

ORIGINAL ARTICLE

---

**A SIMULATION STUDY: INFLUENCE OF HAIL ON MAIZE  
EVAPOTRANSPIRATION****A JÉGESŐ NÉHÁNY FONTOSABB JELLEMZŐJE ÉS PÁROLGÁSBAN  
ELŐIDÉZETT KÁRTÉTELE KUKORICÁBAN SZIMULÁCIÓS KÍSÉRLET  
ALAPJÁN**

ANDA A.\*; DECSI É. K.

**ÖSSZEFOGLALÁS**

Jégverés szimulációt végeztünk Keszthelyen az Agrometeorológiai Kutatóállomáson evapotranszpirométerben nevelt kukoricán, 2001-ben. A mesterséges jégverést mechanikailag állítottuk elő, három – a kukorica szempontjából – jégverésre érzékeny időszakban. A tenyészidőszak során naponta feljegyeztük a vízfogyasztást, melyből a párolgást számítottuk.

A mechanikai sérülések következtében a kártételt követő napokban a párolgás nőtt, majd később az idő előrehaladtával a növények regenerálódtak, s a vízvesztés az időjárás függvényében változott. A mechanikai stressznek kitett növények párolgása meleg, száraz időben magasabb az épekénél; míg hűvös, csapadékos időben alulmúlja azt. A jégverés párolgásban okozott hatása a kukoricánál a címerhányás idején jelentkezik legszembetűnőbben, tehát valószínűsíthető, hogy a jég ebben a fenofázisban okozza a növény vízháztartásában a legnagyobb kárt.

**KULCSSZAVAK: jégvesztés-szimuláció, párolgás, kukorica****ABSTRACT**

Simulation study in mechanical injury caused by hail grains was carried out at Keszthely Agrometeorological Research Station, in 2001 growing season. Maize was grown in lysimeter's growing chambers at „Ad libitum” watering level. The mechanical injury of grains was simulated by tearing the leaves during three different phenological phases, where the plant is the most sensitive to hail damage. The water consumption of maize was recorded day by day and the evapotranspiration was calculated by following the water balance of plant stands.

The mechanical injury has changed the water loss of plants. Just after the simulation the evapotranspiration increased independently on the time of intervention. Later on, the deviation in water loss of maize depended on the actual weather. When the weather is dry and bright, the damaged plants increased their evapotranspiration. During humid or wet weather the water loss of injured maize decreased compared to water loss of their undamaged control. The highest difference in evapotranspiration between treated and untouched plants occurred when the simulation happened in the time of tasseling. We think that the most sensitive period regarding the hail injury to water balance of maize might have been the tasseling, where the caused damage could also be the highest.

**KEY WORDS: hail simulation, evapotranspiration, maize**

## A SIMULATION STUDY: INFLUENCE OF HAIL ON MAIZE EVAPOTRANSPIRATION

### DETAILED ABSTRACT

The hail is one of the most capricious weather phenomenon among meteorological hazards. The unrepeatability and in most cases the lack of control stands make the investigations difficult.

Simulation study in mechanical injury caused by hail grains was carried out at Keszthely Agrometeorological Research Station, in 2001 growing season. Maize was grown in lysimeter's growing chambers (1 m deep with a surface area of 4 m<sup>2</sup>) at „Ad libitum” watering level. The mechanical injury of grains was simulated by lacerating the leaves during three different phenological phases, where the plant is the most sensitive to hail damage. To injure the plants a 15 × 6 × 2-cm wooden board protruding at 2-cm intervals with five nails were used. This damage simulation could be a better imitation of real hail damage than simple defoliation. The water consumption of maize was recorded day by day and the evapotranspiration was calculated by following the water balance of plant stands.

The mechanical injury has changed the water loss of plants. Just after the simulation the evapotranspiration increased independently on the time of intervention. Later on, the deviation in water loss of maize depended on the actual weather. When the weather is dry and bright, the damaged plants increased their evapotranspiration compared to non-injured control. During humid or wet weather the water loss of injured maize decreased compared to water loss of their undamaged control. The highest difference in evapotranspiration between treated and untouched plants occurred when the simulation happened in the time of tasseling. We think that the most sensitive period regarding the hail injury to water balance of maize might have been the tasseling, where the caused damage could also be the highest. However, it can be expected that further study of simulated hail injuries will lead to a better understanding of the changes in the plant water balance caused by hail.

## BEVEZETÉS

A hivatalos definíció szerint a jégeső gömbölyű vagy szabálytalan, 5-50 mm (néha nagyobb) átmérőjű jég szemekből álló csapadék [8]. Bárki, aki életében átélt a természetben egy intenzívebb jégzivatart, megérti, miért különleges ez a jelenség. A jégeső általában hirtelen érkezik az észlelés helyére és rövid ideig tart, elvonulása után azonban a táj tragikusan megváltozhat.

A légkörben fölfelé haladva gyorsan csökken a hőmérséklet, így a legtöbb felhőben még nyáron is előfordulnak jég szemek. A jég szemek nagy mérete és esési sebessége miatt azután jelentős kártételre lehet számítani. A jégeső kutatásában mind a mai napig elsőbbséget élvez a természetben okozott kártétel vizsgálata annak ellenére, hogy előfordulásakor az összes növényélettani folyamat sérülhet. Az élettani folyamatok közül a mechanikai kártétel kivétel nélkül minden alkalommal befolyásolja a növény vízháztartását. A sebzések helyén felszabaduló nedvesség alapvető módosulásokat okoz a növény közeli mikroklímában, amely aztán nem marad hatástalan az összes többi életfolyamatra sem.

Célkitűzésünk a nem tisztán aridnak tekinthető éghajlatú Keszthelyen a jégverés-stressz mechanikai kártétele nyomán kialakuló növényi életfolyamat változásokból a kevésbé vizsgált párolgás módosulás detektálása volt. Elsődlegesen nem a sokak által már régóta tanulmányozott természetben bekövetkező kártételt kívántuk elemezni, hanem a jégveréstől a betakarításig a jég sebzése nyomán kialakuló párolgás változásait követtük nyomon.

A növény vízvesztés módosulásának megismerése azért fontos, mert ez az egyik legfontosabb mikroklíma meghatározó elem, amely később a betegségek kialakulását és elterjedését befolyásolja.

### A jégeső kialakulásának mechanizmusa

A hőmérsékleti légrétegződés és a nedvességi viszonyok határozzák meg azt, hogy kialakulhatnak-e azok a heves függőleges mozgások, melyek nagyméretű jég szemek kialakulásához vezetnek. A csereáramlások következtében a vízgőz feljut a magasabb légrétegekbe. Ahhoz, hogy itt felhő képződhessen, először le kell hűlnie a feláramlott vízgőznek. A lehülés következtében a vízgőz halmazállapot változásra kényszerül, - a

felhőképződés nélkülözhetetlen feltétele – amelyről nagyrészt ugyanazok a fölfelé irányuló vagy legalábbis ilyen irányú összetevővel bíró légáramlások gondoskodnak, amelyek egyúttal a földfelszínen elpárologtatott vízgőznek a magasabb rétegekbe való szállítását is végzik [2, 3].

A zivatarfelhők fejlődésében három fázis különböztethető meg. Az első szakaszban adott hely felett megindul a levegő feláramlása. A második szakaszban a felhőelemek között, elsősorban a magasabb szinteken megindul a lehülés. Eddig a folyamat megegyezik az esőfelhők kialakulásával. A lehülés azonban, önmagában nem eredményez jégesőt, ehhez még egy feltétel szükséges, méghozzá az, hogy egy alkalmas kicsapódási felület álljon rendelkezésre. Nagyobb kiterjedésű, sík felületű kicsapódási testek csak a Föld felszínén vannak.

Eltelktve a harmat, dér és a zúzmara jelenségeitől, a kicsapódás mindig kis görbületi sugarú, lebegő testecskeken történik, amelyeket kondenzációs magoknak nevezünk.

A kondenzációs magokról, kialakulásukról és jellemzőikről már 1756-ban történt említés [2, 6], s az irodalom már arra is rámutat, hogy a jégfelhők képződésénél mind a cseppfolyósodási-, mind a szilárdulási magokkal számolni kell. A szilárdulási magok nem nedvszívó, oldhatatlan, finom ásványi törmelékek. Ezek ásványi termékek, homok szemek, kvarckristályok, illetve maguk is apró jégkristályok lehetnek.

A keletkező jég szemek alakja attól függ, hogy mennyire telített vízzel az adott szilárdulási mag. Ez alapján a képződő szemek lehetnek hatoldalú oszlopok, hatszögletű lapocskák, toll alakú csillagocskák, összetettebb kristályformák, vagy akár amorf jég szemek is.

Megfelelő hőmérsékleten és megfelelő túltelítettség esetén a szilárdulási magokon megindul a jégkristályok képződése. A lehülés és kicsapódás után a levegő még mindig képes felfelé áramolni mindaddig, amíg a nagy sebességű feláramlás és cirkuláció képes a nehéz jég szemeket a magasban tartani. Mielőtt a jég hullani kezdene, az eddig felfelé ható áramlás hirtelen megfordul, és a talajközelen hűvös, nagy sebességű, ún. kifutószél formájában jelenik meg. Ez már biztos jele a kezdődő csapadék hullásnak.

### A jégeső előfordulási gyakorisága és néhány jellemző paramétere

A jégszemek különállóan - a kisebbek néha szabálytalan csoportokba tömörülve - hullanak. A szemek általában nagyon különböző méretűek lehetnek. Az okozott kár szempontjából azonban nem közömbös az sem, hogy mennyi ideig hull a felhőből jég. A statisztikák azt mutatják, hogy a leggyakrabban, az esetek 32%-ában a jégeső kb. 5-8 percig tart. A fél óráig, vagy tovább is elhúzódó jégzivatark előfordulási valószínűsége már csak 5%.

Az esetek 41%-ában 15-18 óra között esik jég, míg a zivatark háromnegyede 12-18 óra között fordul elő.

Az évi menet is figyelemre méltó, hiszen országos adatokra támaszkodva a leginkább jégesőveszélyes hónapok: a június (22,2%) és a május (21,9%). Júliusban a helyzet még mindig veszélyes, a jégeső több mint 19%-os valószínűséggel jelentkezhet. Áprilisban ez a szám 15, augusztusban pedig 13%. A szeptemberi jégeső gyakorisága már alig 6% és ez élesen csökken a márciusi 1,4-re illetve a februári 0,8%-ra.

Korábbi vizsgálatok szerint az előfordulás maximuma Magyarországon az Északi-középhegység vidékére esik; másodmaximumok találhatóak Szabolcs-Szatmár és Baranya megyékben [7]. A jégeső-előfordulások minimuma a Dunavölgy déli részén, illetve a Duna-Tisza közén és a Tisza alsó folyásán, valamint egyes nyugati megyékben figyelhető meg.

### A jég kártétele

A jégeső kártételei a földművelés fejlődésével párhuzamosan válnak egyre fenyegetőbbé. Az is magától értetődik, hogy adott (meghatározott fizikai jellemzőkkel leírható) jégeső okozta kár annál nagyobb, minél érzékenyebb az érintett kultúra a mechanikai hatásokra. Sajnos az érzékenység általában az értékkel egyenes arányban változik. A károsodás mértéke függ a növények felépítésétől, habitusától, fejlettségi és egészségi állapotától, tenyészidejétől, a területi hozamuktól, az érzékenységüktől, a regenerálódási hajlamuktól és a regenerálódásra rendelkezésre álló időtől. Jelentős szerepe van a tápanyaggal való ellátottságnak is, hiszen a kálium elősegíti a szilárdító szövetek

fokozott képződését, míg a nitrogén-többlet akár növelheti is a károkat. Tanulmányozva a fontosabb növények tulajdonságait nyilvánvalóvá válik, hogy a nagy hozamú fajták területi arányának növekedésével a jégkárok abszolút értéke növekszik, vagyis a mezőgazdaság belterjességének fokozódásával a termés biztonsága szempontjából egyre fontosabbá válik a jégverés elleni aktív védekezés megoldása.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Keszthelyen, a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Karának Agrometeorológiai Kutatóállomásán 1998 óta foglalkozunk a természetes jégverés hatásainak vizsgálatával, illetve mesterséges jégverés mechanikai kártételének szimulációs lehetőségeivel. Ennek a megfigyelés sorozatnak képezte részét a 2001-ben beállított, növény vízháztartásában eltérő időpontokban végzett jégverés szimuláció hatására bekövetkező változások megfigyelésére és elemzésére végzett kutatás. Kísérleteinket Ramann-féle barna erdőtalajon folytattuk, kukorica jelzőnövényvel, evapotranszpirométer „Ad libitum” vízellátási szintjén. A rövid tenyészidejű kukorica hibridet, a *Gazdát* április végén kézzel vetettük a tenyészedejébe, s kelés után a sűrűséget 7 tó m<sup>2</sup>-re állítottuk be. A tenyészidőszak során a gyommentesítést szükség szerint kapálással végeztük.

A vízháztartási vizsgálatokhoz Thornthwaite féle kompenzációs típusú evapotranszpirométert alkalmaztunk, melynek tenyészedejű felülete 4 m<sup>2</sup>, mélysége pedig 1 m volt. A párolgást napi összegekben számoltuk, a vízháztartási mérleg komponenseinek nyomon követése alapján [1].

A tápanyagellátásban a környékre jellemző szintet követtük (100 kg/ha N; 80 kg/ha P és 120 kg/ha K).

A tenyészidőszak folyamán háromszor idéztünk elő mesterségesen jégverést, július 3-án (címerhányás idején), július 12-én (teljes virágzásban) illetve július 30-án (tejesérésben). Korábbi megfigyelések szerint a kukorica termése e három fenológiai fázisban a legérzékenyebb a jégverés okozta stresszhatásokra [4, 7]. A párolgásról ismert publikációt nem találtunk. A jégverés mechanikai kártételét szimuláltuk, levéltépeses eljárással. A defoliálás mellett a levelek megszabdálásával szimulált jégkártétel munkaigényesebb volta miatt kevésbé elterjedt. A levelek megszabdálásához egy deszka

darabba 2-2 cm-es távolságra szögeket ütöttünk, amelyet a későbbiekben a sérülés előállítására kefeszerűen használtunk. A szögek távolságának meghatározását a korábbi években okozott jégverés által előidézett leggyakoribb kárkép alapján reprodukáltuk. Ennél rövidebb távolságra bevitt szögek a levelet teljesen szétszakították, a nagyobb távolságra beillesztettek pedig csak a szélesebb leveleket tudták volna roncsolni.

A tenyészidőszak végén terméskiértékelést is végeztünk, tájékoztató jelleggel. A termést az egységnyi területen megtermett szem szárazanyaggal fejeztük ki. A szárazanyagot szárítószekrényben, 60

°C-on, súlyállandóságig történő szárítással határoztuk meg.

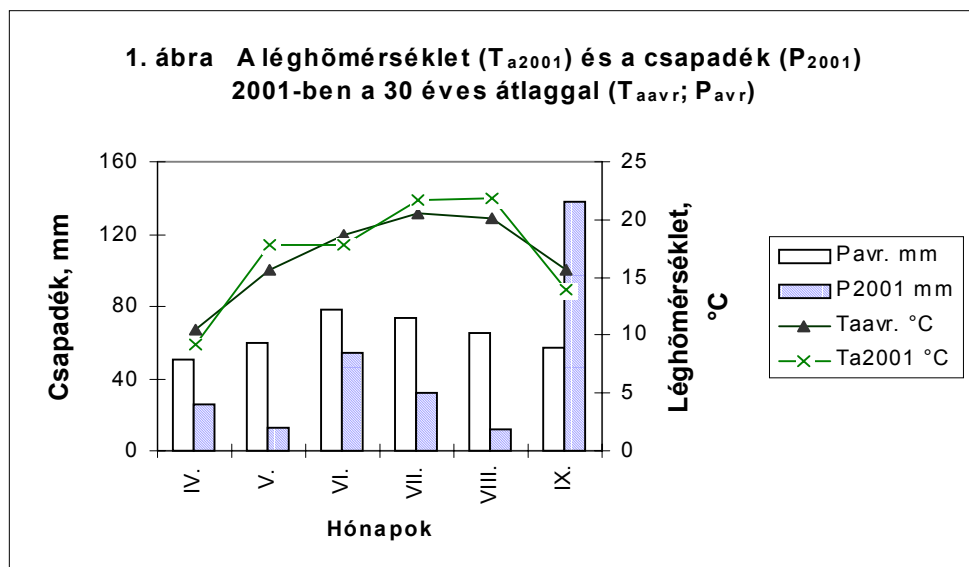
## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK A KÖVETKEZTETÉSEKKEL

### A vizsgált időszak időjárás alakulása

A vizsgált periódus a 2001-es év tenyészidőszakának június 26-tól augusztus 17-ig terjedő időszaka.

Azért a fenti időszakot választottuk elemzéseink tárgyául, mert ekkor a legvalószínűbb a jégverés térségünkben. 2001-ben június 26-án záródott az állomány, és augusztus 17-én következett be a teljes érés.

Figure 1: Air temperature ( $T_{a2001}$ ) and precipitation ( $P_{2001}$ ) for the year and the 30-year averages ( $T_{avr}$  and  $P_{avr}$ ).



x-axis: month of the year; y-axis, left: precipitation; y-axis, right: air temperature

A vizsgált három hónapból június mintegy 0,9 °C-kal volt hűvösebb a sokéves átlagnál, míg július és augusztus egyaránt melegebbnek bizonyult, 1,2°C-kal, illetve 1,7°C-kal. A csapadék szempontjából a kukorica számára kritikus időszak ebben az évben nem volt kedvező, hiszen júniusban 24,5 mm-rel, míg júliusban és augusztusban 40, 9 mm-rel, illetve 53,3 mm-rel hullott kevesebb csapadék a sokéves átlagnál. Ha a csapadékhiányhoz a sokéves átlagnál melegebb július és augusztus hónapokat is hozzávesszük a kukorica terméskilátásai

meglehetősen alacsony szintre eshettek vissza (1.ábra).

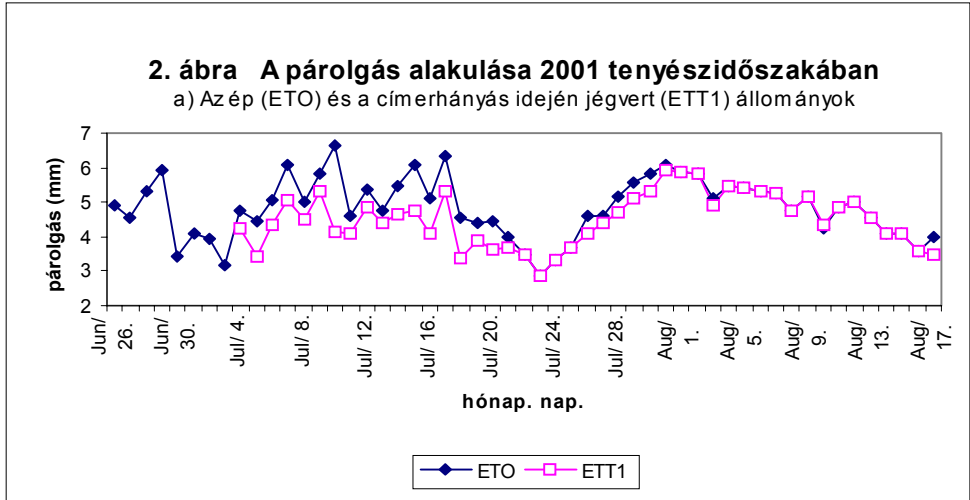
### A párolgás alakulása a vizsgált tenyészidőszakban

A mechanikai kártételnél a levéltépéses eljárást alkalmaztuk, mely megfigyeléseink szerint jobban közelíti az évek többségében Keszthely környékére jellemző jégverés károsítását. A levelek eltávolítását több kutató alkalmazza a fenti kártétel előállítására [4, 5], de akkora mértékű károsodás, amely a teljes levél pusztulását eredményezné, s ezzel a levél

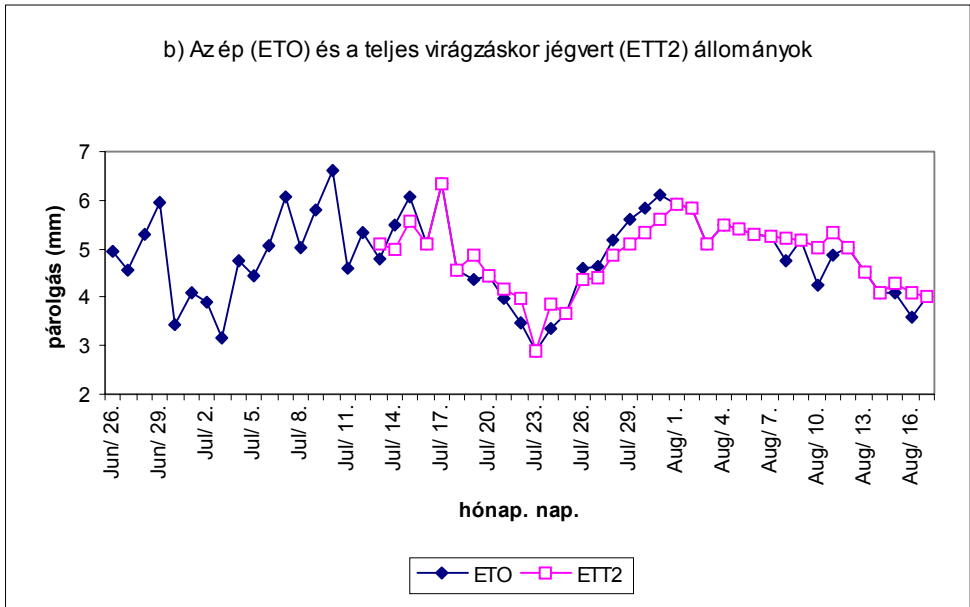
eltávolítását indokolná, tapasztalataink szerint csak rendkívül ritkán fordult elő Keszthelyen, a szimuláció helyszínén.

2001-ben három különböző fenofázisban történt a jégverés szimulációja, melynek eredményeképpen a növények párolgás alakulásában mért különbségeket próbáltuk kiemelni (2. ábra).

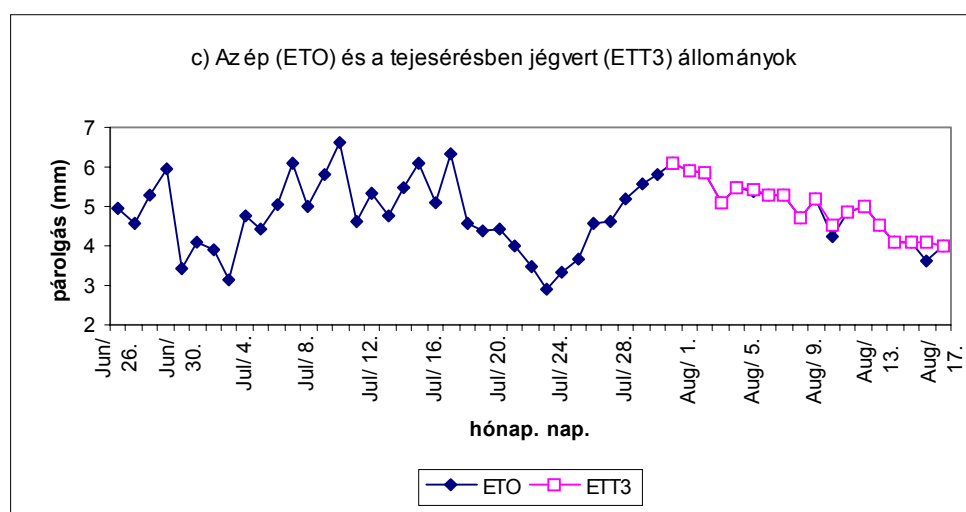
Figure 2: Evapotranspiration in the growing season, 2001.



A. Undamaged (ETO) and damaged (ETT1) plant in tasseling



B. Undamaged (ETO) and damaged (ETT2) plant in flowering



C. Undamaged (ETO) and damaged (ETT3) plant in ripening

Mindhárom időpontban végzett jégverés szimulációról megállapítható, hogy azok hatása a párolgásra erősen időjárás függő volt. Közvetlenül a jégverés után, függetlenül a kártétel idejétől, a növények párolgása azonnal megnőtt, melynek oka a sebzések helyén hirtelen kiáramló sejtnedveknek tulajdonítható. A növények regenerálódása, vagyis a sebzések helyén megindult parásodás, a párolgás alakításában sem maradt hatástalan. Magas hőmérsékletnél és kellően aszályos időben a mechanikailag stresszelt növények vízfogyasztása jelentősen lecsökkent, hozzájuk képest az ép növények szinte pazarlóan bántak a számukra evapotranszpirométerben felkínált korlátlan vízmennyiséggel. A hűvösebb, csapadékos napokon viszont jégvert növények párolgása megemelkedett, és jelentősen felülmúlta a jégverés előtti – csapadékos napokon mért – vízfogyasztást.

Az eltérő időpontokban történt károsításokra tekintettel, - mely a vizsgálati periódusok hosszát tette különbözővé - nehezen számszerűsíthető az, hogy volt-e különbség a különböző fenofázisokban jégvert állományok által elpárologtatott vízmennyiségek között. Első közelítésben a tépés ideje helyett nagyobb hatásúnak látszik a mért időszak hossza, vagyis minél korábban történik a tépés, a párolgásban okozott változás annál nagyobbak tűnik.

Az ép állomány párolgásához képest mindhárom jégvert állomány évi párolgás összege csökkent. A

címerhányás idején sebzett állomány az ép állománynál mintegy 20,8mm-rel kevesebb vizet használt a vizsgált időszak alatt, míg a virágzaskor és a tejeséréskor jégverést szenvedett állományok vízfogyasztása gyakorlatilag alig tért el (2,9 illetve 1,7mm-rel) a kontroll állományétól. Csak a címerhányás idején károsított állományban fellépő különbség volt szignifikáns, az azonban 0,1%-os szinten.

Az időjárás alakulásával együtt vizsgálva azonban szembevetünk az is, hogy a jégverés utáni néhány napon, a párolgás a sebzett növényeknél naponta átlagosan 0,5mm-rel maradt az ép állomány párolgása alatt, míg ezután az átmeneti időszak után – melyet a növény a regenerálódáshoz használ fel – döntően már az időjárás alakítja a vízfogyasztást. A párolgás alakulásában jól nyomon követhető a naps, száraz és a hűvös, nedves időszakok váltakozása. 2001-ben a hűvösebb, csapadékosabb július közepi időjárás alatt mind a stresszes, mind az ép állomány kevesebbet párologtatott, de szembevetően megemelték vízfogyasztásukat augusztusban, amikor az időjárás száraz és meleg volt. A kezelések azonban eltéréseket mutatnak, hiszen itt is megfigyelhető, hogy meleg időben a jégvert növények párolgása az ép állományé alatt marad, s azt csak a hűvös, csapadékos napokon haladta meg.

A tenyészidőszak átlagos napi párolgás alakulásáról elmondható, hogy minden jégvert kezelés párolgása elmaradt az ép állományokétól, viszont a különbség

köztük csak tendencia jellegű, szignifikáns differenciát ebben az évben kimutatni nem tudunk. A tenyészidőszakbeli átlagos vízfogyasztás a címerhányás idején jégverést szenvedett növényeknél volt a legalacsonyabb, mintegy 0,4 mm-rel kevesebb az ép állományénál. Augusztus közepétől - amikor a növény a viaszérés fázisába lépett – a párolgás alakulását már nem befolyásolta a stresszhatás, ahogy az a 2. ábrából is kitűnik, s az ép és a jégvert állományok párolgásában szinte semmi különbség nem volt.

A jégverés szimuláció eredményeképpen kialakuló termés eltérés mértéke és iránya a korábbi

publikációkban közölteknek felelt meg, s függetlenül a tépés idejétől, a termés veszteség mindhárom beavatkozásnál 10% alatt maradt.

Természetesen a jégverés hatása évjáratfüggő, így további megfigyelések szükségesek a mechanikai stresszhatás növény vízháztartásában okozott változásainak pontosabb megismeréséhez. Kísérletünk alapján megállapítható, hogy a párolgás egy eleme a jégverés kártételének, mely pontosabb megismerése a korábbiaknál pontosabb támpontot nyújthat a kukorica számára a „veszélyes” időszak kijelöléséhez.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Antal, E. 1968: Az öntözési időpont elrejelzése meteorológiai elemek alapján. Kandidátusi értekezés, MTA, Budapest.
- [2] Casparides 1756. In: Fáthy, F. 1944: A felhők szerkezete. A Magyar Királyi Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló Magyar Királyi Országos Meteorológiai És Földmágneselességi Intézet Kisebb Kiadványai Budapest, 17., 23-37.
- [3] Domonkos, P. 1991.: Jég a zivatarfelhőben. Légkör, 1., 8-11.
- [4] Peterson, T.A. 1982: The effect of simulated hail damage – defoliation and stand reduction – on corn. M.S. Thesis, Univ. Of Nebraska, Lincoln, NE. U S Weather Bureau., Res. Paper No. 45., Washington D.C. 1-58.
- [5] Trappeniers, G. – Ledent, J.F. – Fayt, O. – Nijs, A. 1992: Effects of simulated hail damage on yield of forage maize. Journal of Agronomy and Crop Science 168. 13-19
- [6] Wegener, A. 1910.: Thermodynamik. Leipzig
- [7] Wirth, E. - Markó, T. - Sövény, F. 1984.: A jégesőelhárítás értékelése: fizikai hatások és gazdasági következmények. Időjárás, Vol. 88. No. 1. jan.-febr. 3-20. Budapest
- [8] WMO, 1956.: Nemzetközi Felhőatlasz.

\*Angela Anda, [anda-a@georgikon.hu](mailto:anda-a@georgikon.hu),

Éva Kincsó Decsi,

University of Veszprém, Georgikon Faculty of Agronomy, Keszthely, Department of Soil and Water,

Tel: +36-83-311-290

Fax: +36-83-311-233