

A kukorica vízfelhasználása

Rajkainé Végh Krisztina – Rajkai Kálmán
Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest
E-mail: krvegh@rissac.hu

Összefoglalás

Két kétvonalas hibridkukorica és négy beltenyésztett szülőtörzsük vízgazdálkodását és a vízhiányhoz való alkalmazkodási stratégiáit tanulmányoztuk morфомetriai és ökofiziológiai paraméterek meghatározásával tenyészedény kísérletekben. Cél a vizsgált genotípusok vízgazdálkodásának számszerűsítése volt. Megállapítottuk, hogy a genotípusok vízhasznosítása a talaj vízállapotától és tápanyag-szolgáltatásától függ, morfológiai paramétereik és azok – vízhiányos feltételek hatására bekövetkezett – értékváltozásai pedig szignifikánsan eltérnek. A gyökérközeg száradása következtében a hajtás és a gyökér biomassza felhalmozása alapvetően megváltozik, és genotípusonként szignifikánsan különbözik. A hibridek a szülőtörzsekhez képest szárazabb talajból is képesek vízfelvétele, valamint vízfogyasztásuk és evapo-transzpirációs vízhasznosítási hatásfokuk is nagyobb.

Summary

We studied the water utilization and adaptations strategies to drought conditions of two two-line maize hybrids and their four parental inbred variants collecting their morphometric and ecophysiological parameters in pot experiments. Our aim is to quantify the water management of these hybrids in order to apply them as input parameter values in different processes of plant growth models. Water utilization differed in the studied genotypes depending on the water status and nutrient availability of the soil. Morphometric parameters and their changes due to water deficiency differed significantly. Biomass growth of stem and root changed significantly in case of different genotype plants after drying out of the root environment. The hybrids were able to take up water from dryer soil than their parental variants and at the same time their water use and transpiration efficiency was higher.

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a csapadékcsökkenés hatása a termésre a hazai szakemberek központi kérdésévé vált (ANDA, 2008; VERMES, 2002). A termesztett növények vízfelhasználásának és vízhasznosításának intenzív kutatása a csapadékra alapozott növénytermesztés jelentősége növekedésének a következménye. A termésbiztonság növelése érdekében az aszályok hatásait szükséges csökkenteni. A termesztett növényfajok és fajták vízigénye, vízhasznosítása és a szárazságtűrése, genetikusan meghatározott, és nemesítéssel tovább javítható (BOYER, 1996; INGRAM et al., 1994). Az egyes genotípusok vízhiány adaptációs stratégiájának a vízfelvétellel, ill. a

vízhasznosítással kapcsolatos elemei különbözhetnek, ill. eltérő jelentőségük lehetnek.

Kielégítő vízellátottság esetén a transzspirációt elsősorban a légköri meteorológiai feltételek határozzák meg (GARDNER, 1965). A növény képes a vízveszteség és a hőbevitel bizonyos fokú szabályozására a sztómazáródás ill. a kutikula ellenállás, valamint a levélállás megváltoztatása révén. Vízállapota azonban a gyökérzóna talajának nedvességállapotától függ nagymértékben. A csökkenő vízpotenciál irányú vízfelvétel és növényen belüli vízmozgás hajtóereje a levélfelületről a légkörbe történő párologtatás. A növény és a talaj vízpotenciálja közötti különbség a vízfelvétel sebességétől és a talaj- ill. a növény vízvezető tulajdonságaitól függ.

Vízzel telt szövetben a vízpotenciált a turgornyomás és az ozmózis potenciál nagysága határozza meg, míg hervadáskor az ozmózis potenciál és mátrix potenciál nagysága mellett a turgornyomás elhanyagolható értéket vesz fel. Extrém feltételek között a potenciál viszonyok jelentősen változhatnak, pl. -0.6 Mpa turgor potenciál értékeket határoztak meg RAJASEKARAN et al. (2001) sóhatásnak kitett paradicsom leveléből.

A vízhiány növekedésre gyakorolt hatását tanulmányoztuk, a vízfelvevő gyökérzet, és a transzspiráló levélfelület nagyságával, valamint az adott vízellátottságon a növények vízállapotát jellemző paraméterekkel összefüggésben 3-3 leszármazási kapcsolatban lévő kukorica genotípuson.

Anyag és módszer

A vízhasznosítás vizsgálatát hat kukorica genotípuson így Norma és Mv 444 kétvonalas hibrideken, valamint apai (N-B és 4444 B) és anyai (N-A és 4444-A) beltenyésztett szülőtörzseiken folytattuk tenyészedény kísérletekben.

1.sz. tenyészedény kísérlet: A talaj kiszáradásának hatását vizsgáltuk a levélfelület növekedési sebességére, a levélfelület, a földfeletti biomassza és a gyökér növekedésére.

Az 1. sz. tenyészedény kísérletet az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet Fitotronjában folytattuk, az SzK-2 kukorica klímaprogram alkalmazásával. A növények 5 dm^3 -es edényekben nőttek virágzásig szántott rétegből vett vályog fizikai féleségű erdőmaradványos csernozjom talajban. Jó vízellátottságú és vízhiányos kezeléseket állítottunk be. A talaj nedvességtartalmát folyamatosan, a tenyészedényekbe telepített TDR szenzorokkal határoztuk meg.

A tápanyagmennyiség egy részét (P, K, Ca, Mg és mikroelemek) a talajba kevertük, bizonyos hányadát pedig, főként a nitrogént az öntözővízben adagoltuk. A szárazság kezelés kezdetétől 3-4 napi gyakorisággal ellenőriztük az edények talajának nedvességtartalmát, és ennek megfelelően állítottuk be az öntözést. Az állomány felében a növények három hetes korában állítottuk be a szárazság kezelést. A száraz kezelés első két hetében a nedvességtartalmat pF 3.4 és pF 3.7 között, majd pF 3.7 és pF 4.2 között, a hervadás pont közelében

állítottuk be. A száraz kezelésben, a kísérlet utolsó két hetében, a nagyméretű növények – főleg a hibridek – nagy transzspirációs sebessége miatt a napi egyszeri, reggeli öntözést követően a vizet viszonylag gyorsan elpárologtatták és délutánra már visszafordítható levélfonnyadás lépett fel, ami a másnap reggeli öntözést követően megszűnt. Az utolsó (4.) mintavétel a címerhányás előtt volt. A mintavételek alkalmával a hajtást levágtuk, a levél és a szár friss tömegét, a levélfelületet megmértük, a gyökérzetet a talajból kimostuk, és friss tömegét mértük. A mintákat 80 °C-on szárítottuk, majd mértük.

2. tenyészedeny kísérlet: A gyökérközeg méretét 500 cm³-re csökkentettük és gyökérközegként tisztított homokot alkalmaztunk, hogy a víztartalmat gyorsan és hatékonyan változtathassuk. A gyors kiszáradás hatását vizsgáltuk a növények vízállapotára. A levelekben a víztelítettségi hiányt, levél és gyökérközeg vízpotenciált határoztunk meg.

Napi tömegméréssel követtük a talajnedvesség-tartalom, a növényi vízfelvétel ill. transzspiráció alakulását és becsültük az evaporációt. A növények vízfogyasztását, transzspirációs sebességét, vízhasznosítási jellemzőit az alkalmazott öntözővíz mennyisége, a talaj nedvesség-dinamikája és a biomassza növekedés alapján számítottuk.

A levélfelületet Delta T felületmérővel, a vízpotenciált és ozmózis potenciált Wescor pszikrométerrel mértük a harmadik és negyedik, kifejlett levél hosszának középső harmadában. A tenyészidő végén gyökérvízpotenciált is mértünk.

A levél víztelítettségi hiánya meghatározásához a levélből 8-15 cm² méretű mintát vettünk, tömegét (0.000 g pontossággal) mértük, majd páratelített térben 48 óra hosszát tartottuk. Ezután a tömegét ismét megmértük. A vízdeficit értékét a mért levélfelület és a tömegkülönbség felületegységre vonatkoztatásával számítottuk.

Mindkét kísérletet címerhányás előtt fejeztük be. Az adatok statisztikai értékelésére egy- és kéttényezős variancia-analízist végeztünk.

Eredmények és értékelésük

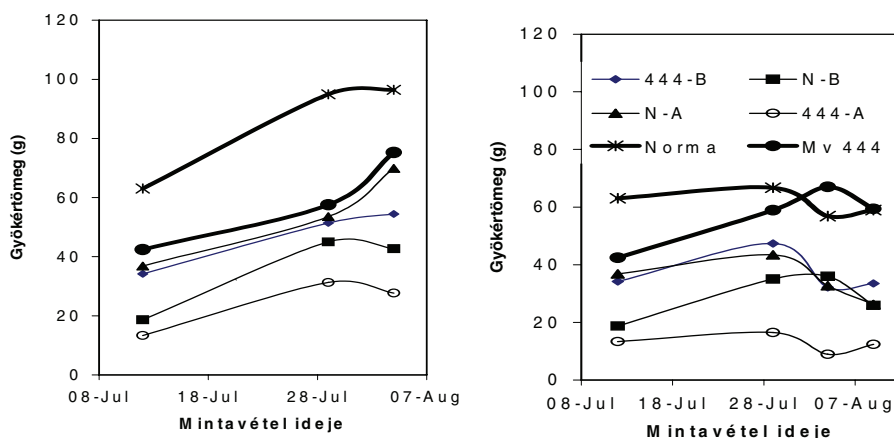
A hat genotípus vizsgált növekedési paraméterei, friss és száraz hajtástömege, levélfelülete, gyökértömege és növekedési sebessége különbözött. Az elvégzett kéttényezős variancia-analízisek minden mért paraméter esetében a genotípus és a kezeléshatás szignifikanciáját ($p << 0.001$) valószínűségi szinten igazolták. Szárazság hatására a levélfelület növekedési sebessége jelentősen lecsökkent. Oka feltehetőleg a turgornyomás csökkenése, amit a levél vízpotenciál csökkenése eredményezett. Ismert, hogy a levélnövekedés érzékenyebb a vízhiányra, mint a sztómaellenállás és a CO₂ asszimiláció. A növekedési sebesség tehát csökkenhet, mielőtt a vízhiány következtében a sztómák nyitottsága és a fotoszintézis csökkenne.

A kisebb levélfelület a kukorica esetében jóval nagyobb hatású a termésre, mint egy közbenső és később kompenzálható fotoszintézis gátlás. Vízhiányban nemcsak a levélfelület növekedésének a gátlása, de a levél fokozott öregedése, leszáradása is vezethet az asszimiláló felület csökkenéséhez.

1. táblázat. Szárazság hatása a levél növekedési sebességére

Genotípus	LGR %
444-B	48
N-B	49
N-A	18
444-A	35
Norma	56
Mv 444	44

Az apai szülő törzsek levélnövekedése a szárazság hatására, kb. a felére csökkent. Az anyai szülő törzsek még érzékenyebbek mutatkoztak.



1. ábra. A kukorica genotípusok gyökérnövekedése jó vízellátottságon (bal oldali) és vízhiányban (jobb oldali részásra, jelmagyarázattal).

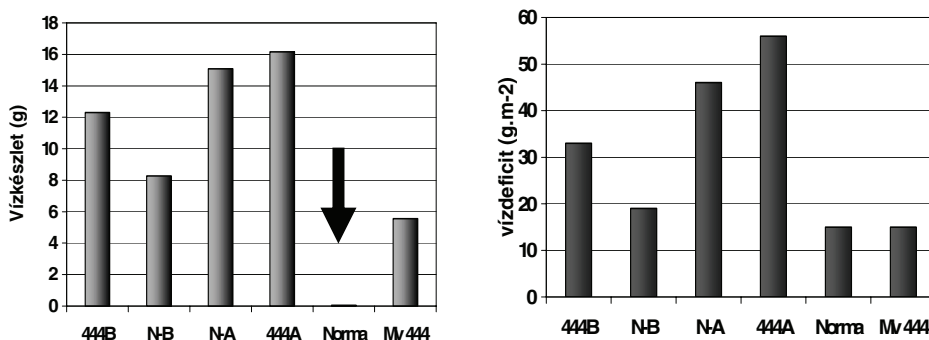
A virágzás előtt 20 napig tartó vízhiány hatását az összes levélhossz alapján számított növekedési sebességre (LGR, cm · nap⁻¹) az 1. táblázat mutatja be. A táblázatban a szárazságnak kitett növények LGR értékei a jó vízellátottságon mért értékek százalékában láthatók.

A vízhiány a Norma anyai vonalára hatott a legerőteljesebben, így növekedési sebessége a kontroll ötödét sem érte el. Az Mv 444 levélzete a Normánál gyorsabban nőtt, és növekedési sebessége erősebben csökkent.

Vízhiányban a genotípusok közül a Norma levélnövekedése csökkent a legkisebb mértékben. A szárazság hatását a gyökérzet növekedésére az 1. ábrán mutatjuk be. Jó vízellátottságon a Norma gyökérnövekedése felülmúlja az Mv 444 hibridét. Vízhiányban viszont nagyobb mértékben retardált, mint a másik hibridé. A fel nem használt asszimilátumok részben a levél sűrűségének növekedésében játszanak szerepet. Vízhiányban a biomassza-megoszlás változik a növényben, a gyökérnövekedés a hajtásnövekedéshez képest nagyobb sebességgel folyik, mint jó vízellátottságon, ami a normálisnál nagyobb gyökér/hajtás arány kialakulását okozza. A csökkent hajtásnövekedésben fel nem használt asszimilátumok az ozmotikus alkalmazkodásra és a gyökérnövekedésre fordíthatók. A gyökérnövekedés is leáll azonban, ha a talajkörnyezet nedvességtartalma adott küszöbérték alá csökken.

A fokozatosan kiszáradó gyökérközegben a növények hajtásnövekedése lelassult. A száraz hajtástömeg a genotípusokra jellemzően alakult. Az Mv 444 hibrid apai szülő törzse kivételével az asszimilátumok elsősorban a gyökérzetben halmozódtak fel.

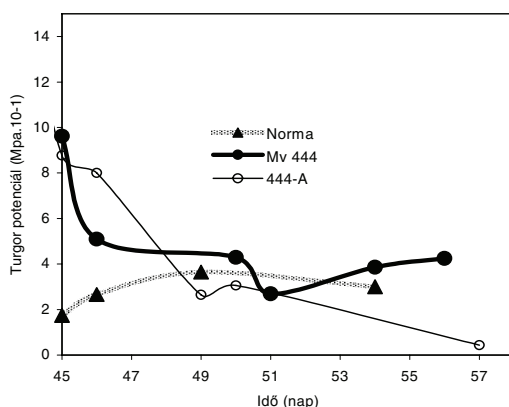
A 2. ábrán látható, hogy a gyökérközeg vízkészletének csökkenése nem járt együtt a víztelítettségi hiány azonnali növekedésével. Az egységnyi levélfelületre számított víztelítettségi hiányra tehát a genotípusnak szignifikáns ($P=0,002$) hatása volt.



2. ábra. A gyökérközeg felvehető vízkészlete (bal oldali) és a levélben mért vízdeficit (jobb oldali részre) a kezelés 54. napján.

A szülő törzsek levelében a vízhiány felülmúlta a hibridek levélfelületre számított vízhiányát, ami összevetve a 2. ábra baloldali részébről látható gyökérközeg víztartalommal mutatja, hogy a hibridek nagyobb levélfelülete kisebb transzspiráció sebességet tartott fenn, és a vízfelvétel a gyökérközegetől nagyobb hatásokkal folyt.

A 3. ábrán bemutatott nyomáspotenciál értékek a levél vízdeficitre levont következtetést igazolják.



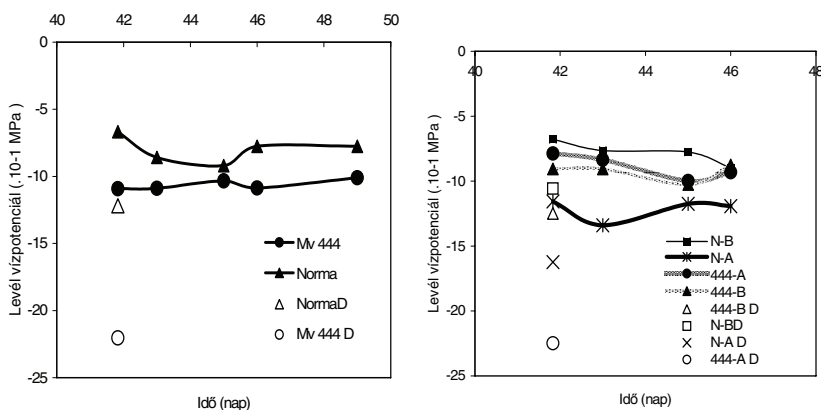
3. ábra. A turgorpotenciál alakulása az utolsó száradási szakaszban.

A levélben mért vízpotenciált és ozmózis potenciált a kezelés utolsó szakaszában mértünk, abban az időszakban, amikor a transzspiráció sebessége 0,5-1 g víz g⁻¹ biomassa nap⁻¹ érték tartományban volt.

A levél vízpotenciál és ozmózis potenciál 1–1,5 g g⁻¹nap⁻¹ transzspirációs sebességnél mért legkisebb értékeit D jellel ábrázoltuk a 4 ábrán.

A Norma anyai szülőtrzs kivételével minden genotípus esetében a csökkent transzspirációnál a levélben mért vízpotenciál -0,5 és -1,0 MPa értéktartományú volt. Nagyobb transzspiráció sebességnél azonban jóval alacsonyabb vízpotenciálokat mértünk.

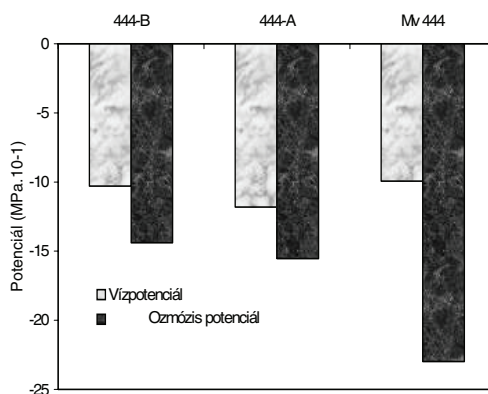
A legalacsonyabb vízpotenciált (-2,0 és -2,5 MPa között) az Mv 444 és anyai szülőtrzse levelében, a legkevésbé alacsony értéket a Norma és apai szülőtrzse levelében mértük (4. ábra).



4. ábra. Vízpotenciál a szülőtrzsek (baloldali részábra) és a hibridek (jobboldali részábra) levelében. D: transzspiráció sebesség 1-1,5 g víz g⁻¹ biomassa nap⁻¹.

Megállapítható, hogy az Mv 444 és szülőtörzsei a Normához hasonló mértékű, 1-1,5 g víz g⁻¹ biomassza nap⁻¹ transzspiráció sebességen alacsonyabb levél vízpotenciált tartanak fenn.

Irodalmi adatok szerint a kukorica levélnövekedése gyorsan csökken -0,2 MPa vízpotenciál alatt és megáll -0,7-0,9 MPa tartományban (BOYER, 1970, HSIAO et al., 1970). Ezzel szemben szabadföldön a levélnövekedési sebesség nem csökkent -0,8-0,9 MPa-ig. A különbségek oka az ozmózispotenciál különbség lehet. Amikor a turgor lecsökken, a növényi növekedés az ozmózispotenciál változása, az ozmotikus adaptáció révén tartható fenn. A növekedés megindulásához szükséges turgornyomás küszöbértéke, ill. a turgort fenntartó ozmotikus alkalmazkodás mértéke a különböző genotípusok esetében változó.



5 ábra. Az Mv 444 és szülőtörzsei gyökerében mért víz- és ozmózispotenciál

A Norma és szülőtörzsei nem csökkentették a levél vízpotenciált olyan mértékben, mint az Mv 444 és szülőtörzsei. Szabadföldön ez a mechanizmus teszi lehetővé, hogy a növény lassabban merítse ki a talaj vízkészletét. A Norma alkalmazkodásának ezt a jellemző vonását szabadföldön, aszályos évben ki is mutattuk (VÉGH et al., 1998).

Jelen kísérletben a gyökérközeg rendkívül behatárolt térfogata a többi genotípusénál a Norma számára kevesebb felvehető vízmennyiséget biztosított.

A nagyobb levél vízpotenciál fenntartása lehetett a Norma nagyobb szárazanyag felhalmozásának kiváltója. A fokozott szárazanyag akkumuláció a gyökérbe adaptív mechanizmus a vízhiány kivédésére, hiszen a szárazságtűrő növények gyökérszete általában nagyobb. Szabadföldön a vízfelvételi hatékonyság azonban nemcsak a gyökérmélységtől, hanem bizonyos feltételek mellett a gyökérsűrűségtől is függ.

A kísérlet befejező szakaszában a növekvő vízhiány hatására igen alacsony, a levélben mérttel összevethető víz- és ozmóziopotenciál értékeket mértünk az Mv 444 és szülőtörzsei gyökérzetében (5 ábra). Ebben az időszakban a talaj vízpotenciálja gyors ütemben csökkent és elérte a $-1,5$ MPa értéket. Ilyen feltételek között a gyökérben nagyfokú ozmotikus alkalmazkodás működhet.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki Dr. Szundy Tamásnak a kukorica genotípusok magvaiért és a kísérleti lehetőségek biztosításáért.

Irodalomjegyzék

- ANDA A. (2008): A kukoricaállományon belüli léghőmérséklet és légnedvesség alakulása kis vízádaggal történő öntözésnél. *Növénytermelés* **37**. 69-84.
- BOYER J.S. (1970): Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.* **46**. 233-235.
- BOYER J.S. (1996): Advances in drought tolerance in plants. *Adv. Agron.* **56**. 187-218.
- GARDNER, W.R. (1965): Dynamics of soil-water availability to plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **16**. 323-342.
- HSIAO, T.C., E. ACEVEDO, & D.W. HENDERSON (1970): Maize leaf elongation: Continuous measurements and close dependence on plant water status. *Science* **168**. 590-591.
- INGRAM K.T, BUENO F.D, NAMUCO O.S, YAMBAO E.B, BEYROUTY C.A. (1994): Rice root traits for drought resistance and their genetic variation. In: *Rice roots: nutrient and water use*. (Ed.: KIRK GILL): Intern. Rice Research Institute, Manila, Philippines
- RAJASEKARAN L.R., ASPINALL, D., JONES G.P., PALEG L.G. (2001): Stress metabolism. IX. Effect of salt stress on trigonelline accumulation in tomato. *Can. J. Plant Sci.* **81**. 487-498.
- VERMES L. (2002): A nemzeti aszálystratégia kialakulása és tartalma. In: *Ötven éves az Acta Agronomica Hungarica. Jubileumi Tudományos ülés*. (Szerk.: BARNABÁS B. et. al.). 348-354. Martonvásár.
- VÉGH K. R., Szundy T., RAJKAI K., TISCHNER T. (1998): Roots, phosphorus uptake and water use efficiency of maize genotypes. *Acta Agron. Hung.* **46**. 35-43.