

Két hőösszeg-számítási módszer vizsgálata a kukoricatermesztésben

Dorka Dénes

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Földműveléstani és Területfejlesztési Tanszék, Debrecen
dorkada@helios.date.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A kukoricatermesztés alapvető jelentőséggel bír hazánkban, tekintettel arra, hogy hazánkban az egyik legnagyobb területen termesztett növény, aminek köszönhetően szinte elenyésző azon gazdaságok száma, ahol vagy árutermelési, vagy takarmányozási céllal ne foglalkoznának a termesztésével. A fentiekből következően termesztésének gazdaságosabbá tétele meghatározó jelentőségű a gazdaságok eredményességében. Számos feltétele van a kifizetődő kukoricatermesztésnek, melyek egy része a gazdálkodó szakmabeli rátermettségétől függ, más része viszont független attól.

A hőösszeg-számítás ebből a szempontból egyfajta átmenetet képez, mivel a tenyészidőszak alatt rendelkezésre álló hőmérséklet ember által nem befolyásolható, viszont a kiszámításának, elemzésének módszere és ebből következően a gazdálkodás hatékonyságának javítása a gazdálkodó kezében van. Ez a cikk hőösszeg-számítási módszerek általános leírásával foglalkozik.

Kulcsszavak: kukorica, hőösszeg-számítási módszer, foknap

SUMMARY

Maize production is of primary importance in Hungary, especially considering that its cultivation takes up one of the greatest ratios of land used for agricultural production. As a result, the number of farms where maize is not cultivated for either food production or foraging purposes is insignificant. For this reason, establishing economic production is of decisive importance when it comes to determining the efficiency of farms. Profitable maize production depends on a number of conditions, including the professional suitability of farmers, while some aspects of production are independent from these. Heat-sum calculations form a transition from this aspect, since temperatures occurring during the growing season cannot be influenced by man. However, the method of calculation and evaluation and thus the tool to improve production is in the hands of the farmer. This scientific paper aims to give a general description of heat-sum calculation methods.

Keywords: maize, heat-sum calculation method, degree-day

BEVEZETÉS

Vizsgálataim alapjául azért választottam a kukoricát, mert az őszi búza mellett a legnagyobb területen termesztett növény hazánkban. Szinte nincs olyan gazdaság, ahol vagy árutermelési, vagy takarmányozási céllal ne foglalkoznának termelésével. A kukorica gazdaságos termesztése ezért meghatározó jelentőségű a vállalkozások eredményességében. A jövedelmező kukoricatermesztésnek azonban számos feltétele van, amelyek egy része független ugyan a gazdálkodótól,

más része viszont egyértelműen a gazdálkodó felelőssége. A termelők egy része a vetés műveletét egy egyszerű sematikus eljárásként kezeli, pedig már itt kezdődik a helyes agrotechnika megválasztása. A legtöbb bizonytalanságot a helyes kukoricahibrid megválasztása jelenti. Hazánkban több mint 250-féle forgalombahozatalra engedélyezett kukoricahibrid kapható. Azonban ennek az óriási választéknak csak egy kis töredéke az, ami adott termőhelyen minden szempontból megfelelő. A klimatikus adottságoknak leginkább megfelelő pontos hőegység, illetve a teljes tenyészidőszakra vonatkoztatott hőösszeg kiszámítását tekinthetjük talán az egyik legfontosabb kritériumnak a megfelelő kukoricahibrid kiválasztását illetően. Ezt az adatot összehasonlítva az egyes hibridek hőösszeg-igényével jelentősen leszűkíthető az adott területen legoptimálisabban termesztendő kukoricafajták köre.

A hőegység további alkalmazási területei között említhetjük még a következőket (Ritchie és NeSmith, 1991):

- növények osztályozása virágzási ráta vagy ciklushossz alapján,
- betakarítási érettség becslése,
- zöldség-betakarítás ütemezése zseneségük függvényében,
- élősködők biológiai kontrolljánál történő időtartam-becslés két fejlődési szakasz között,
- rovarterjedés megelőzése jobb növényegészségügyi rálátással,
- gabonafélék gombaspóra-képződésének meghatározása.

Reaumur 1730-ban vezette be a hőegység fogalmát. A szakirodalomban nemcsak ennek a manapság már alapvető számításnak a képletformulái, hanem magának az elnevezésnek is számos változata ismert. A hőegység (Heat Unit, Thermal Unit) mellett használatos a „hőösszeg” (Heat Sum), a „hőidő” (Thermal Time) és a „foknap” (Degree Day) kifejezés is. Mivel a számítási módszerek minden esetben a tenyészidőszakra vonatkoznak, ez utóbbit az előzőekkel megegyező értelemben is használják, „növekedési foknap” (Growing Degree-Day; GDD) néven (Bonhomme, 2000). A továbbiakban a hőegység elnevezést használom.

Leginkább a termésfenológia és fejlődés, növekedés terén jelentett nagy előrelépést a hőegység-számítás bevezetése. Nagymértékben elősegítette a fenofázisok leírását és megértését. Jóval pontosabb számításokat tesz lehetővé, összehasonlítva más megközelítésekkel, mint pl. az eltelt naptári napok segítségével történő becslésekkel.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A hőegység kiszámításának alapvető formulája a következő:

$$HE = (T_{\max} + T_{\min}) / 2 - T_{\text{bázis}}$$

$$\begin{aligned} \text{Ha } T_{\max} < T_{\text{bázis}} & \text{ akkor } T_{\max} = T_{\text{bázis}} \\ \text{Ha } T_{\min} < T_{\text{bázis}} & \text{ akkor } T_{\min} = T_{\text{bázis}} \end{aligned}$$

T_{\max} a napi maximális hőmérsékletet, a T_{\min} a napi minimális hőmérsékletet jelöli. A $T_{\text{bázis}}$ azt a hőmérsékletet jelöli, amely alatt a fejlődési folyamatok annyira lelassulnak, hogy nem érdemes számításba venni az ez alatti értékeket. A bázishőmérséklet növényfajtánként és kultúránként változik és a növény fejlődése során a különböző fenofázisok alatt is más és más (Mederski et al., 1973).

Nem csak a túl alacsony hőmérséklet, hanem a túl magas hőmérséklet is hátráltatja a növény fejlődését, mivel egy bizonyos hőmérséklet fölött az enzimek katalitikus hatása nem nő tovább (Nagy et al., 1994), így a későbbiek folyamán képlet egyes módozataiban egy felső küszöbhőmérséklet is beépítésre került. Más módszerekben a napsütés hatásainak figyelemmel követésére fototermális változókat, illetve egyéb fenológiai folyamatot és fejlődést befolyásoló környezeti tényező (pl. fény mennyisége és minősége, víz, ásványi anyagok, CO₂ stb.) is beépítésre került (Gilmore és Rogers, 1958).

A képletek által felhasznált hőmérsékleti adatok részletessége tekintetében is többféle megközelítés született, egyes képletekben a napi hőmérsékleti járás során minden egyes óra hőmérsékleti adataival számolnak, vagy a T_{\max} és T_{\min} mérési időpontjának illetve napi mérési alkalmainak száma és napszakaszkok szerinti elosztása szerint is többféle variációról beszélhetünk (Lehenbauer, 1914).

Annak ellenére azonban, hogy ezek a mérési és számolási pontosság növelésére tett erőfeszítések sikeresek, továbbra is számos, az alaphipotézist befolyásoló anomáliával találkozhatunk. Ilyen például az időjárási frontok miatt eltolódó T_{\max} és T_{\min} , gyökeresen megváltoztatva ezzel a hőmérséklet tipikus és feltételezett napi járását (Wang, 1960).

$$\begin{aligned} \text{Ha } T_{\max} < T_{\text{bázis}} & \text{ akkor } HE = 0 \\ \text{Ha } T_{\text{bázis}} < T_{\text{tmp}} \leq 34 & \text{ akkor } HE = HE + (T_{\text{tmp}} - T_{\text{bázis}}) / 8 \\ \text{Ha } 34 < T_{\text{tmp}} < 44 & \text{ akkor } HE = HE + (34 - T_{\text{bázis}}) * (1 - (T_{\text{tmp}} - 34) / 10) / 8 \end{aligned}$$

HE = hasznos hőegység (°C nap)

$T_{\text{bázis}}$ = bázishőmérséklet (°C)

T_{tmp} = az i-edik időtartam számított hőmérséklete (°C)

T_{\max} = napi maximum hőmérséklet (°C)

T_{\min} = napi minimum hőmérséklet (°C)

A fentiek alapján attól függően, hogy milyen magas az aktuális háromórás időtartam értéke az egyenlet módosul. Ha a maximum hőmérséklet a bázishőmérséklet alatt van a hasznos hőegység nulla. Ha a számított időtartam hőmérséklete az optimális tartományon belül van, egynolcadal súllyal növeli a napi hasznos hőegységet. Ha a háromórás időtartam hőmérséklete 34 és 44 °C közé esik, csökkenti a

További egyértelmű akadálya egy minden körülmény között ugyanolyan hatékonysággal alkalmazható általános hőegység számítási képlet felállításának a makro-és mikroklimatikus viszonyok közötti eltérések megléte, hiszen hibridkukoricáink ma már mind a hőmérséklet, mind a vízellátottság és egyéb időjárási körülményeket illetően képesek a zordabb állapotok közötti fejlődésre is, habár nyilvánvalóan nem olyan eredményekkel, mint optimális éghajlati körülmények között. Így csak a terméseredményekben megjelenő szignifikáns eltérések mutathatnak rá a növény számára kedvezőtlen feltételekre.

Ebben a cikkben a fentebb már említett hasznos hőegység kiszámítási módszerének kanonikus formulája és a Ritchie és NeSmith által 1994-ben publikált hőegység számítási módszer összehasonlításáról esik szó. Az alapformula leírása a korábbiakban már megtörtént.

A Ritchie-féle hőegység számítási formulája a következő (Ritchie és NeSmith, 1994):

$$HE = \sum_{i=1}^8 + (34 - T_{\text{bázis}}) * (1 - (T_{\text{tmp}(i)} - 34) / 10) / 8$$

$$T_{\text{tmp}(i)} = T_{\min} + T_{\text{mfac}(i)} * (T_{\max} - T_{\min})$$

$$T_{\text{mfac}(i)} = 0,931 + 0,114 * i - 0,0703 * i^2 + 0,0053 * i^3$$

$$i = 1 \dots 8$$

A Ritchie-féle hőegység számítási metódus a napot nyolc, háromórás időtartamra bontja fel és súlyozza őket. Ezt egy harmadfokú egyenlettel valósítja meg, kiküszöbölve így a fejezet elején említett alapképlet azon hibáját, hogy mivel a hőmérséklet napi eloszlása nem szimmetrikus, a napi minimum és maximumból számított átlaghőmérséklet és a tényleges átlaghőmérséklet számottevő különbség is lehet. Az i-edik időtartam átlaghőmérséklete a képletkombináció második sorával, a háromórás időtartamok együtthatóinak kiszámítása a képletkombináció harmadik sorával történik.

hasznos hőegységet egy 0,1-1,0 közé eső korrekciós együtthatóval.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A hasznos hőegység kiszámítását a fentiekben bemutatott két képlet alapján végeztem el egy 1961-1990 közötti részletes adatsoron. Az adatok

a napi maximum és minimum hőmérsékletek 30 éves átlagát tartalmazzák.

Bázishőmérsékletnek 8 °C-ot vettem mindkét számítási módszer esetében. A tenyészidőszak április 1-től szeptember 31-ig (183 nap) tart. A grafikon (1. ábra) egyértelműen jelzi, hogy a tenyészidőszak

elején, április 1-től május 4-ig figyelhetünk meg különbséget a Ritchie-féle hőegység-számítási módszer alapján számított értékek és a hagyományos módszer szerint számított értékek között. A kumulált hőegységben összesen 26,856 °C-ot tesz ki.

1. ábra: Ritchie és NeSmith hőegység-számítás és a hagyományos hőegység számítás eredményei ($T_{\text{bázis}} = 8\text{ °C}$)

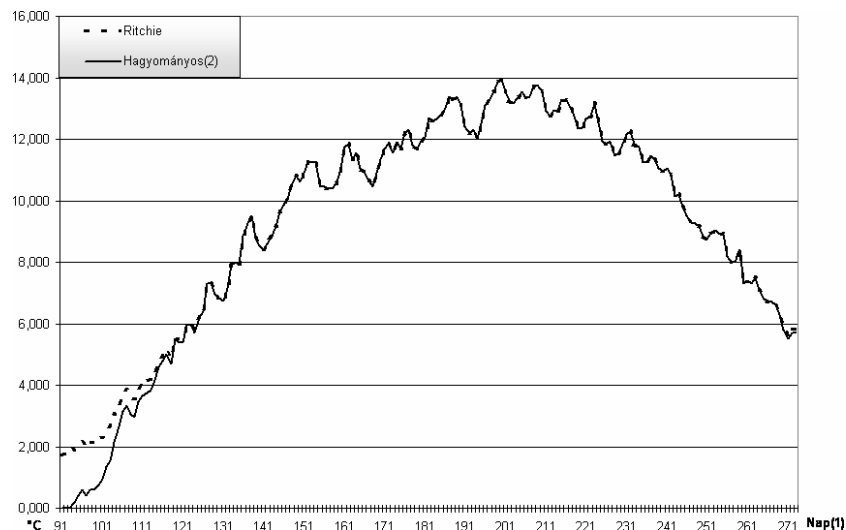


Figure 1: Results of Ritchie and NeSmith heat unit calculation and traditional calculation methods ($T_{\text{base}} = 8\text{ °C}$)
Day(1), Traditional(2)

A két számítás közötti különbség a napi minimum hőmérsékletek emelkedésével folyamatosan csökkennek egészen addig, míg átlépve a 8 °C-os határt a két görbe teljesen egybeolvad. Ennek magyarázata a Ritchie-féle függvény súlyozásának tudható be, valamint annak, hogy mindkét képlet esetében 8 °C-os bázishőmérséklettel számoltunk.

A másik esetben 10 °C-os bázishőmérséklettel számoltam ki az értékeket ugyanerre az adatsorra (2. ábra). Jól megfigyelhető, hogy a két görbe jóval később olvad egybe, valamint hogy szeptember utolsó heteiben, amikor már a napi minimum hőmérsékletek 10 °C alá csökkennek, ismét különválnak a két adatsor.

2. ábra: Ritchie és NeSmith hőegység-számítás és a hagyományos hőegység számítás eredményei ($T_{\text{bázis}} = 10\text{ °C}$)

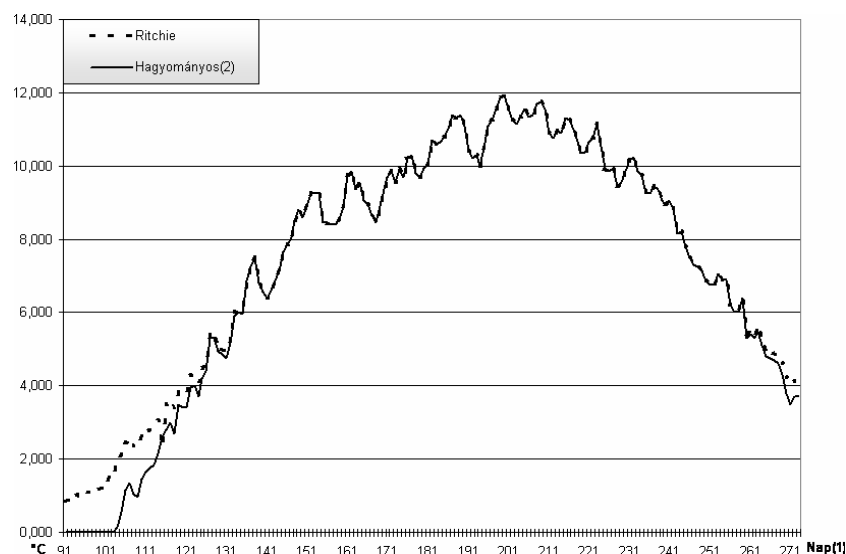


Figure 2: Results of Ritchie and NeSmith heat unit calculation and traditional calculation methods ($T_{\text{base}} = 10\text{ °C}$)
Day(1), Traditional(2)

A 10 °C-os bázishőmérséklettel számolt hőegységénél a görbék május 16-tól kezdve olvadnak teljesen egybe, addig a pontig pedig Ritchie-féle képlettel számolt kumulált hőegység 138,475 °C, míg az alapképlettel ugyanezen időszakra 103,850 °C-ot kapunk. A két érték közötti különbség 34,625 °C.

A fentiek alapján megállapítható, hogy minél magasabb bázishőmérséklettel számolunk, a Ritchie és NeSmith képlet, valamint a standard hőegység számítási módszer által produkált számok közötti

különbség annál jelentősebb. Ez annak köszönhető, hogy minél magasabbra helyezzük a bázishőmérsékletet, annál több olyan nappal számolhatunk a tenyészidőszak során, amikor a minimum hőmérsékletek nem érik el az aktuális bázishőmérséklet értékét.

A teljes tenyészidőszakra vetítve a hőegységek, illetve kumulált hőösszegek tekintetében jelentősebb különbség inkább csak az eltérő bázishőmérsékletek tekintetében volt megfigyelhető (1. táblázat).

1. táblázat

Kumulált hőegység-értékek a teljes tenyészidőszakra

	Standard (T _{bázis} = 8 °C)	Standard (T _{bázis} = 10 °C)	Ritchie (T _{bázis} = 8 °C)	Ritchie (T _{bázis} = 10 °C)
∑ HE(1)	1680,903	1333,300	1708,234	1371,759
Átlagos HE(2)	9,185	7,286	9,335	7,496

Table 1: Accumulated heat unit values for the entire growing season
Total heat unit(1), Average heat unit(2)

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Ezen cikk fő célja az volt, hogy két hőegység számítási módszer alapján rávilágítson arra, hogy a háromórás napszakok átlaghőmérsékleteit eltérően súlyozó hőegység-számítási módszer pontosabb, és inkább párhuzamba állítható az adott növény biológiai aktivitásával, mint a teljes nap minimum és maximum hőmérsékleti értékeivel számoló képletek.

Azonban a kapott értékek alapján nem szabad figyelmen kívül hagynunk, hogy a teljes napot egy egységként kezelő képletek eredményei között is

mekkora különbséget jelenthet akár 2 °C is. Hiszen a fenti táblázatban (1. táblázat) szereplő adatok szerint is a tenyészidőszakra vonatkozó kumulált hőegység-értékek között majdnem 350 °C is lehet a különbség.

Összehasonlítva az ilyen és ezzel hasonló nagyságrendű számokat a 2. táblázatban szereplő adatokkal, világossá válik, hogy ha nem az adott éghajlati és mikroklimatikus viszonyoknak megfelelő bázishőmérsékletet alkalmazunk a hőegységi számítási képletünkben, akkor teljesen bizonytalanná válhat, hogy valójában milyen tenyészidejű kukoricahibridre van szükségünk (2. táblázat).

2. táblázat

Kukoricahibridek tenyészideje FAO-számok szerint

FAO-szám(1)	Tenyészidő (nap) (sokéves átlag)(2)	Effektív hőösszeg (°C)(3)
200	116-120	1030
300	128-132	1140
400	134-138	1250
500	144-150	1360
600	151<	1470

Forrás: MTA, 1998

Table 2: Growing seasons of Maize hybrids according to FAO-numbers
FAO-number(1), Growing season (many years' average)(2), Effective heat sum (°C)(3)

IRODALOM

Bonhomme, R. (2000): Bases and limits to using 'degree.day' units. European Journal of Agronomy, 13. 1-10.
 Gilmore, E. C.-Jr., Rogers, J. S. (1958): Heat Units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J., 50. 611-615.
 Lehenbauer, P. A. (1914): Growth of maize seedlings in relation to temperature. Physiol. Res., 1. 247-288.
 Mederski, H. J.-Miller, M. E.-Weaver, C. R. (1973): Accumulated Heat Units for Classifying Corn Hybrid Maturity. 25. 182-197.

Nagy, J.-Huzsvai, L.-Pető, K.-Kovács, G. (1994): Validation of crop models based on field experiments. UNIPRESS, Padova, 409-420.
 Ritchie, J. T.-NeSmith, D. S. (1994): Modelling Plant and Soil Systems. Agronomy, 31. 5-29.
 Wang, J. Y. (1960): A critique of the heat unit approach to plant response studies. Ecology, 41. 785-790.