



Agrometeorológiai fejlesztések a HungaroMetnél

Kovács Attila, Erdődiné Molnár Zsófia

HungaroMet Nonprofit Zrt., kovacs.av@met.hu

DOI: 10.56474/legkor.2025.2.4

A HungaroMet honlapján (met.hu) széles körű friss meteorológiai információ érhető el, az agrometeorológiai aloldalon pedig kifejezetten a mezőgazdaságban érintettek számára készülő információk találhatók. Folyamatosan fejlesztjük a honlapunkon ingyenesen elérhető információk körét. Az alábbiakban a 2024-es évben bevezetett új produktumokat, a levélnedvesség-tartamot és az NDVI index növény-specifikus éves menetét mutatjuk be részletesen, elsősorban azok jelentőségét és az operatív működést előtérbe helyezve.

Agrometeorological developments at HungaroMet

The HungaroMet website (met.hu) provides a wide range of up-to-date meteorological information, while the agrometeorological subpage offers information specifically for those involved in agriculture. We continuously expand the range of free information available on our website. This paper provides a detailed presentation of the new products introduced in 2024, including leaf wetness duration and the crop-specific annual NDVI course, focusing on their significance and operational practice.

A mezőgazdaság az időjárás hatásainak egyik leginkább kitett területe a nemzetgazdaságnak. Bizonyos jelenségekhez kizárólag alkalmazkodni tudunk, de vannak olyanok is, amelyek ellen tehetünk is. A meteorológiai információk felhasználása a munkaszervezési döntéseknél csökkentheti a költségeket, növelheti a gazdálkodás biztonságát, ez pedig versenyelőnyt jelent.

A HungaroMet honlapján (met.hu) hatalmas mennyiségű friss információ érhető el ezzel kapcsolatban, akár az éppen aktuális mérési adatok (pl. radarképek), akár előrejelzések, de éghajlati adatok is. A honlapon ezen túl az agrometeorológiai aloldalon olyan információk találhatók, melyek kifejezetten a mezőgazdaságban dolgozók számára készülnek, melyek az ő kérdéseikre próbálnak válaszokat adni.

Folyamatosan fejlesztjük a honlapunkon ingyenesen elérhető információk körét. Mindezt azzal a céllal, hogy a mezőgazdaságban érintettek, legyen az gazdálkodó, döntéshozó, de akár a témában érdeklődő széles közvélemény is, hasznos, egyszerű, könnyen érthető és a gyakorlatban használható információkhoz jusson. Az oldalak folyamatosan frissülnek, mindig a legújabb, a legmegbízhatóbb információkat bemutatva.

Megtalálhatóak felszíni mérési adatok a jelenlegi és az elmúlt, különböző hosszúságú időszakokra. Kiemelt szerepet kap az információk között a csapadék, a felszíni mérések mellett valószínűségi előrejelzési térképek segítik a mezőgazdasági munkák mindennapi tervezését. Rendkívül fontos szerepe van a talajnedvességnek, melyet egy nagy felbontású rácshálózaton

számítunk a talaj három rétegére. A talajhőmérséklet elsősorban a tavaszi vetések időpontjának meghatározásában lehet segítség. A növényvédőszeres permetezés jogszabályban előírt határértékeit meghaladó várható szélsőségekről előrejelzési térképen lehet tájékozódni. Műholdas méréseken alapuló napfénytartam adatokat teszünk közzé. A vegetáció állapotáról az NDVI index műholdas mérések alapján számított aktuális értékei és anomáliái adnak információt. Elsősorban a kukorica időbeli fejlődésének átlagtól való eltéréseit mutatják a hőösszeg térképek. Az agrogramok az őszi vetések és a nyári kapásnövények tenyészidőszakában bekövetkezett időjárásnak a gyors áttekintését szolgálják az ország hat térségére vonatkozóan. A havi nemzetközi elemzésünkben a nagyobb termőterületeken bekövetkezett jelentősebb időjárási folyamatokat és azok mezőgazdaságra gyakorolt hatását foglaljuk össze.

Az alábbiakban bemutatjuk két, 2024-ben az operatív gyakorlatban megvalósított fejlesztésünket: a növényvédelem szempontjából fontos levélnedveség-tartamot, valamint a termésbecsléshez használható NDVI index növény-specifikus éves menetét.

A levélnedveség-tartam

A levélnedveség-tartam (Leaf Wetness Duration - LWD) a növényvédelemben alapvető fontosságú mennyiség, ugyanis a gombás megbetegedések kialakulásához a levélnek (növény- és gomba fajtánként) meghatározott ideig nedvesnek, vizesnek kell lennie (Mező *et al.*, 1989). Nedveség a levélen származhat csapadékból, öntözésből, harmatból és ködből. Az LWD-t sok termőhelyen mérik és ezt is figyelembe veszik a komoly anyagi vonzattal járó növényvédelmi döntések meghozatalánál (Sentelhas *et al.*, 2004). A növénybetegségek epidemiológiájában betöltött rendkívül fontos szerepe ellenére az LWD nem egy sztenderd meteorológiai változó, mint a hőmérséklet, vagy a relatív nedveség (Rowlandson *et al.*, 2015).

Az LWD meghatározása még azonos növénytípus esetén is igen nehéz feladat, inkább csak közelíteni lehet, mert más és más a növényállományon belül (Klemm *et al.*, 2000). Például a kevés eső az alsó leveleket el sem éri. Más időjárási helyzetben a nap a legfelső, legkülső leveleket éri először, így azok akár órás eltéréssel hamarabb is megszáradnak, mint az alsó részek. Ha pedig a táblák lejtőszögét is figyelembe vesszük, hogy vannak árnyékosabb és naposabb területek, akkor még tovább bonyolódik a helyzet. A leveleken főlhalmozódó víz mennyisége ezen túl függ a levélfelület nagyságától (LAI), a levelek formájától, összességében



1. ábra. Vizes szőlőlevél (fotó: Kovács Attila).

a növény fajtájától és fenológiai fázisától, sőt erősen befolyásolja az állomány sűrűsége, magassága, termesztéstechnikája, annak mikroklimája (1. ábra).

Batzer *et al.* (2008) vizsgálatai szerint például egy almafa esetében egy reggeli harmat kialakulása és felszáradása során a fa felső és alsó részén elhelyezkedő leveleket tekintve öt órás különbség adódik azok levélnedveség-tartamában.

A levelek tehát egy táblán belül is eltérő ideig vizesek, így általános érvényű, pontos számokat az egész országra nem lehet megadni, mégis egyfajta becsléssel közelíthetjük az LWD-t.

Az igen bőséges nemzetközi szakirodalomban alapvetően két módszer terjedt el a LWD meghatározására (Sentelhas *et al.*, 2007, Park *et al.*, 2019).

A fizikai modellek az energiamérleg elveit használják a növényi felületeken történő vízképződés és száradás szimulálására, a levegő hőmérséklete és relatív nedveségtartalma, a szélsőségek, a napsugárzás, a felhőtakaró és akár más paraméterek alapján. A fizikai modellek több meteorológiai paramétert igényelnek.

Az empirikus modellezés más megközelítést alkalmaz: a legjobb illeszkedést biztosító statisztikai algoritmusokat használ, hogy segítsen kiválasztani azokat a paramétereket és függvényeket, amelyek a legpontosabb becsléseket adják az LWD-re. Az empirikus modellek száraz napokon (amikor csak harmat képződik) „jól működnek”, esős napokon viszont nem, pedig ezek a napok a legfontosabbak.

A 90%-ot meghaladó páratartalom összegzett napi időszaka (RH 90% módszer)

A nemzetközi szakirodalomban a legerterjedtebb empirikus módszer az LWD becslésére a 90% feletti relatív páratartalmú (RH) órák számának összegzése (NHRH>90%), így megkapjuk a napi levélnedvesség-tartamot. Az RH = 90%-ot tekinthetjük a harmat-képződés küszöbértékének. Egyes szakértők ezt a módszert javasolják a LWD sztenderd definíciójának, mert egyszerű, felszíni mérésekből könnyen meghatározható és egyértelmű.

A HungaroMetnél bevezetett operatív gyakorlatban nagy felbontású rácshálózatra készített 5 percenkénti (MEANDER) analízis adatokból számoljuk ezt a mennyiséget reggel 6 és másnap reggel 6 óra (UTC-ben) között, mely az erősen párás (>90%) időszak hosszát mutatja napi időlépcsővel 1, 2, 3, 4, 5 és 10 napos összegzésekkel (2. ábra).

Az ezzel a módszerrel való közelítés csak nagyon durva becslést ad a tényleges levélnedvesség-tartamra. Így a félreértések elkerülése végett ezt a produktumot nem hívjuk „Levélnedvesség-tartam”-nak, hanem a „Párás időszak hossza” elnevezést kapta. Ez a módszer a „száraz” (csak harmatos) napokon működik jól.

Vizes levél időszak hossza

Ezen módszer számítási elve az, hogy azokat az időszakokat összegezzük, amikor a levél felülete vizes a hulló csapadék és a párolgás egyenlegének

megvonása után. Az összegzést minden nap reggel 6 és másnap reggel 6 óra (UTC-ben) között végezzük. Bár vízcseppek harmatképződéssel is keletkezhetnek a leveleken, csak a hulló csapadékból (esőből) származó esetekkel foglalkozunk a vegetációs időszakban. Az LWD-t 5 perces mérési adatokból egy egyszerű modellel számoljuk, azok számított, becsült értékek:

$$LW(i) = \text{Max} (\text{Min} (LW(i-1) + R(i), I) - E(i), 0)$$

ahol:

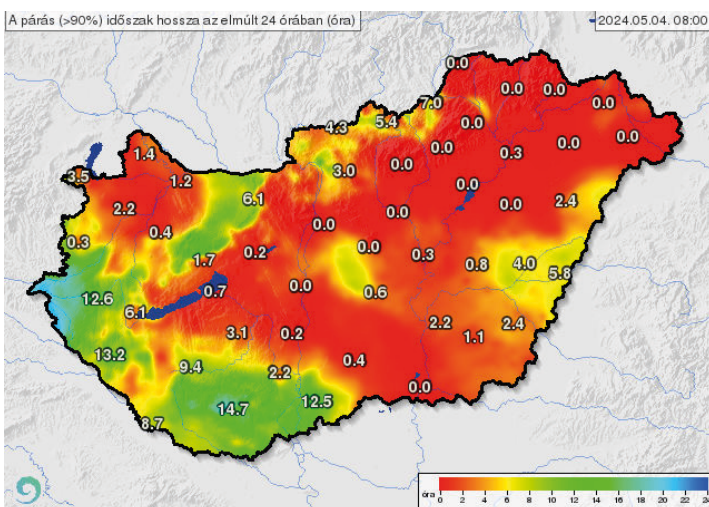
- LW(i): vízmennyiség a levélen az i. időlépcsőben
- R(i): csapadékmennyiség az i. időlépcsőben
- I: maximális intercepció (a növényzet fenológiai fázisától függő, napi változó)
- E(i): párolgás

$$LWD = \sum_{i=1-288} (Ha (LW(i) > 0) \text{ akkor } 00:05 \text{ egyéb-ként } 00:00)$$

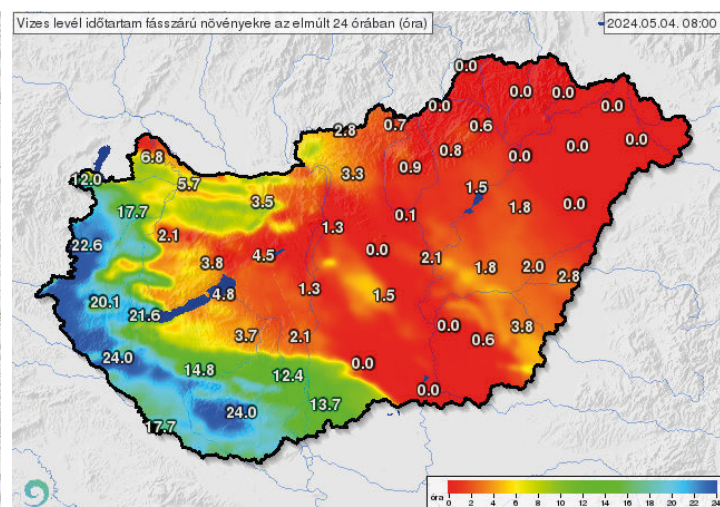
Külön számolunk lágyszárú és fásszárú növénykultúrákra, hiszen egészen más ideig marad vizes egy sűrű búzatábla május végén, mint egy olyan gyümölcsös, amit a szél könnyen átjár. Mivel a gombabetegségek kialakulásához hosszabb időszak szükséges, 1, 2, 3, 4, 5 és 10 napos összegeket is számolunk (3. ábra).

LWD előrejelzés

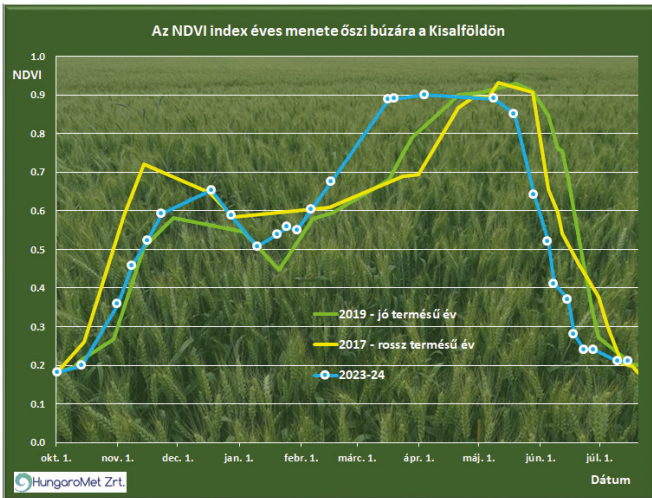
A múltbeli adatok mellett az is lényeges információ a növényvédőszeres megelőzés tervezésénél, hogy a következő napokban mennyi ideig lesznek vizesek



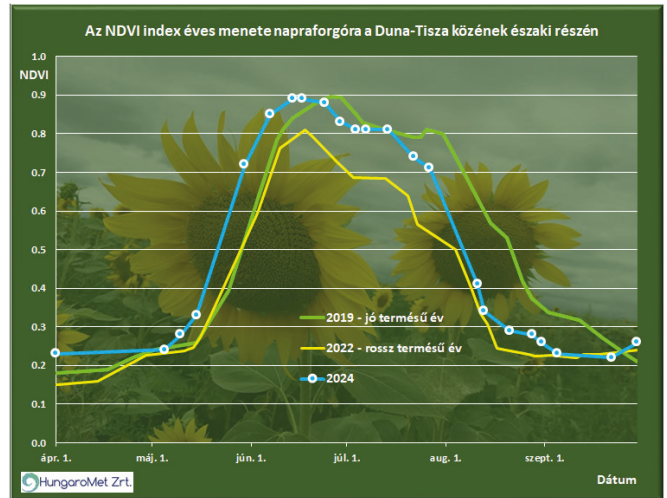
2. ábra. A párás időszak hossza a 2024.05.04. 8 órát megelőző időszakban.



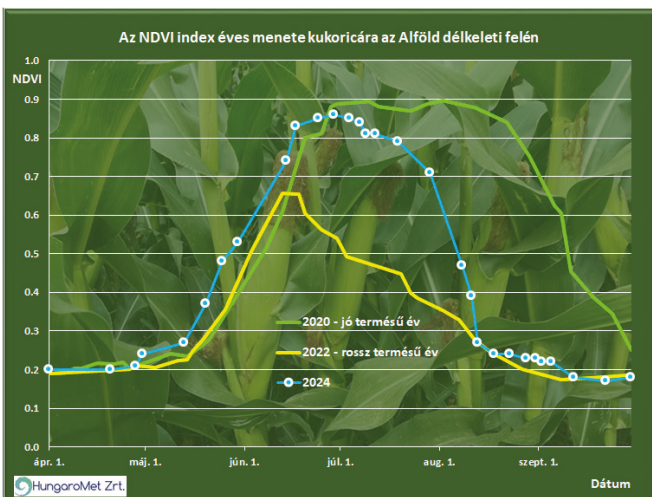
3. ábra. Vizes levél időtartam lágyszárú növényekre a 2024.05.04. 8 órát megelőző 24 órában.



4. ábra. Az NDVI műholdas vegetációs index éves menete a tenyészidőszak során búzatablakon (8 véletlenszerűen kiválasztott tábla átlaga) a Kisalföldön a Sentinel-2 műholdak mérései alapján egy jó és egy rossz termést adó évhez viszonyítva.



6. ábra. Az NDVI műholdas vegetációs index éves menete a tenyészidőszak során napraforgó táblakon (8 véletlenszerűen kiválasztott tábla átlaga) a Duna-Tisza közének északi részén a Sentinel-2 műholdak mérései alapján egy jó és egy rossz termést adó évhez viszonyítva.



5. ábra. Az NDVI műholdas vegetációs index éves menete a tenyészidőszak során kukoricatablakon (8 véletlenszerűen kiválasztott tábla átlaga) az Alföld délkeleti felén a Sentinel-2 műholdak mérései alapján egy jó és egy rossz termést adó évhez viszonyítva.

a levelek. A Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központjának (ECMWF) órás időbeli felbontású relatív nedvesség, csapadék és potenciális párolgás előrejelzéseinek felhasználásával a vizes levélre vonatkozó, korábban részletezett modell koncepciójának alapján készítjük a levélnedvesség-tartam előrejelzéseket. Azaz a levél felülete akkor vizes, ha az előrejelzett csapadék és párolgás egyenlegének megvonása után marad rajta nedvesség. Az órás időlépcsőket reggel

6 és másnap reggel 6 óra (UTC) között összegezve kapjuk a napi levélnedvesség-tartamot, melyre három napra előre készül becslés.

Növény-specifikus NDVI éves menetek

Egyes főbb szántóföldi kultúrák állapotának pontosabb monitorozásához és egyfajta korai termésbecslés készítéséhez az NDVI érték táblaszintű éves menetét növénykultúráként vizsgáljuk műholdas mérések alapján. Az NDVI a legszélesebb körben használt műholdas vegetációs index, mely a felszín „zöldességével”, fotoszintetikus aktivitásával van kapcsolatban [1]. A műholdon elhelyezett műszerek egyrészt a felszínről és a felhőzetről visszaverődő napsugárzást, másrészt a felszín, felhőzet, légkör által kibocsátott sugárzást mérik. Derült időben a növényállományról és a talajfelszínről visszavert sugárzás hullámhossz szerinti változása eltérő a látható (VIS) és a közeli infravörös (NIR) tartományban. A különbség oka elsősorban a növény klorofill tartalmával függ össze, ugyanis a klorofill sugárzás elnyelése a látható tartományban nagy, míg a közeli infravörösben kicsi. Az egyes növények leveleinek elnyelése közötti eltérések a levelek különböző felépítésének, pigment- és víztartalmának a következményei. A levélfelület növekedésével és elhalásával párhuzamosan változik a növényállomány sugárzás visszaverő, sugárzás elnyelő és sugárzás áteresztő képessége. Ha a növényállományt vízhiány sújtja

vagy a vegetációs periódus a vége felé közeledik, amikor kisebb a klorofill tartalom, gyengül az elnyelés és a közeli infravörös visszaverés aránya a látható tartományban történő visszaveréshez képest csökken.

A tenyészidőszak során őszi búzára, kukoricára és napraforgóra az ország négy különböző térségére (Kisalföld, a Dunántúl délkeleti fele, a Duna-Tisza közének északi fele és az Alföld délkeleti felére) 8-8 véletlenszerűen kiválasztott táblára állítjuk elő az NDVI index átlagos adatait a Sentinel-2 műholdak mérései alapján. Mivel a műholdak egy pont fölött átlagosan öt naponként haladnak el és csak felhőtlen időben látják a felszínt, a mérési adatok rendelkezésre állása meglehetősen bizonytalan, időnként egy egész hónap is kimaradhat használható adat nélkül.

Az index növény-specifikus éves meneteit az ország különböző termőterületeire naprakészen állítjuk elő a tenyészidőszak során. Az aktuális év mellett egy gyenge és egy jó termésű évet is megjelenítünk az ábrán, ami a várható termés mennyiségének becsléséhez jelent segítséget (4-6. ábra). Ezek az információk a szöveges elemzéseinkben jelennek meg.

Összefoglalás

A HungaroMet nyilvános weboldalán megjelenő két új agrometeorológiai produktum 2024-ben került operatív gyakorlatba. A levélnedvesség-tartam becslésére a HungaroMet-nél rendelkezésre álló adatok alapján készítettünk algoritmust és python nyelven írt kódot, a számítás naponta egyszer készül, a honlapon megjelenő térképeket pedig a HAWK munkaállomással állítjuk elő. Kórokozós-specifikus növényvédelmi előrejelzés operatív kidolgozásához további fejlesztések szükségesek. Az NDVI éves meneteiket a termésbecslésben lehet hasznosítani, a 2024-es évben a kukorica termésátlagára jó becslést adott. Gépi tanulóval működő korai termésbecslő eljárás fejlesztésén jelenleg dolgozunk.

Irodalomjegyzék

- Batzer, J. C., Gleason M. L., Taylor, S. E., Koehler, K. J., Monteiro J., 2008: Spatial Heterogeneity of Leaf Wetness Duration in Apple Trees and Its Influence on Performance of a Warning System for Sooty Blotch and Flyspeck, *Plant Disease* 92, 164-170
- Klemm, O., Milford, C., Sutton, M. A., Spindler, G. and van Putten, E., 2002: A climatology of leaf surface wetness, *Theoretical and Applied Climatology* 71, 107-117
- Mező G., Novák J., Kakas I., 1989: Almaállományban növényvédelmi szempontból végzett meteorológiai mérések értékelése, Országos Meteorológiai Szolgálat, Beszámolók az 1989-ben végzett kutatásokról, 194-202
- Park, J., Shin, J., Kim, K. R., Ha, J., 2019: Leaf Wetness Duration Models Using Advanced Machine Learning Algorithms: Application to Farms in Gyeonggi Province, South Korea, *Water* 11, 1878
- Rowlandson, T., Gleason, M., Sentelhas, P., Gillespie, T., Thomas, C., Hornbuckle, B., 2015: Reconsidering leaf wetness duration determination for plant disease management, *Plant Disease* 99, 310-319
- Sentelhas, P.C., Gillespie, T.J., Monteiro, J.E.B.A., Rowlandson, T., 2004: Estimating leaf wetness duration on a cotton crop from meteorological data, *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 2, 235-245
- Sentelhas, P.C.; Gillespie, T.J.; Santos, E.A., 2007: Leaf wetness duration measurement: Comparison of cylindrical and flat plate sensors under different field conditions. *Int. J. Biometeorol.* 51, 265–273.

Internetes hivatkozás

- [1] https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=2420&hir=A_novenyzet_muholdas_megfigyelese_%E2%80%93_vegetacios_indexek