

A talaj és a növény vízellátottságának mérési lehetőségei távérzékelési módszerekkel (2.)



Veronika Dr. Wojtaszek Malgorzata

Óbudai Egyetem, Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet, Székesfehérvár

Dr. Szabó Virág gazdálkodó

Kauszer Jakab

K-Prec Kft., Piliscsaba

Jelen publikáció első részében (Agrofórum, 2020/8. 31. évfolyam, 120-124. oldal) bemutattuk az optikai távérzékelés szerepét a talajnedvesség és a növényzet víztartalmának detektálásában, hangsúlyt fektetve a mezőgazdaságban használható vegetációs, víz- és nedvességindexek előállításának lehetőségeire. A cikk folytatásaként a nedvesség becslésére használható ún. optikai modellt ismertetjük.

A növényzet- vagy nedvességmutatók (indexképek) viszonylag egyszerűen állíthatók elő multispektrális felvételekből és ön-

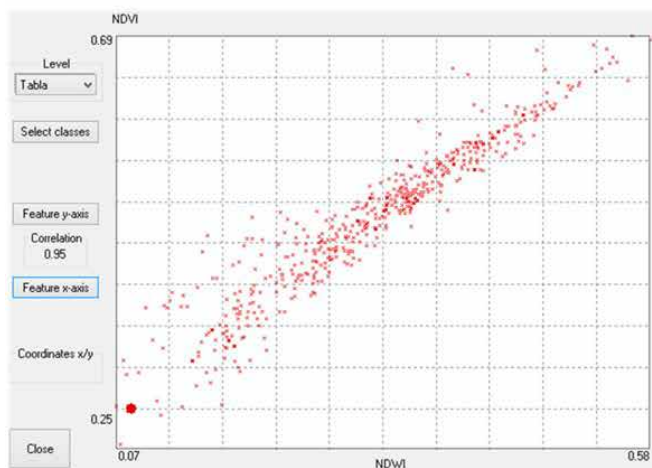
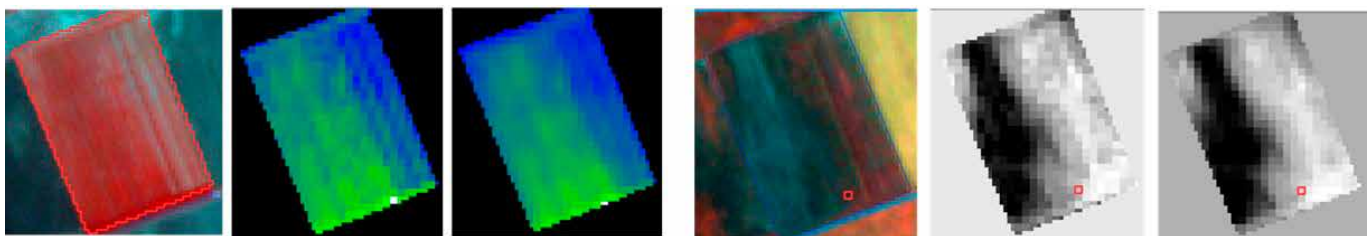
magukban is hasznos információt adhatnak a növény vagy talaj állapotáról. Az NDVI-t és más vegetációs indexeket évtizedek óta eredményesen használják a vegetáció vizsgálatára. Kutatások bizonyítják, hogy a vízindexek az aszály feltérképezésére jól használhatóak, mivel a növényzet klorofill- és nedvességtartalma között erőteljes az összefüggés (1. ábra).

A víz- (pl. NDWI) és vegetációindexek (pl. NDVI) közötti kapcsolat további elemzésével vizsgálható, hogyan reagál a növényzet az aszályra, valamint számszerűsít-

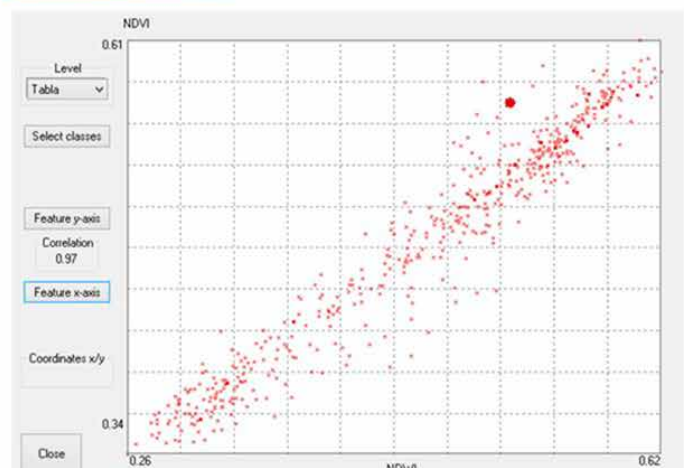
tők a biomasszában bekövetkező vízhiány okozta változások is.

Az indexképek az adott jelenleg vizsgálatában további, összetettebb számításokhoz inputként is használhatók. Ennek tipikus példája a normalizált differenciált (NDDI) aszályindex, mely normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) és a normalizált differenciált vízindex (NDWI) kombinációjából számítható – a két index különbségének és szummájának a hányadosa (Gu és mtsai, 2007).

A leggyakrabban alkalmazott indexek viszonylag egyszerűen szá-



Sentinel 2 (2018.04.08)



Sentinel 2 (2018.06.12)

1. ábra A differenciált vegetáció- és vízindex közötti kapcsolat két időpontra számítva. Az ábra felső része: vizsgált tábla hamisszínes kompozitja, NDVI és NDWI képek. A színábrázolások csak a szemléltetést szolgálják

míthatók, azonban vannak olyan modellek, melyek bonyolultabb algoritmusokon alapulnak és az alkalmazásuk komolyabb szaktudást igényel. Az úgynevezett *trapéz vagy háromszög modell az egyik legszélesebb körben alkalmazott módszer a talaj nedvességtartalmának meghatározására*, amely az optikai és a termális adatokat használja fel. A modell (TOTRAM) a pixelek térbeli eloszlás értelmezésén alapszik a talajfelszíni hőmérséklet-vegetáció index terében. Ezt a módszert és számos módosított változatát sikeresen használják a felszíni talajnedvesség becslésére. Az egyik módosított modell, az úgynevezett Optical TRapezoid Model (OPTRAM) a talaj nedvességtartalma és a rövidhullámú infravörös visszaverődés közötti kapcsolaton alapszik.

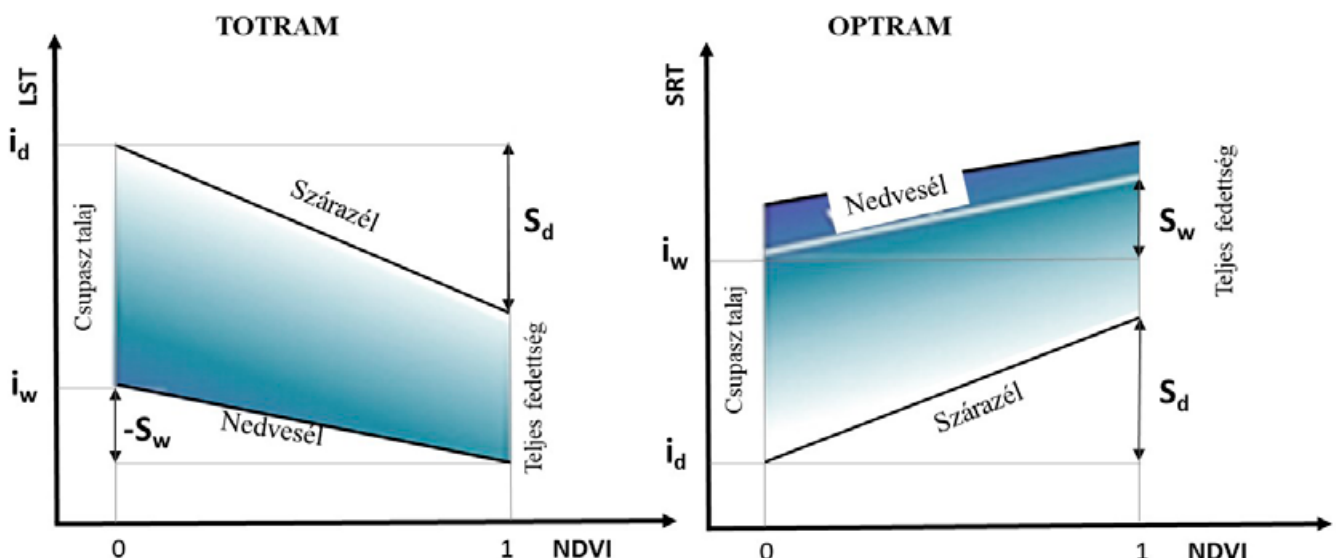
Az optikai trapéz modell (OPTRAM)

A felületi hőmérséklet és a vízstressz közötti kapcsolat azon a megállapításon alapul, hogy a növények által párolgott víz lehűti a leveleket és ennek következtében az érintett területnek a hőmérséklete a környező levegőhöz képest alacsonyabb lesz. Egyes kutatások szerint megfelelő vízellátás esetén a kultúrnövény (levélréteg) hő-

mérséklete 1-4 °C-kal alacsonyabb lehet, mint a levegő hőmérséklete, és a vízstressz-index (CWSI: Crop water stress index) megközelíti a nullát. Ahogy a vízellátás és egyben az átáramlás csökken, a levél hőmérséklete megemelkedik, és 4-6 fokkal magasabb lehet, mint a levegő hőmérséklete. Ha a transzspiráció leáll, akkor a területre mért CWSI értéke 1. Bár a levél hőmérséklete a legfontosabb az ilyen jellegű vizsgálatokban, a stressz-szint pontos mérése érdekében más paramétereket is figyelembe kell venni. A felszíni és a levegő hőmérséklete közötti különbség leginkább a talaj textúrájától, a meteorológiai paraméterektől és a vegetáció típusától függ. A növény felszíni hőmérséklete mérhető távérzékelési módszerekkel és az így nyert információ inputként használható nedvességtartalom becslésére fejlesztett modellekben. *Műholdas vagy légi felvételekből levezetett indexképek vagy becslési modellek eredményei számos előnnyel járnak, ideértve a költség, idő- és munkamegtakarítást.* További előnye, hogy a távérzékelési módszerekkel nem pontoszerű méréseket, hanem a tábla minden egyes pixeléhez tartozóan információkat nyerünk. A pixel mérete az alkalmazott szenzor geometriai felbontásától függ. Az adatnyerés

a műhold visszatérési idejétől függően néhány naponként ismétlődik, ami további előnyt jelent gyors lefolyású jelenségek vizsgálatában.

A nedvességtartalom vizsgálataira alkalmazott ún. hagyományos trapéz modell (TOTRAM) az adott területre számított vegetációs index és felszíni hőmérséklet közötti összefüggés elemzésén alapul, melynek során a pixelek eloszlását vizsgálja a földfelszíni hőmérséklet-vegetáció index terében (LST-VI). Vagyis a modell a vegetáció állapotát valamilyen vegetációs index számítása alapján számmal fejezi ki, míg a terület hőmérsékletét a termális sávban (pl. LANDSAT TM vagy OLI termális sávjai) rögzített értékek adják meg. A terület nedvességszámításához szükséges paraméterek meghatározása során feltételezzük, hogy a felszíni talaj nedvességtartalma és a felszín hőmérséklete között fordított lineáris kapcsolat van (2. ábra). A vegetációra jellemző index értékek mentén mért legmagasabb és legalacsonyabb LST (földfelszíni hőmérséklet) értékek az úgynevezett száraz és nedves éleket adják meg. A nedves szélén mért értékek megfelelő vízellátásra (az evapotranszpiráció maximális), míg a száraz szélén mért értékek korlátozott vízellátásra utalnak. A nedves és száraz



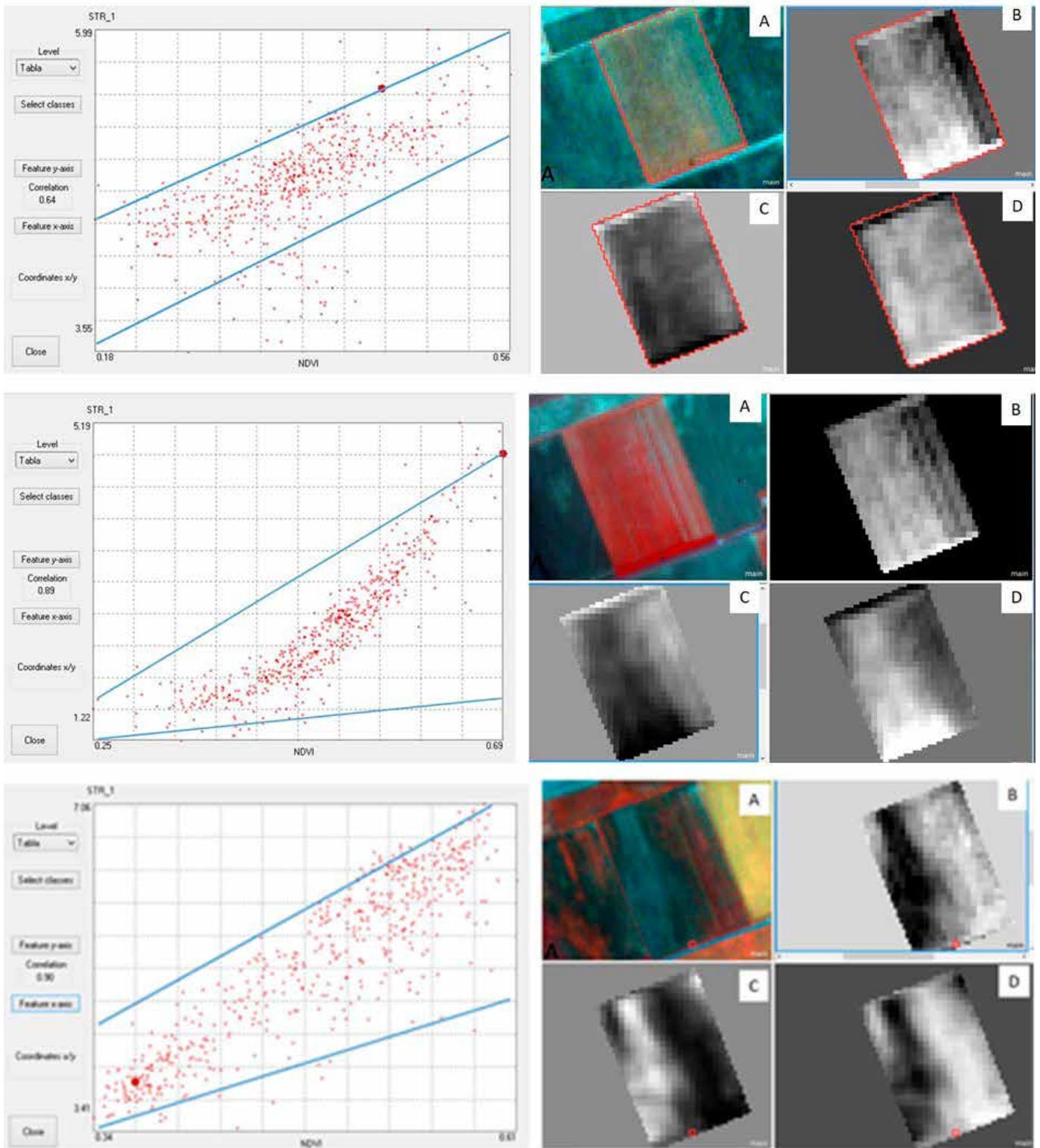
2. ábra A hagyományos hő-optikai trapéz modell (TOTRAM) és az új optikai trapéz modell (OPTRAM) paramétereinek meghatározását szemléltető vázlat (Forrás: M. Sadeghi, S.B. Jones, W.D. Philpot)

élek közötti területek az átmeneti nedvességállapotot jelzik. Következésképpen az egyes pixelek TOTRAM talajnedvesség-indexe az LST-VI tér nedves és száraz élethez viszonyított helyzete alapján számítható.

Az optikai spektrumtartomány-

ban működő műholdas rendszerek (pl. Sentinel-2) fejlesztésével egyre több és egyre részletesebb adat keletkezik. Az egyre precízebb információ iránti igény serkentő hatással van mind kutatásokra, mind a kutatási eredmények gyakorlatba való beépítésére. A fenti modell

egyik hátránya, hogy a termális sáv felhasználásával előállított tematikus adatok felbontása viszonylag kicsi. A TOTRAM modell módosításaként kifejlesztésre került az OPTRAM modell, amely a termális sáv helyett sokkal jobb térbeli felbontású optikai sávok használatát



3. ábra Képpont eloszlás az STR-NDVI térben a vizsgált időpontokban (2018. január, április és július) A: hamis színösszetétel, B: NDVI, C: közép infravörös sáv (SWIR) értékek, D: W értékek OPTRAM modell alapján (a világos szín magasabb nedvességre utal)

célozza meg, a talaj- és növénynedvesség térképezése céljából. Az **OPTICAL TRAPEZOID MODELLT (OPTRAM) a talajvíztartalom (SWC) becsülésére fejlesztették ki**, a modell a talaj nedvességtartalma és a rövidhullámú infravörös transzformált visszaverődés (STR) közötti lineáris kapcsolat feltételezésen alapul. A nedvességtartalom számításához szükséges paramétereket hasonlóan, mint az előző esetben, az ún. száraz és vizes él alapján határozzuk meg (2. ábra).

A következő példa az OPTRAM modell alkalmazását mutatja egy táblán belüli nedvesség variabilitásának térképezéséhez. A tanulmányban Sentinel-2 műhold multispektrális felvételeket használtunk fel (ESA Sentinel Scientific Data Hub). A Sentinel-2 adatokra a 10-60 m térbeli, 13 sáv spektrális felbontás jellemző. Az időbeli felbontása ~ 5 nap. A vizsgált időszakban (búza vegetációs időszaka) összesen 17 felhőmentes kép volt elérhető, de az előzetes elemzés után 7 felvételt választottunk további feldolgozásra. A 3. ábrán látható a vizsgált terület pixeljeinek eloszlása az STR-NDVI térben, valamint az optikai modell paraméterezés alapját képező száraz- és nedvesél elhelyezkedése a térben.

A munka során a száraz (id és sd) és nedves (iw és sw) éleket a STR-NDVI terek vizuális elemzésével határoztuk meg úgy, hogy a trapéz alakú elemek körülvegyék a pixelek nagy részét. Az id és az sd (szárazél paraméterei), valamint az iw és sw (a nedvesél paraméterei) alapján a normalizált nedvességtartalmat (W) becsüljük meg minden pixelre. Az eredményeket és a pixelek eloszlását az STR-NDVI térben – 3 időpont esetén – a 3. ábra szemlélteti. A tanulmány eredményei szerint minden vizsgált esetben a pixelek eloszlása trapéz alakú síkidommal foglalkozhatók össze az STR-NDVI térben. A szükséges paraméterek meghatározása után normalizált nedvességtartalom (W) becsülhető minden egyes pixelre.

Az eddigi nemzetközi kutatási eredmények azt mutatják, hogy az **OPTRAM** talajnedvesség-becslési modell eredményesen használható a talaj nedvességtartalmának a monitorozásában. Az eredmények helyességét statisztikai vizsgálatok igazolják (egyeztést mutatnak a terepen végzett talajnedvesség mérések eredményeivel). A modell további **előnye**, hogy csak optikai spektrum tartományban készült adatokon alapul, ami azt jelenti, hogy ezzel a módszerrel a legtöbb műholdas adatból becsülhető a talajnedvesség. Az OPTRAM képes becsülni a talaj nedvességtartalmát 20 cm mélységben is, míg a legtöbb, mikrohullámú mérésen alapuló távérzékelési módszer csak 5 cm mélységben képes azt becsülni (Chen, Y. és mtsai, 2017).

A fent felsorolt előnyök mellett meg kell említeni a **módszer korlátait** is. Bár a modell nem érzékeny a környezeti hatásokra, azonban az árnyék jelenléte félrevezető értékeket eredményezhet. Továbbá a számítási paraméterek meghatározása a vizuális elemzés (szemrevételezés) miatt szubjektív, ami bizonytalanságot jelent az OPTRAM talajnedvesség-becsléseknél.

A modell segítségével a talaj nedvességtartalmának

változékonysága egyértelműen kimutatható (3. ábra) a vizsgálataink alapján. Ugyanakkor nem vonhatók le messzemenő következtetések. A modell adaptálásához és gyakorlati alkalmazásához további kutatásokra van szükség. Jelenleg további mezőgazdasági területeket vonunk be a tanulmányba, valamint meteorológiai mérésekre alkalmas eszközöket helyeztünk el a területre. A terepi mérések feltétlenül szükségesek a vizsgálat folytatásához és az eredmények validálásához.

Irodalom:

- 📖 **H. Feng, C. Chen, H. Dong, J. Wang, Q. Meng:** Modified shortwave infrared perpendicular water stress index: a farmland water stress monitoring method. J. Appl. Meteorol. Climatol. 52 (9), 2024-2032 (2013)
- 📖 **Chen, Y. et al.:** Evaluation of SMAP, SMOS, and AMSR2 soil moisture retrievals against observations from two networks on the Tibetan Plateau. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 122, 5780-5792. (2017)
- 📖 **M. Sadeghi, S.B. Jones, W.D. Philpot:** A linear physically-based model for remote sensing of soil moisture using short wave infrared bands. Remote Sens. Environ. 164, pp. 66-76 (2015)
- 📖 **O. S. Ihuoma, Ch. A. Madramootoo:** Recent advances in crop water stress detection Comp. Electron. Agric., 141, pp. 267-275 (2017)
- 📖 **GU Y., BROWN J. F., VERDIN J. P., WARDLOW B. 2007:** A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. Geophysical Research Letters 34: doi:10.1029/2006GL0291
- 📖 https://www.researchgate.net/publication/342324380_A_Comparison_of_Three_Trapezoid_Models_Using_Optical_and_Thermal_Satellite_Imagery_for_Water_Table_Depth_Monitoring_in_Estonian_Bogs

Anya!
Későn jövök!
A napraforgószárból
trágyát csináltak
a baktériumokkal!
Apa

3 az 1-ben
CELL
A jó talaj
aranyat ér!