rendelkezők között kiugróan magas: megközelítőleg 81% választott igennel, kb. 4% nemmel, és kb. 15% bizonytalan („nem tudom”). A saját állomással nem rendelkezők csoportjában ezzel szemben közel egyenletes megoszlás látszik: nagyjából egyharmad igényelne továbbképzést, egyharmad nem igényelné, és egyharmad nem tudja megítélni. Ez a kontraszt arra utal, hogy a műszerezettség elérése után a felhasználók gyorsan szembesülnek az adatértelmezés, telepítés-minőség, adatintegráció és döntési transzformáció gyakorlati nehézségeivel, míg a műszerezetlen csoportban a hasznosság és a szükséglet még kevésbé jelenik meg.

Az iskolai végzettség szerint (8. ábra, jobbra) a továbbképzési igény egyértelműen megjelenik a középszintű és felsőfokú végzettségi szinteken: érettségivel kb. 82% jelez igényt (7% nem, és 11% bizonytalan), főiskola/egyetem végzettséggel kb. 79% igényelné a továbbképzést, míg csak 6% nem, és 15% a bizonytalan. A szakiskolai (érettségi nélküli) csoportban a továbbképzést igénylők aránya 65%, míg a nem válaszok aránya 13%, a bizonytalanok pedig 22%-ot tesznek ki. Az általános iskolai végzettségűeknél a bizonytalanság dominál: 76% „nem tudom”, és csak 24% igényelne képzést. Az ábra így azt a gyakorlati szempontból kritikus mintázatot erősíti meg, hogy a magasabb végzettség nem csökkenti a képzési igényt, inkább konkretizálja azt, míg az alacsonyabb végzettségi szinteken a szükséglet felismerése és megfogalmazása is támogatást igényel.



8. ábra. A továbbképzési igény megjelenése a válaszadók között (%) a meteorológiai állomás megléte (balra) és az iskolai végzettség szintje (jobbra) szerint.

Záró gondolatok

Alapvetően a gazdák ma már nem terményt, hanem profitot termelnek, és ehhez szorosan illeszkedik a precíziós mezőgazdaság profitorientált szemlélete: a helyspecifikus menedzsment egyszerre képes a ráfordítások hatékonyságát növelni és a környezeti terhelést mérsékelni, miközben a gazdálkodó – vállalkozóként – elsődlegesen üzemi eredményben gondolkodik. Az itt bemutatott ismeretek alapján a mezőgazdaság az elmúlt években látványos paradigmaváltáson ment keresztül: a korábban domináns, tapasztalati („szájhagyományra” épülő) döntési rutinokat egyre inkább a mérési adatokra és digitális információkra támaszkodó döntéshozatal váltja fel. Ugyanakkor a technológiai ugrás nem tekinthető homogénnek: a digitalizációs átállás üteme és mélysége gazdaságonként, térségenként, valamint kompetencia- és eszközellátottság szerint is jelentős különbségeket mutat.

A kérdőíves eredmények egyik kulcsüzenete, hogy a meteorológiai információk ma már széles körben megjelennek a gyakorlati műveltervezésben, ennek ellenére a műszerezettség szintje összességében alacsony, és sok termelő nehezen igazodik el a különböző szenzoros megoldások, applikációk és szolgáltatók kínálatában. Ez a helyzet nem pusztán hozzáférési kérdés: a hasznosíthatóságot az adatminőség, az értelmezési keretek és a felhasználói kompetenciák együttesen korlátozhatják, így az információ „jelenléte” önmagában nem garantálja a döntések konzisztens javulását. Ehhez szorosan kapcsolódik a kérdőíves felmérés alapján az az üzenet, hogy markáns továbbképzési igény jelentkezik a gazdák oldalán, különösen azok körében, akik már használnak meteorológiai adatot, továbbá erős elvárásként jelenik meg a szakértői támogatás és a kifejezetten gyakorlatorientált képzés. Következtetésünk szerint a következő fejlődési lépcső kulcsa a célzott agrometeorológiai szolgáltatások kínálata, amely közérthető nyelven kommunikáló, valós idejű, rendkívül egyszerű (igen/nem típusú) döntéstámogató alkalmazások és riasztások, valamint kártevő- és betegség-előrejelzések kombinációjaként jelenik meg, amelyek nem párhuzamos információként futnak, hanem ténylegesen beépülnek a mindennapi gazdálkodási folyamatokba.

Irodalomjegyzék

- Anda, A. és Dunkel, Z., 2000: Agrometeorológia. Egyetemi jegyzet. Veszprémi Egyetem, Keszthely, 127.
- Anda, A., 2025: Az aszály keletkezésének okai és mechanizmusai. In: Gyuricza, C. és Zsembeli, J. (szerk.): Aszálykezelési stratégiák

a mezőgazdaságban. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 26–42.

- Anda, A., 2025: A precíziós gazdálkodás klimatológiai aspektusai. In: Balla, I. és Milics, G. (szerk.): Precíziós gazdálkodás a szántóföldi növénytermesztésben. Jövedelmezőség és termésbiztonság a XXI. században. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 329–342.
- Cohen, M. L. and Steinmetz, W. D., 1986: Foliar washoff of pesticides by rainfall. *Environmental Science & Technology* 20, 521–523. <https://doi.org/10.1021/es00147a014>
- Fiebrich, C., Brinson, K., Mahmood, R., Foster, S., Schargorodski, M., Edwards, N. L., Redmond, C. A., Atkins, J. R., Andresen, J. and Lin, X., 2020: Toward the Standardization of Mesoscale Meteorological Networks. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 37, 2033–2049. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-20-0078.1>
- Ganie, Z. A., Jugulam, M. and Jhala, A. J., 2017: Temperature influences efficacy, absorption, and translocation of 2,4-D or glyphosate in glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) and giant ragweed (*Ambrosia trifida*). *Weed Science* 65, 588–602. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.32>
- Hamza, M. A. and Anderson, W. K., 2005: Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research* 82, 121–145. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.009>
- Jones, H. G., 1999: Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling. *Agricultural and Forest Meteorology* 95, 139–149. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00030-1)
- Lipiec, J. and Hatano, R., 2003: Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma* 116, 107–136. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1)
- Ouse, D. G., Gifford, J. M., Schleier, J., III, Simpson, D. D., Tank, H. H., Jennings, C. J., Annangudi, S. P., Valverde-García, P. and Masters, R. A., 2018: A new approach to quantify herbicide volatility. *Weed Technology* 32, 691–697. <https://doi.org/10.1017/wet.2018.75>
- Segarra, J., Buchaillet, M. L., Araus, J. L. and Kefauver, S. C., 2020: Remote Sensing for Precision Agriculture: Sentinel-2 Improved Features and Applications. *Agronomy* 10, 641. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>
- Trezzi, M. M., Alcántara-de la Cruz, R., Rojano-Delgado, A. M., Alcántara, E., Pagnoncelli, F. D. B., Jr., Viece, M., Diesel, F., Pacheco, V. and De Prado, R., 2021: Influence of temperature on the retention, absorption and translocation of fomesafen and imazamox in *Euphorbia heterophylla*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 173, 104794. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104794>
- Vértesy, L., 2023: Precíziós mezőgazdaság: helyzetkép és gazdasági megfontolások. Műhelytanulmány. MATE Press, Gödöllő. <https://doi.org/10.54597/mate.0092>
- Zhang, N., Wang, M. and Wang, N., 2002: Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture* 36, 113–132. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0)

Internetes hivatkozások

- [1] <https://www.kormany.hu/en/ministry-of-agriculture> Időpont: 2026. február 28.
- [2] <https://www.nak.hu> Időpont: 2026. február 28.
- [3] <https://www.agroinform.hu> Időpont: 2026. február 28.