

(74) **ILLÉS B.,¹ ANDA A.²**

Légekőri koromszennyezés káros hatásai a kukorica evapotranszspirációjára és a produkciójára

Effects of atmospheric soot pollution on evapotranspiration and production of maize

illes.bernadett86@gmail.com

¹Pannon Egyetem Georgikon Kar, Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék, tanársegéd

²Pannon Egyetem Georgikon Kar, Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék, egyetemi tanár

Kivonat

Kutatásunk célja a száraz ülepedésből származó korom káros hatásának vizsgálata kukorica növényen a párologtatás és a produkció tekintetében. Napjainkban a gépjárművek számának folyamatos növekedése és azok működése egyre nagyobb veszélyt jelent a környezetre. A korom egy olyan aeroszol, mely ráakadva a kukorica leveleire, megváltoztatja azok párolgási és vízháztartási viszonyait, és hatással van a kukorica termésének mennyiségére és minőségére.

Kísérletünket a tanyakeresztű Agrometeorológiai Kutatóállomáson végeztük két egymást követő év tenyészidőszakában (2010, 2011). Tesztnövényként a rövid tenyésztesű Sperlona (FAO-340) hibrid kukoricát alkalmaztuk, mely egy svájci csemegekukorica. Az időjárási adatokat a Kutatóállomáson található meteorológiai állomás adataiból nyertük. Szennyezés szimulálására hetente alkalmaztunk „vegytisztá” kormot 3 gm⁻²-es adagokban, melyet motoros porozóval juttattunk ki a vizsgált területre. 2010-ben és 2011-ben is különböző vízellátás mellett történtek a vizsgálatok. 2010-ben evapotranszspirációs kádakban, öntözetlen parcellákon folyt a kísérlet, 2011-ben öntözött parcellával egészült ki a vizsgálat.

Méréseink a növények tömegének meghatározása mellett kiterjedtek az evapotranszspirációra és szárazanyag-tartalom meghatározásra. A kukorica termékenyülésére káros hatással volt a korom. A torz csövek száma szignifikánsan megnövekedett, ennek következtében a szemtermésben csökkenés mutatkozott, melyet statisztikailag igazoltunk. Párologtatás tekintetében szignifikáns emelkedést tapasztaltunk, különösen a meleg, száraz évben.

2011 arid időjárása mellett erőteljesebben jelentkeztek a korom hatásai, mint a csapadékosabb (humid) 2010-es évben. Az evapotranszspiróméterek kiegészítő vízellátása pozitív hatást fejtett ki mindkét évben, ennek következtében megállapítható, hogy a légekőri koromszennyezés káros hatásainak csökkentésére az öntözés jelenthet megoldást.

Kulcsszavak: korom, evapotranszspiráció, produkció, kukorica

Bevezetés

Az már régóta ismert tény, hogy a levegőben található részecskék káros egészségügyi problémákat okoznak. Ezt a tényt támasztja alá az Amerikai Egyesült Államok Nemzetközi Fejlesztési Hivatala (USAID, 2010) is, mely szerint a korom (BC) krónikus és akut egészségügyi problémákhoz vezethet. Az USA-ban és Nyugat-Európában jogszabályok határozzák meg a belélegezhető határértékeket (Mark, 1998). A korom a légekőriben található más részecskékkel együtt hatással van a Föld sugárzástartására (Horváth, 1998). A bejövő napsugárzás szempontjából jelentős abszorbernek számít, de ez mellett a Föld felszíne felől érkező sugárzást is elnyeli, amely csökkenti a felhők reflektív erejét (Bapna és mtsai., 2012). A korom az egyik leghatékonyabb fényelnyelő frakció az aeroszolak között (USAID, 2010). A legújabb tanulmányok azt mutatják, hogy a BC jelentősen hozzájárul a globális felmelegedéshez és az éghajlatváltozás módosításához más üvegházhatást okozó gázokkal együtt. A korom negatív hatását a globális felmelegedésben csak a szén-dioxid gáz túlterhelése (Baron és mtsai., 2010), ezt támasztja alá Jacobson (2001) megállapítása is, mely szerint a második legkárosabb eleme a globális felmelegedésnek.

A korom a széntartalmú tüzelőanyagok égetése révén kerül a légkörbe. Európában a fosszilis tüzelőanyagok a fő forrása a BC-nak, míg az Afrikai országokban a biomassza égetése dominál (Cachier, 1998). A mi kutatásunk célja a közúti közlekedésből származó légköri eredetű korom káros hatásainak a vizsgálata. A téma fontosságát bizonyítják indiai tanulmányok is, például Reddy és Venkataraman (2002) írásai, illetve az ott előidézett körülmények szerint a korom-kibocsátás mintegy 58%-a a közúti közlekedés számlájára írható. A BC ugyan rövid légköri tartózkodási idejű részecske (2-3 hét), de annál nagyobb távolságokra képes elszállítódni és mindenütt megtalálható (Stoffyn-Egli és mtsai., 1997). Például dél-ázsiai nagyvárosokból a Tibeti-fennsík felé szállítódott korom súlyos problémákat okozott azokon a tájakon, ahol nagy területi kiterjedésben hó található (Menon és mtsai., 2010). Mi a száraz ülepedésből származó korom hatásait vizsgáltuk. A talajban található korom hatásairól a szakirodalom részletesen beszámol. A korom a talajban raktározódva szénforrásként áll rendelkezésre a növények számára, de negatív hatásai nagyobb mértékben érvényesülnek. A talaj mikrobiális aktivitását növeli, ezzel a humusztartalmat csökkenti (Wardle és mtsai., 2008). További negatív hatása a koromnak, hogy nagy az adszorpciós kapacitása, nehézfémeket és növényvédőszeret köt meg (Goldberg, 1985; Cornelissen és mtsai., 2005). Brodowski és mtsai. (2005, 2006) letapogató elektronmikroszkópos felvételek segítségével bizonyították a talajban található korom ásványi anyagokhoz történő kapcsolódását.

A légköri eredetű BC hatásairól alig található a szakirodalom, pedig a növények a levegőből találkoznak először a korommal (Olszyk és mtsai., 2003). A kutatásunkkal ehhez az alig tanulmányozott területhez kívánunk hozzájárulni.

Anyag és módszer

Vizsgálataink helyszínéül Keszthelyen a Pannon Egyetem Georgikon Karának Agrometeorológiai Kutatóállomása szolgált. A kutatás időtartama 2010 és 2011 tenyészidőszaka volt. A helyszínen található QLC-50 automatikus meteorológiai állomás biztosította az időjárási adatokat. Az állomás szerves részét képezi az országos meteorológiai szolgálatnak. Felügyeletét az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Pannon Egyetem Georgikon Karának Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék látja el (Kocsis és Anda, 2006).

A területen Ramann típusú barna erdőtalaj található. A talaj szántóföldi vízkapacitása 150 mm m^{-1} , és az átlagos sűrűsége $1,46 \text{ Mg m}^{-3}$ a felső 1 m-es rétegben. A vizsgált területre tápanyagokat (180, 80 és 120 kg ha^{-1} , N, P és K) juttattunk ki tavasszal, közvetlenül a vetés előtt. Az agronómiai eljárásokat, mint a gyomirtást és a növényvédelmet, az egyetem javaslatai szerint végeztük.

Tesztnövényként a rövid tenyészidejű Sperlona (FAO-340) hibrid svájci csemegekukoricát alkalmaztuk. A választott tőszámot (70000 tő ha^{-1}) a magyar éghajlati viszonyok mellett széles körben alkalmazzák.

Mindkét évben különböző vízellátás mellett végeztük vizsgálatainkat. Kijelöltünk öntözött és öntözetlen parcellákat, illetve evapotranszpirométereket (ET). Az öntözött parcellákon csepegtető eljárással juttattuk ki a vizet, egy-egy alkalommal 20-40 mm-t. Az kijuttatott víz intenzitása $4-6 \text{ mm órá}^{-1}$ volt. Az öntözetlen parcellákon az időjárási viszonyoknak megfelelő mennyiségű vizet kapott a kukorica csapadék formájában. Az evapotranszpirométerekben „ad libitum” vízellátás volt biztosított az állomány részére (Anda és Soós, 2012). Az ET kádak Thornthwaite-féle kompenzációs evapotranszpirométerek, melyek 4 m^3 -es tenyészedenyek (2×2 méteres felülettel és 1 méteres mélységgel). Az ET kádak célja egyrészt az volt, hogy egy szárazabb év során, mint 2011, képet kapjunk a folyamatos vízellátás hatásairól az öntözetlen kukoricával szemben, illetve egy többlet tenyészidőszakkal meghosszabbította a megfigyelési periódusunkat.

A szennyezéshez alkalmazott kormot a Hankook Gumigyár (Dunaújváros) biztosította számunkra, akik a gépjárművek gumiabroncsának a kopásállóság vizsgálatához alkalmazzák. A korom „vegytisztá” állapotban kerül kijuttatásra, tehát mentes minden más szennyeződéstől, nehézfémektől, stb. A korom szemek több mint fele 18 µm alatti és az egész korommennyiség 90%-a 50,6 µm alatti volt. A vegytiszta korom lehetőséget biztosított számunkra, hogy a kísérletnek az ismételhetsége megoldott legyen. A korom a valóságban nem vegytiszta formában kerül a környezetbe, tehát ha az eredményeink károsításra utalnak, akkor a gyakorlatban fokozottabb kártétel fog jelentkezni a különböző koromhoz szorosan kötődő, kísérő szennyeződések miatt. A dózis 3 g m² volt, melyet hetente juttattunk ki a vizsgált területre. A mennyiség meghatározásánál célunk volt egy relatíve kis adag használata a közúti forgalom szimulálására. A dózis meghatározásánál irodalmi adatokat is tekintetbe vettünk (Freer-Smith és mtsai., 2005, Prusty és mtsai., 2005). A korom szárazon történő kijuttatásához motoros porozót (SP 415) alkalmaztunk.

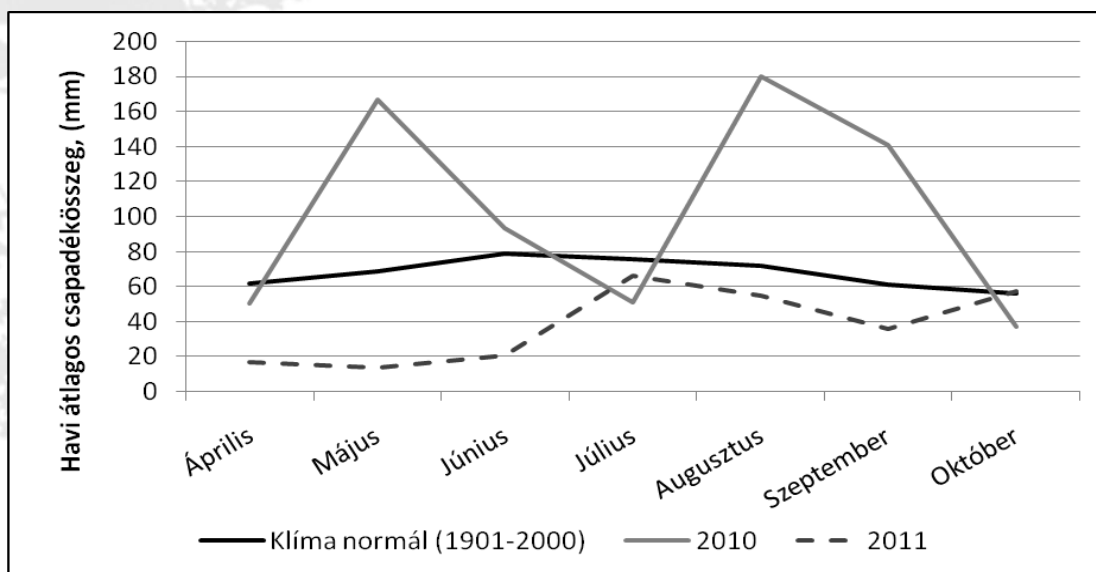
A tenyészidőszak végén meghatároztuk a növény szárazanyag (DM) tartalmát (szem és szár külön-külön). 60°C-on tömegállandóságig szárítottuk a növényeket, majd ezt vetettük össze a zöld tömeggel.

Kezelések hatását az egyutas ANOVA program segítségével határoztuk meg, mely Duncan vagy Games-Howell egyidejű átlagos összehasonlító tesztek kiegészítése. Feltételezésünk alapja az volt, hogy a Levene-teszt alapján a variancia közel azonos, tehát a teszt nem szignifikáns, alapfeltétele az ANOVA program használatához. Egyváltozós varianciánalízist alkalmaztunk a kezelések közötti különbségek megállapításához (öntözés, szennyezés). Az idősor elemzéshez (napi párolgás) párosított t-próbát használtunk. Az adatok analíziséhez SPSS programcsomagot használtunk (SPSS Statistics 17.0; IBM Corporation, New York, US).

Eredmények és következtetések

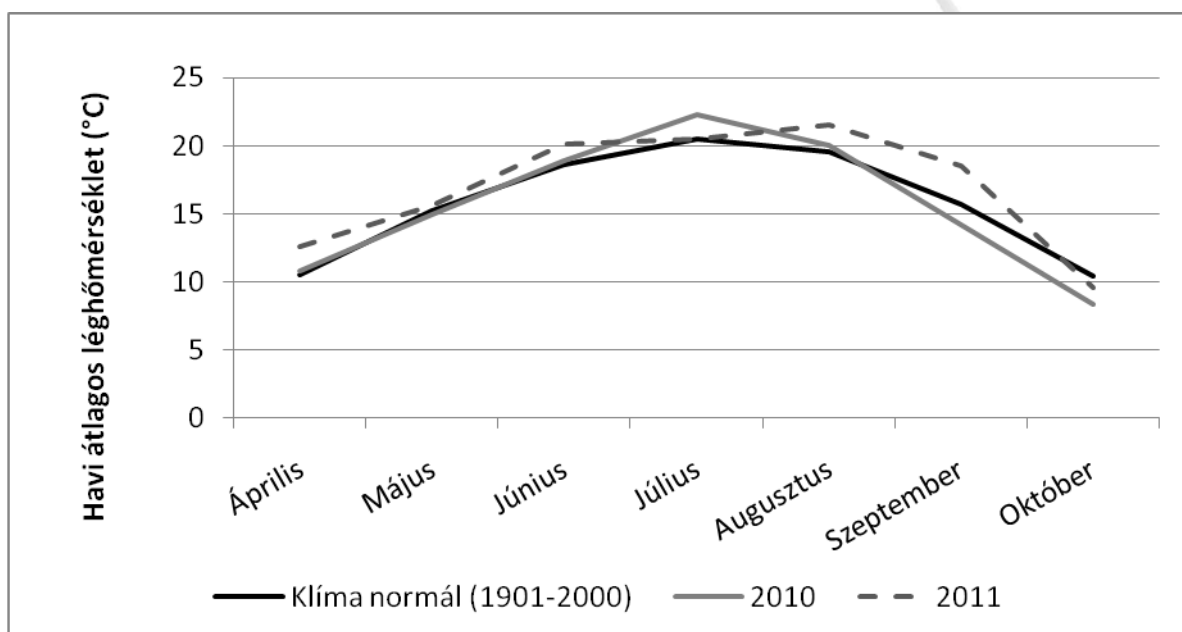
Időjárási viszonyok és hatásai a kukorica fenológiai fázisaira

A meteorológiai adatok közül a két legfontosabb a kukorica szempontjából a csapadék és a hőmérséklet. A vizsgált két évben az időjárás alakulása eltérő volt. A csapadék tekintetében elmondható, hogy 2010 egy meglehetősen humid évszámot (1. ábra). A vízbevitel ebben a szezonban 40%-kal meghaladta a sokéves (1901-2000) átlagot, ellentétben a száraz-meleg 2011-es évvel, ahol a tenyészidőszak alatt 44%-kal kevesebb csapadék hullott.



1. ábra: 2010 és 2011 tenyészidőszakának a havi csapadékösszege (mm) a sokéves (1901-2000) átlaghoz képest.

A hőmérséklet alakulásában is eltérések mutatkoztak a két év között (2. ábra). 2010-ben a havi átlagos középhőmérséklet közel azonos volt, mint a sokéves átlag. 2011-ben viszont az arid évjárat tükrében nagyobb volt az eltérés; 1,2°C-kal magasabb volt a középhőmérséklet, mint a sokéves átlag.

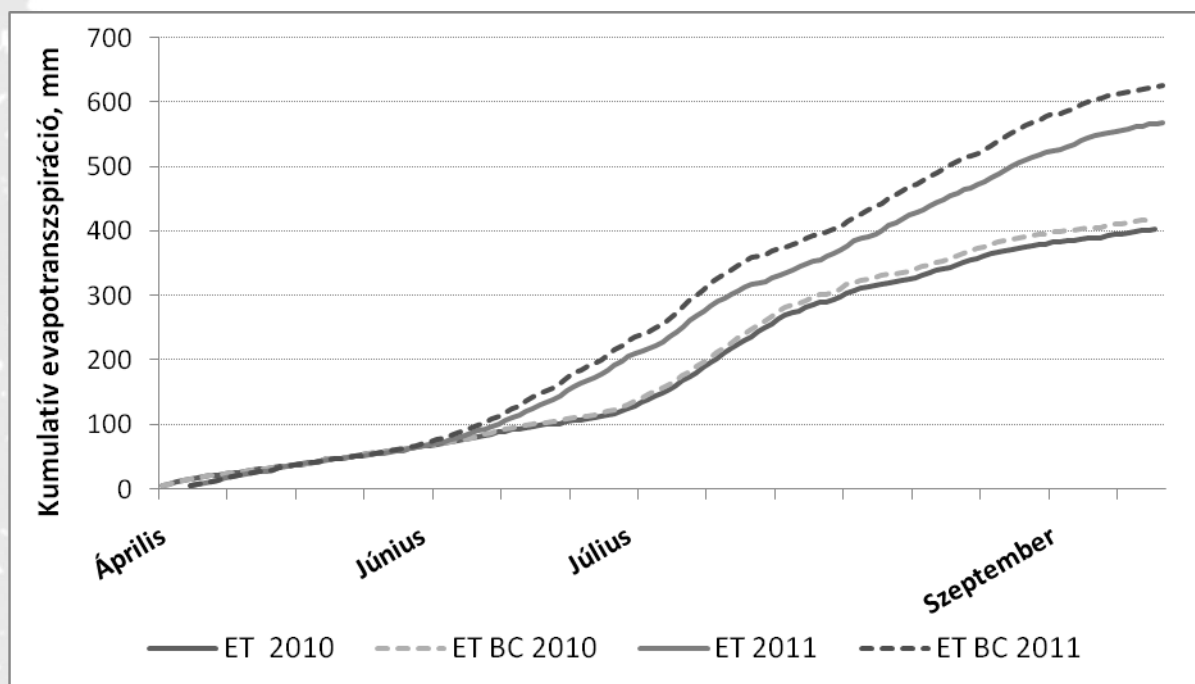


2. ábra: 2010 és 2011 tenyészidőszakának havi átlagos léghőmérséklete (°C) a sokéves (1901-2000) átlaghoz képest.

Megállapítható, hogy a kukorica fejlődésének egyik legérzékenyebb időszaka, mely a címerhányás, mindkét évben júliusra esett. Ebben a hónapban viszont sem a csapadék, sem a hőmérséklet jelentősen nem tért el egyik évben sem a sokéves átlagtól. Ez kedvezően hathatott a kukorica fejlődésére. A tenyészidőszak hosszúsága az ET kádak esetében, ahol folyamatos volt a vízellátás, nem tért el egymástól a két évben, viszont az öntözetlen parcellákon nevelt kukorica esetében 2011-ben 1-1,5 héttel rövidebb volt, mint 2010-ben. A 2010-es év esetében az állományzáródás a száraz kezeléssel 10 nappal később jelentkezett, mint a következő évben. Megállapítható, hogy a koromszennyezés a kukorica fenofázisainak hosszát és megjelenési idejét egyik évben sem befolyásolta. Egyedül 2010-ben jelentkezett a korom hatása, egy héttel lassúbb volt a leszáradás ideje, de mivel ez már a teljes érést követően jelentkezett, nem befolyásolta a teljes vegetációs ciklus hosszát. 2011-ben a leszáradás gyorsabban zajlott le.

Evapotranszpiráció

A korommal kezelt kukorica mindkét évben többet párologtatott, mint a kontroll állomány (3. ábra). Az ábra görbéinek alakulása megfelel a két év különböző időjárási viszonyainak. A csapadékosabb 2010-ben a halmozott párolgási görbék csak júliusban kezdtek el emelkedni, ellentétben a száraz 2011-es évvel, ahol már júniusban meghaladta a napi párolgásösszeg a 4 mm-t. A két év közti eltérés mind a nem szennyezett, mind a korommal szennyezett kukorica esetében szignifikáns volt. A kontroll állomány 2011-ben 34,5%-kal ($P < 0.01$) magasabb párolgási értékeket mutatott, mint 2010-ben. A korommal kezelt kukorica 23,8%-kal ($P < 0.01$) több vizet használt a vizsgált időszak második évében, mint az elsőben.



3. ábra: Kumulatív evapotranszpiráció 2010 és 2011 tenyészidőszakában a kontroll (ET) és a korommal (ET BC) kezelt állományban

A koromszennyezés mindkét évben jelentősen megnövelte a párolgást. Az arid 2011-ben ez az emelkedés nagyobb volt (11%), mint a humid 2010-ben, ahol 3,9%-os növekedést tapasztaltunk. Az első évben a napi párolgási maximumot csekély mértékben emelte meg a szennyezés ($0,2 \text{ mm nap}^{-1}$), ellentétben a második évvel, ahol jelentősebb volt az emelkedés ($1,2 \text{ mm nap}^{-1}$). A szennyezett növényegységnyi levélfelületének párologtatás változása évi átlagban egyik vizsgált tenyészidőszakban sem volt statisztikailag igazolható.

Következtetésként arra jutottunk, hogy a koromszennyezés a melegebb időjárási viszonyok között jelentősebben fejti ki a hatását. Arid évjáratban a szennyezett kukorica vízhasználata, illetve annak változása nagyobb, mint csapadékosabb időjárási körülmények között.

A szárazanyag produkcó

2010-ben a szár szárazanyag változása volt szignifikáns a kiegészítő vízellátásnak köszönhetően. 16,7%-kal magasabb volt az ET kádakban a szár szárazanyag, mint a parcellákon. Ennek oka a magasabb vízellátás, mely erőteljesebb vegetatív fejlődést eredményez a növényeknél. A szem szárazanyaga viszont a parcellákon volt jelentősebb. Ennek oka az időjárási viszonyokra vezethető vissza, korábbi megfigyelésünk szerint hűvösebb évben a csapadék és a kiegészítő vízellátás az ET kádak talaját telítheti, ami talaj-levegő hiányt idézhet elő, mely a termés szempontjából akár káros hatású is lehet (Anda, 1995).

2010-ben a koromszennyezés a szár-, szem- és teljes szárazanyag tekintetében produkciót csökkentő hatású volt (1. táblázat), de csak a nem öntözött állomány esetében volt a kiesés jelentős ($P < 0.05$). A kiegészítő vízellátás pozitív hatása még ebben az évben is érzékelhető volt. Amíg a korommal kezelt parcellán a szem szárazanyag 12,4%-kal csökkent a parcellákon, addig az ET kádakban ez a csökkenés mindössze 2,2%-os volt.

1. táblázat: A szem-, szár- és teljes (TDM) szárazanyag alakulás a korommal kezelt állomány és a kontroll állomány között 2010-ben. Az eltérés# a kontroll és korommal kezelt állományok különbsége %-ban kifejezve.

ANOVA			
Kontroll állomány	Eltérés#	F	Szignifikancia
Szár DM	5,0	0,702	0,426
Szem DM	12,4	7,122	0,037
TDM	9,2	1,901	0,205
Öntözött (ET)			
Szár DM	12,1	5,277	0,061
Szem DM	2,2	0,278	0,614
TDM	8,2	2,480	0,166

A teljes szárazanyag 2010-ben tendencia jelleggel 8-9%-kal csökkent a kezelés hatására mindegyik vízhasználatnál, de statisztikailag nem igazolható.

A kezelés hatásokat együttesen (öntözött és szennyezett) elemezve jelentős eltérés csak az öntözött változatnál jelentkezett.

2011-ben az előző évhez hasonlóan a nem öntözött korommal szennyezett parcella szem szárazanyaga mutatott szignifikáns eltérést (2. táblázat). A termés csökkenés 5%-kal meghaladta a 2010-es évet. A szár- és teljes szárazanyag változása a kezelés hatására a második évben statisztikailag nem volt igazolható. A táblázat negatív előjelei arra utalnak, hogy a korom hatására a szár szárazanyag megnövekedett a kontroll állományhoz képest, de ez a változás nem volt szignifikáns. Itt említhető, hogy ennek értelmében a koromnak pozitív hatása is lehet, mivel megnövelte az állomány zöldfelületét és ezzel a vegetatív produkcióját (nedves évszám). A korom 2011-ben az időjárási viszonyoknak megfelelően (kevés csapadék) nagyobb mértékben maradt a növény felületén, mely egy részét a lombtrágyázásnál tapasztalt módon fel is vehette a növény, majd ezt a szénforrást a zöldfelületének növelésére fordíthatta. Ez alapján a növények a szén nemcsak a talajon keresztül képesek felvenni, hanem a légkörből származó száraz ülepedésből is (Glaser, 2007).

2011-ben is a kezelések együttes hatása csak az öntözött kukoricánál jelentett szignifikáns eltérést.

2. táblázat: A szem-, szár- és teljes (TDM) szárazanyag alakulás a korommal kezelt állomány és a kontroll állomány között 2011-ben. Az eltérés# a kontroll és korommal kezelt állományok különbsége %-ban kifejezve. A negatív előjel a korommal szennyezett állomány növekedését mutatja a kontrollhoz képest.

ANOVA			
Kontroll állomány	Eltérés#	F	Szignifikancia
Szár DM	-8,5	0,309	0,593
Szem DM	17,6	7,344	0,027
TDM	4,0	0,202	0,665
Öntözött (ET)			
Szár DM	-1,9	0,095	0,768
Szem DM	3,0	2,553	0,154
TDM	0,5	0,057	0,819

A két év vizsgálataiból következik, hogy a korom a szem szárazanyag esetében okozott jelentős változásokat. Ennek oka lehetett a deformált csövek számának a növekedése. Ez 2010-ben 10,7%-os, 2011-ben 20,7%-os növekedést jelentett. A kontroll állományban a torz csövek aránya jóval kisebb, itt néhány %-os értékeket kaptunk. Az ET kádak esetében is fejlődtek deformált csövek, de a parcellákhoz képest ezek csekély mértékűek (2010-ben 3,8%, 2011-ben 7,0%). A kontroll ET kádokban alig találtunk torz csöveket és azokat inkább a második évben.

Összefoglalva megállapítható, hogy a korom pozitív és negatív hatást egyaránt kifejtett a kukorica jellemzőire. A megnövekedett zöldfelületnek köszönhetően többet párologtatott a korommal szennyezett kukorica, több vizet igényelt, de a vegetatív produkciója is megnövekedhet (2011), mely már pozitív tulajdonságként könyvelhető el. A szemtermés viszont mindig károsodott. Ennek csökkentése érdekében az öntözés megoldást jelenthet.

Köszönetnyilvánítás: Jelen publikáció a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025 azonosítójú projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ANDA, A. (1995) A vetésirányváltás hatása a cukorrépa néhány növényi jellemzőjének alakulására, különösen termésének mennyiségére. In: *Proc. on Berényi Dénes prof. születésének 95.évfordulója tiszteletére rendezett tudományos emlékülés előadásai*. 1995. szept. 6-7. Debrecen., p: 76-84.
- ANDA, A., SOÓS, G., (2012) Validation of an automated compensation evapotranspirometer with cadmium polluted maize. *Georgikon for Agriculture*. 15:(1) 33-48.
- BAPNA, M., RAMAN, R. S., RAMACHANANDRAN, S., RAJESH, T. A. (2012) Airborne black carbon concentrations over an urban region in western India—temporal variability, effects of meteorology, and source regions. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: 10.1007/s11356-012-1053-3.
- BARON, R. E., MONTGOMERY, W. D., TULADHAR, S. D. (2010) An analysis of black carbon mitigation as a response to climate change, Copenhagen Consensus Center, <http://fixtheclimate.com/uploads/txemplavoila/AP_Black_Carbon_Baron_Montgomery_Tuladhar_v.4.0.pdf>, accessed on 20/06/10.
- BRODOWSKI, S., AMELUNG, W., HAUMAIER, L., ABETZ, C., ZECH, W. (2005) Morphological and chemical properties of black carbon in physical soil fractions as revealed by scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy. *Geoderma* 128, 116–129.
- BRODOWSKI, S., JOHN, B., FLESSA, H., AMELUNG, W., (2006) Aggregate-occluded black carbon in soils. *European Journal of Soil Science* 59, 539–546.
- CACHIER, H., (1998) Atmospheric particles. Harrison, R.M., van Grieken, R.E. (Eds.), *Wiley, Chichester*, pp. 295–348.
- COMELISSEN, G., GUSTAFFSON, O., BUCHELI, T. D., JONKER, M. T. O., KOELMANS, A. A., NOORT, P. C. M. V., (2005) Extensive sorption of organic compounds to black carbon, coal, and kerogen in sediments and soils: mechanisms and consequences for distribution, bioaccumulation, and biodegradation. *Environ. Sci. Technol.* 39: 6881–6895.
- FREER-SMITH, P. H., BECKETT, K. P., TAYLOR, G. (2005) Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides* x *trichocarpa* Beaupré, *Pinus nigra* and *Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. *Environ. Pollution*. 133, pp. 157-167.
- GLASER, B., (2007) Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London - Series B: Biological Sciences* 362: 187-196.
- Goldberg, E. D. (1985) *Black Carbon in the Environment*. Wiley, New York.
- HORVATH, H., (1998) Atmospheric particles. Harrison, R.M., van Grieken, R.E. (Eds.), *Wiley, Chichester*, pp. 543–596.
- JACOBSON, M. Z., (2001) Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols. *Nature* 409, 695–697.
- KOCSIS, T., ANDA, A., (2006) A keszthelyi meteorológiai megfigyelések története. PE GMK, Keszthely.
- Mark, D., (1998) Atmospheric particles. Harrison, R.M., van Grieken, R.E. (Eds.), *Wiley, Chichester*. pp. 29–94.
- MENON, S., KOCH, D., BEIG, G., SAHU, S., FASULLO, J., ORLIKOWSKI, D. (2010) Black carbon aerosols and the third polar ice cap. *Atmos Chem Phys* 10:4559–4571.
- OLSZYK, D. M., BYTNEROWITCZ, A., TAKEMOTO, B. K. (2003) Photochemical oxidant pollution and vegetation: Effects of mixtures of gases, fog and particles. *Environ. Poll.* 61. 1:11-29.

- 
- PRUSTY, B. A. K., MISHRA, P. C., AZEEZ, P. A. (2005) Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur. Orissa, India. *Ecotoxicology and Environ. Safety*. 60, pp. 228-235.
- REDDY, M. S., VENKATARAMAN, C. (2002) Inventory of aerosol and sulphur dioxide emissions from India: I—fossil fuel combustion. *Atmos Env* 36:677–697.
- STOFFYN-EGLI, P., POTTER, T. M., LEONARD, J. D., POCKLINGTON, R., (1997) The identification of black carbon particles with the analytical scanning electron microscope: method and initial results. *Science of the Total Environment* 198, 211–223.
- USAID, United States Agency for International Development (2010) Black carbon emission in Asia: sources, impacts, and abatement opportunities, <<http://usaid.eco-asia.org/programs/cdcp/reports/summary-black-carbon-emissions-in-asia.pdf>>, accessed on 27/07/10.
- WARDLE, D. A., NILSSON, M. C., ZACKRISSON, O. (2008) Fire-Derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus. *Science*, Vol. 320 No. 5876 p. 629 DOI: 10.1126/science.1154960.

LIV.
GEORGIKON NAPOK

54th Georgikon Scientific Conference