



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2021. november 24.

Különböző kukoricahibridek szárazság- és só-tűrésének vizsgálata

Examination of drought and salt tolerance of different maize hybrids

Készítette: Hoppál Erzsébet, BHEEEB
Mezőgazdasági mérnök szak
Levelező tagozat
Szarvas

Témavezető: Dr. Futó Zoltán, egyetemi docens, MATE
Környezettudományi Intézet, Öntözésfejlesztési és Meliorációs
Tanszék

Szarvas

2021

Tartalomjegyzék

I. Bevezetés	3.
II. Irodalmi áttekintés	5.
2.1. A kukoricatermesztés jelentősége és helyzete	5.
2.2. A kukorica termesztése és ökológiai igénye	6.
2.3. Éghajlatigény	6.
2.4. Vízigény	7.
2.5. Talajigény	8.
2.6. Vetésváltás, elővetemény igény	8.
2.7. Talaj-előkészítés	9.
2.8. Vetés	10.
2.9. Tápanyagigény	10.
2.10. A kukorica vízigénye, öntözése	11.
2.11. A kukorica öntözési reakciója	11.
2.12. A kukoricahibridek szárazságtűrése, a szárazságstressz hatásai	12.
2.13. Betakarítás	13.
III. Anyag és módszer	14.
3.1. A kísérlet bemutatása	14.
3.2. Az öntözési kezelések bemutatása	15.
3.3. A sós kezelések ismertetése	16.
3.4. Az mérések, adatfeldolgozás módszere	16.
IV. Eredmények	18.
4.1. A kukorica növénymagasságának alakulása a kísérletben	18.
4.2. A SPAD értékek alakulása a kísérletben	22.
4.3. A levélterületi index (LAI) alakulása szárazság- és sóstressz esetén	24.
4.4. A biomassa tömeg változásai szárazság- és sóstressz hatására	26.
4.5. A kukoricahibridek gyökértömege szárazság- és sóstressz hatására	27.
4.6. A kukoricahibridek biomassa/gyökértömeg arányának változása szárazság- és sóstressz hatására	29.
4.7. A kukoricahibridek csőtömegének változása szárazság- és sóstressz hatására	31.

V. Következtetések, javaslatok	35.
VI. Összefoglalás	37.
VII. Irodalomjegyzék	39.
Mellékletek	42.

I. BEVEZETÉS

Szakedolgozatomban a vízhiány hatását, valamint a vízbőség hatását vizsgáljuk különböző kukoricahibridek fenológiai paramétereire és fotoszintetikus aktivitására. A kukorica Magyarországon az egyik legnagyobb területen termelt növény, vetésterülete mára már csak 1,0 millió hektár, de egy évtizede a vetésterülete hazánkban még megközelítette az 1,2 millió hektárt is. A kukorica terméspotenciálja és jövedelmezősége igencsak kedvező a magyar gazdák számára, azonban a klímaváltozás okozta aszályos évjáratok egyre gyakoribb előfordulásának köszönhetően az utóbbi időben a termésátlaga rendkívül ingadozó, vetésterülete pedig csökkenő. A kukorica jövedelmezősége nem csak felvásárlási árában, hanem a nagy potenciális termőképességében is rejlik. Megfelelő körülmények között a kukorica potenciális termőképessége a legnagyobb a gabonafélék között, de igényes az agrotechnikára, növényvédelemre, tápanyag ellátottságra, legfőképpen a klimatikus viszonyokra. A hazai termesztési körülmények között a kukorica termésátlagának legnagyobb korlátozó tényezője a növekedéséhez, termésképzéséhez rendelkezésre álló víz, illetve a különböző fenofázisok vízigénye. A kukorica vízigénye hasonló a búzáéhoz, a másik élvonalbeli termesztett növényünkéhez, tehát 450-550 mm-re tehető, ami nem kimondottan sok, csak a kukorica tenyészidejének legérzékenyebb időszaka (virágzás, szemtelítődés) a legszárazabb hónapjainkba esik.

Magyarországon az öntözött területek nagysága jelenleg 100 ezer hektár körül mozog, ami nem csak hogy elenyésző, de nem is mutat növekvő tendenciát az elmúlt 20 év távlatában (KSH 2019). Az öntözött területek 15-20%-át a kukorica fedi le, ami körülbelül 15-20 ezer ha tehát a kukorica területeink 1,5-2%-át öntözzük, ami nem jelentős. A problémát ezzel kapcsolatban viszont az hordozza, hogy az aszályos évjáratok gyakorisága viszont növekszik, ami egyre nagyobb kihívássá teszi a kukorica minden nemű termelésének stabilitásának megtartását.

A dolgozatom célja, hogy a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem szarvasi Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszéke által beállított kísérlethez csatlakozzam, és az ott mért eredményeimet feldolgozzam és részletesen elemezzem. A szárazságstressz hatása nagyban befolyásolja a kukorica termésátlagát, ezért is lett számomra érdekes a kísérlet. Ha különböző hibridekkel stabilabbá tudjuk tenni a kukorica termésátlagait egy aszályosabb évjáratban is, az növelhetné a termésbiztonságot, ami a mai klímaváltozással terhelt világban egy erős értéké válhat. A kutatás öt magyarországi nemesítésű kukoricahibrid szárazságtűrését és öntözési reakcióját kutatja. A kísérletben a sótűrést is vizsgáljuk, amellyel a rosszabb adottságú termőhelyekre keresünk megfelelő hibrideket. A kutatásban olyan hibridek

szerepelnek, amelyek érzékenyek a vízhiány okozta stresszre, illetve a kísérletben vizsgálunk olyan hibrideket is, amelyek a nemesítő információi szerint szárazságtűrők. A hazai mezőgazdasági termelés egyre gyakrabban szembesül a száraz klíma okozta problémákkal, amelynek egyik megoldása lehet, ha ismerjük a hibridek szárazságstresszre adott válaszreakcióit és öntözési reakciójukat.

A téma jelentősége abban rejlik, hogy a hibridek és a szántóföldi öntözés/vízgazdálkodás eredményeit tovább lehet pontosítani, így a hibridekre és a talaj tulajdonságaira adaptált hibrid- és talajspecifikus öntözés válik elérhetővé.

II. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukoricatermesztés jelentősége és helyzete

A kukorica (*Zea mays* L.) az emberiség számára a legfontosabb szántóföldi termesztett növényünk. Ilyen volumenű növény még a búza (*Triticum* spp.) és a rizs (*Oryza sativa* L.). Ezt a kiemelkedő jelentőségét a sokirányú hasznosíthatóságának és kitűnő alkalmazkodóképességének is köszönheti. Felhasználását tekintve takarmányozásban, élelmiszerellátásban és ipari termékek előállításában (bioetanol, invertercukor stb.) egyaránt fontos szerepet tölt be. A világon megtermelt kukorica mennyisége az elmúlt években meghaladta a 700 millió tonnát (Keszthelyi, 2016).

Antal (2005) szerint a világon a kukorica vetésterülete 140 millió ha és a termésátlaga megközelítőleg 4,3 t/ha. A legnagyobb termesztője a kukoricának az USA, közel 30 millió ha-on 9 t/ha feletti termésátlaggal. Európában Olaszország 1,1 millió hektáron 11 t/ha körül termel, míg Franciaország 1,7-1,8 millió hektáron 10 t/ha termésátlagot ér el. Jelenleg a világon 190 millió hektáron termesztjük. Magyarországon a vetésterülete 1,2 millió hektár körülire tehető és 5,5-6 t/ha körüli a kihozatala. A Magyarországi kukorica termesztés fejlődése az 1980-as évekig rendkívül dinamikus, 1970-től meglehetősen növekedett a kemikáliák felhasználása, műszaki és technikai háttér és korszerű biológiai alapok (hibridek) kerültek termesztésbe és nőtt a szakértelem is amiknek köszönhetően kukoricatermesztésünk a világ élvonalába tartozott. Ebben az időben a genetikai előre haladásunk 1960-1980 között 151,5 kg/ha míg Amerikában ugyanakkor csupán 124,0 kg/ha. Világviszonylatban harmadikok voltunk hektáronkénti termésátlagban az USA és Franciaország mögött. Az évenkénti termésszázadosunk csak 10-20% volt, napjainkban pedig 40-50%-ot is meghaladja.

A kukorica közvetlen emberi fogyasztásra való alkalmasságát nagy energiatartalma és jó emészthetősége indokolja, ide tartozik a csemegekukorica és a pattogatni való kukorica. A kukorica ipari felhasználása is igen széleskörű, mely napjainkban egyre sokoldalúbbá vált. Étolajat, cukrot, finomszeszt és egyéb készítményeket állítanak elő kukoricából, melyeket nagyrészt az élelmiszer, gyógyszer és a textilipar használ fel. A kukorica takarmányozási célból történő hasznosítása a legelterjedtebb hazánkban. Magyarországon a felhasznált abraktakarmányok 65-70%-a kukorica. Az abraktakarmányokban elsősorban, mint energiaforrás szerepel (Radics, 2003).

Jelenleg a kukoricát a világ különböző részein igen változatosan használják fel. A fejlődő országok lakosai a mai napig leginkább közvetlen táplálékként hasznosítják, míg a fejlett országok már inkább az állatállomány takarmányozására használják fel. A takarmányozási cél mellett egyre nagyobb teret kap az ipari felhasználás is, mivel több célú és rengetegféle termék

alapanyaga lehet. A világon nagyjából 4000 különféle termék előállításához használnak fel kukoricát (Nagy, 2007).

A kutatók szerint a kukorica géncentruma a mai Peru területén található, de a vélemények megoszlanak és sokak szerint a pontos hely mára nem meghatározható. Az azonban biztos, hogy a kukorica Dél-Amerikából került át először Észak-Amerikába, később Európába. Magyarországra (Jolánkai, 2005) kereskedők által jutott Itália és Törökország felől, valamikor az 1500-as évek végén.

2.2. A kukorica termesztése és ökológiai igénye

A kukorica európaiak általi megismerése Amerika 1492-es felfedezéséhez kapcsolható, ami után átkerült Európába is. A kutatók véleménye a pontos géncentrummal kapcsolatban szélsőséges, több eltérő felfogás létezik, egyik sem elfogadott teljes mértékben. A mai kukorica közvetlen őseinek tartják a pelyvás kukoricát (*Zea mays var. tunicata*), és a pattogatni való kukoricát (*Zea mays var. microsperma*) amely a kettő kereszteződéséből jöhetett létre (Pepó és Sárvári, 2011).

Ezekben az időkben Európában a kukorica kártevői, valamint betegségei nem voltak ismertek, így termőképességét maradéktalanul kifejthette. Nyilvánvaló volt, hogy Kolumbusz egy olyan növényt adott át az európaiaknak, mely termőképességében minden egyéb akkor ismert gabonafélét túlszárnyalt (Menyhért, 1985). A kukorica származási helye Dél-Amerika trópusi vidéke, ennek megfelelően a termesztési igényei is trópusiak. Hasonlóan a többi trópusi növényhez, nem a C3-as, hanem C4-es fotoszintézisű csoportba tartozik. A csoportra jellemző, hogy meleg, száraz időben sokkal jobban teljesítenek, több szárazanyag megkötésére képesek, mint C3-as társaik (Pethő, 1998).

2.3. Éghajlatigény

A kukoricáról általánosságban tudott, hogy melegigényes növény. Ott érzi magát a legjobban, ahol a júliusi és augusztusi átlaghőmérséklet 20-25 °C fok között alakul, és éjszaka sem csökken 9 °C fok alá. Továbbá a vegetációs idő alatt a fagymentes napok száma 140 nap felett van. Vetése idején 12-15 °C fok napi átlaghőmérséklet, valamint 10-12 °C fokos talajhőmérséklet szükséges (Bocz, 1992).

A tenyészidőszak során a hibrideknek különbözik a hőösszegigénye, vagyis eltérő az érés idejük. Annak megfelelően, hogy ez a hőösszegigény mekkora és ennek eléréséhez hány napra van szükségük, különböző éréscsoportokat különböztetünk meg, melyeket FAO számmal jelölünk (Máté, 2010).

Hazánk éghajlati viszonyai főként a kelés és a címerhányás időszak hosszát befolyásolják, ami a kukorica érési idejét is behatárolja. A címerhányás utáni időszakában is megmarad a kukorica melegigényessége, kedvező számára a napfényes meleg ősz, ilyenkor az optimális hőmérséklet 24-26 °C, ami elősegíti az érést, és kedvez a szemek vízvesztésének. Az érés fázisában azonban a kukorica már kevésbé igényes a hőmérsékletre, 15-30 °C között is jól beéri (Radics, 2003).

2.4. Vízigény

A tenyészidőszak egész ideje alatt nagy vízigényű növény. Hazai viszonyaink mellett 400-700 mm csapadék már megfelelő a termesztéséhez (Ángyán, 1987).

A kukorica vízigénye 450-550 mm, ami közepesnek mondható. A napi vízfogyasztása 4,5-5,5 mm/ha. A kukorica statikai vízigénye 67-79, ami azt jelenti, hogy a talaj pórustérfogatának hány %-át tölti ki víz és hány %-át levegő. A kukorica transzspirációs együtthatója 350 l/kg, amiből azt tudjuk meg, hogy egységnyi szárazanyag előállításához mennyi vizet használ el a növény. A kukorica vízigényét és vízfelvételét több különböző tényező jellemezi. A kukorica 150-200 cm mélységből is képes felvenni a vizet. A címerhányás időszakában érkező aszály 53%-kal, míg a szemtelítődésnél végbemenő aszály 30%-kal képes csökkenteni a termést. Az elérhető maximális termésmennyiséget nemcsak a tenyészidőben lehullott csapadék, hanem az őszi-téli időszakban elraktározott csapadékmennyiség is befolyásolja. Előfordulhat, hogy a kukoricatermések nem a csapadékos évben kiemelkedőek, hanem az azt követő évben, amikor kedvező számára a hőmérséklet. A talajok akár 500 mm vizet is képesek tárolni (200 cm mélységig), aminek a fele diszponibilis víz. A fejlődés kezdetén és a szemtelítődés időszakában a legkisebb a kukorica vízfogyasztása, míg a címerhányástól a szemtelítődésig a legnagyobb (Futó és Sárvári 2015, Menyhért 1979).

Az eloszlás éven belül döntő jelentőségű. Vegetációs időszakban 270-410 mm segíti elő a megfelelő termés kialakulását. Fontos a vízmennyiség biztosítása a címerhányás időszakában, a virágzás előtt és kötődés alatt, mivel az ebben az időben fellépő aszály hőséggel párosulva akár 50 %, de még nagyobb terméskiesést is okozhat, ugyanis a növény vízszükségletének 50-60 %-át ekkor veszi fel. Kukorica elviseli a csapadék mennyiségének nagy ingadozásait. Elviseli, sőt jól hasznosítja akár az évi 1000 mm vagy az akár e fölötti mennyiséget, de csapadékmentes időszakokat is átvészeli. Kisebb hiányt még elvisel, mert a felszínhez közeli talajvízből, a talaj vízkészletéből és páralecsapódásból is hasznosítja a vizet. Vízigényét a talajból 100-130 cm mélységig ki tudja elégíteni.

Vízfogyasztása a növekedés ütemével arányosan növekszik, a vegetatív tömeg gyarapodásával egyenes arányosan. A legnagyobb mennyiségű vízre virágzástól szemek telítődéséig van szüksége. Ez az időszak júliustól augusztusig terjedő időszak. Ebben az intervallumban, sajnos hazánkban ez az optimális helyzet ritkán valósul meg, nincs meg a megfelelő mennyiségű víz utánpótlás, ami káros következményekkel jár a termés mennyiségére. Jó ellátottság esetén ezekben a hónapokban 100-100 mm csapadék esik. Magyarországi termesztés feltételei között a csapadék mennyisége a legmeghatározóbb. (Menyhért 1979)

2.5. Talajigény

Jó alkalmazkodó képességének köszönhetően más talajokon is termesztethető. Jól terem a tápanyagokban dús öntés- és homoktalajokon és a kötöttebb réti talajokon is, azonban az utóbbiakon kiemelt fontosságú a mélylazítás, mivel a kukorica kifejezetten érzékeny a talajok légjárhatóságára. A kukorica a futóhomokon, sülevényes, nyirkos, levegőtlen és sekély termőrétegű talajokon nem termesztethető gazdaságosan, ezek a talajok már meghaladják a kukorica alkalmazkodóképességének korlátait (Radics 2003).

Az összes gabonaféle közül valószínűleg a kukorica a legérzékenyebb a talajra. A kukorica magas igényeit csak a jó vízgazdálkodású, mély termőrétegű, humuszban gazdag és levegőzött talajok képesek kielégíteni. Bár gyengébb adottságú talajokon is megél, de biztonságos és magas termésre csak a legjobb kultúrállapotú talajokon (csernozjom, réti csernozjom, valamint barna erdőtalaj) számíthatunk. A talaj kémhatását tekintve 6,6–7,5 pH a legkedvezőbb számára. Akkor érzi jól magát, ha a talaj pórus szerkezete: 50 % szilárd, 25 % víz, 25 % levegő (Máté, 2010).

A kukoricáról elmondhatjuk, hogy jól alkalmazkodik a talajok eltérő tulajdonságaihoz. Ebből adódóan a kukoricát nem tartják számon a talajigényes növények között. Nagy és biztos termésének elérésében viszont a mélyrétegű, humuszban és tápanyagban gazdag közép-kötött talajok élveznek előnyt (Nagy és Megyes 2009).

2.6. Vetésváltás, elővetemény igény

Az elővetemény hatással van a gyomborítás mértékére, a kórokozók és kártevők elszaporodására. Jelentős mértékben befolyásolja az elővetemény a termesztés hatékonyságát (Nagy és Sárvári, 2005). A kukorica az előveteményre gyakorlatilag közömbös. Mivel igényes a talaj állapotára, a legjobb elővetemény számára az őszi búza. Napainkban azonban az egyre

nagyobb teret hódító fuzáriumos fertőzés elkerülése érdekében különös gondot kell fordítanunk az őszi búza előveteményben a gombás megbetegedések elleni védekezésre (Csajbók, 2012).

Sárvári (2005) szerint a kukorica jól bírja a monokultúrás termesztést is de mióta megjelent az amerikai kukorica bogár, azóta vetésváltásba kell iktatni a kukoricát, mivel a kukoricabogár lárvája jelentős kárt okoz a növényben.

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) megjelenésével a kukorica önmaga utáni termesztése azonban egy sokkal komplexebb kérdéssé vált (Kiss, és mtsai., 2005).

2.7. Talaj-előkészítés

Az elővetemény lekerülését követően tarlóhántás, majd későbbiekben a tarló ápolása. Az egyik legfontosabb eljárás az időben, valamint kellő mélységben elvégzett őszi mélyszántás. A talaj állapotának szemrevételezése alapján, ha a művelt réteg alatt olyan káros tömörödött réteget találunk, mely a talaj vízháztartását és a növény gyökerének haladását gátolja, végezzünk altalajlazítást. Tavasszal az őszi szántást mielőbb munkáljuk el, ezt követően a vetőágyat a vetést megelőző 5-6 nappal kombinátorral 10-12 cm mélyen készítsük elő (Antal, 2000; Szántosi, 1981).

A kukorica magas termésszintjének egyik fontos tényezője a jó minőségű talaj-előkészítés, amely őszi talajművelésből és tavaszi magágykészítésből és trágyázásából áll. A kukorica kedveli a légjárható talajokat ezért egy nyár végi/ őszi mélyművelésről mindenképpen gondoskodnunk kell (Hegedűs, 1984).

Megkülönböztetünk forgatásos és forgatás nélküli őszi talajművelést a kukoricánál, amit befolyásol a talajunk kultúrállapota, gyomossága, tömörödöttsége és az elővetemény. Ha szántásos ősztalajművelésről beszélünk, akkor a művelési mélységet a talajadottságaink fogják megszabni, azonban érdemes mély művelni, mivel a kukorica a mélyítő művelést is terméstöbblettel hálálja meg valamennyi termesztésre alkalmas talajtípuson. Ha forgatás nélküli őszi talajművelésről beszélünk, akkor különböző közép, illetve mélylazítókat kell használnunk. A lazító légjárhatóvá teszi a talajt a kukorica számára, megszünteti a tömörödést, eketalp réteget, amivel nagyban hozzájárul a kukorica gyökerének megfelelő fejlődéséhez. A mélyművelés által kedvező a kukorica gyökerének a fejlődése, amivel könnyedén eléri a vizet mélyebb rétegekben is, ami megmutatkozik a növény aszálytűrésében, illetve a tápanyagfelvevő képességében is (Radics et al., 2003, Birkás és Szieberth 1998)

2.8. Vetés

Vetése szemenkénti vetőgéppel történik, 70-76,2 cm-es sortávolságra. A vetés mélysége 4-7 cm között változhat a talaj szerkezetétől és nedvességtartalmától függően (Antal, 2005). Kött talajon a sekélyebb, míg laza talajon a mélyebb vetés célszerű. A csírázás megindulásához 10-12 °C-os talajhőmérséklet szükséges (Csajbók, 2012).

Berzsenyi és Lap (2001) szerint kukorica korai vetésének több előnye is ismert. A korábbi vetésidő következtében a kukorica hamarabb beárnyékolja a talajt, aminek köszönhetően kisebb lesz a gyomosodás mértéke, hamarabb érheti el a fiziológiai érettséget. Korábbi vetésidőnél a kukorica július előtt, ami a legaszályosabb hónapunk, túlesik a címerhányás időszakán, ami az egyik legérzékenyebb időszaka vízellátottság szempontjából. Még pozitív összefüggéseket találhatunk a korai vetés és a megfelelő betakarításkori szemnedvesség leadás között, illetve a termésképző elemek között is (Futó és Sárvári 2015). Az optimális vetésidő hazánkban a talajok felmelegedésétől függően április 15. és 30. között van. Az ország déli részein valamivel korábban, az északi és nyugati részekén későbbben lehet elkezdni a kukorica vetését.

2.9. Tápanyagigény

A pontos NPK igényről különböző források eltérő adatokat közölnek, de (Bocz, 1992) szerint N 25, P 13, K 22 kg/tonna körül van, kiegészülve CaO 8 és Mg 3 kg/tonnával. A különböző hatóanyagokat a kukorica eltérő mértékben veszi fel a fejlődése folyamán. Például a nitrogén igény fele és a kálium 60%-a a teljes virágzásig beépítésre kerül, míg a foszfor igény csak 40%-át, azt is leginkább a kezdeti szakaszban, a gyökérfejlődéshez.

A kukorica azon növényeink közé tartozik, amik sikeresen termesztethetők akár monokultúrásan is, mivel a tápanyaggal jól ellátott talajokon a kukorica nem a közvetlen műtrágyázásra reagál, hanem a talajban lévő mikro- és makro elem készletekre. Ha ezt a szintet magasán tudjuk tartani – magasabb szerves-, illetve műtrágya adagokkal – a kukorica sikeresen termesztethető maga után több évig is (Pepó et al. 2006).

Csathó et al. (2006) szerint a trágyázás megtervezésekor figyelembe kell venni a kijutatott szerves trágya mennyiséget több évre visszamenőleg is. A mennyiség meghatározásakor figyelembe kell venni még az elővetemény betakarítási időpontját, melléktermékének mennyiségét és pillangós növény esetében annak nitrogén megkötő képességét is.

A kukorica hibrideknek egyik legfontosabb tulajdonsága a tápanyagreakciójuk, illetve az intenzív termesztésre való alkalmasság, amit a mai korszerű hibridek többsége teljesíteni is tud. A kukorica mikro tápelemek közül, leginkább a cink, magnézium és a kén hiányára érzékeny (Füleky 1999).

2.10. A kukorica vízigénye, öntözése

A növénytermesztés sikerének kulcsa, hogy növényeinek számára a lehető legkedvezőbb életteret, termőhelyet biztosítsuk. E kedvező körülmények biztosítása érdekében különböző technológiai elemeket alkalmazunk, melyek egyike a csapadék mesterséges pótlása (Csajbók, 2004).

Gyulai és Sebestyén (2011) szerint a kukorica fejlődése szempontjából a vízellátottság tekintetében nem feltétlen a csapadék mennyisége a meghatározó, hanem annak a tenyészidő alatti elosztását tartják meghatározónak.

A termesztés során több típusú időszakot különböztethetünk meg. Kelesztő vagy vetés előtti-, magas hőmérsékelt miatti aszály elleni-, beporzást és megtermékenyülést segítő-, valamint vízleadást szabályozó öntözést. Ezen belül a talaj javításában is nagy szerepet tölt be. Ide sorolható a tápanyag gazdálkodást-, talajszerkezet-, szikesedés-, tömörödést-, kérgesedést- és felszíni erózió javítását szolgáló öntözés (Szalóki, 1989).

A kukoricának a termesztését az öntözés alkalmazásával nagyon meglehet könnyíteni és stabillá lehet alakítani. A kukorica öntözése számos újabb kukorica termesztési lehetőség jövedelmezőbbségét veti fel az egyszerű takarmány kukorica termesztésén kívül, mint például a csemegekukorica termesztés, illetve a vetőmag előállítás (Petrasovits és Balogh 1969).

A kukoricát először június végén, címerezés előtt öntözzük, ilyenkor lehet nagyobb normával öntözni, ami körülbelül 50-60 mm. Ezután 12-14 napos öntözési fordulóval 2-3-szor juttatunk ki 30-40 mm öntözővizet. A szemtelítődés időszakában már ismét nagyobb normát alkalmazunk, ami 50-60 mm-es vízádag. Magyarországon a FAO 400-500-as tenyészidőjű hibrideket öntözték korábban, mert ezek termőképessége nagyobb, mint társaiké. A várható terméstöbblet 4-5 t/ha öntözés hatására. (Futó és Sárvári, 2015)

A víz utánpótlására számos öntöző berendezés létezik, de hazánkban a legelterjedtebb a lineár (frontális mozgású), a center pivot (körben járó) és a csévélődobos öntözőgép. A tenyészidőszak alatt 350 – 400 mm csapadékot használ el, melyből 100 – 200 mm-t mesterséges úton pótolnunk kell (Petr, és mtsai., 1985).

2.11. A kukorica öntözési reakciója

A szárazság terméscsökkentő hatását legegyszerűbben öntözéssel tudjuk enyhíteni. Az öntözés terméstöbbletét az évjárat jellege és az alkalmazott vetésváltás alapvetően befolyásolja. Szántóföldi kísérletek és öntözési kutatások azt bizonyítják, hogy az erősen aszályos évjáratban az öntözés terméstöbblete 8-9 t/ha az öntözetlen állomány 1-3 t/ha terméséhez viszonyítva. (Futó és Sárvári 2015)

Az árukukorica termesztésben használt hibridek mélyebben gyökereznek, mint a csemege vagy a vetőmag kukorica ezért jobban elviselik a vízhiányt (Csajbók, 2004)

2.12. A kukoricahibridek szárazságtűrése, a szárazságstressz hatásai

A kukorica a felvett vizet, szélsőségesen kedvezőtlen körülményeket leszámítva jól bírja hasznosítani. A vízigényének csúcsidőszaka július, augusztus hónapra esik, ezért a kukorica aszályérzékenysége nagy. Az ország legszárazabb területén a kukorica csak fél termésre képes vagy szélsőséges esetben szemtermést nem is hoz, mivel a csapadék gyakran 250-300 mm alatt marad. Magyarország jelentősebb kukoricatermő területen a termesztés eredménye és annak biztonsága legfőképpen a vízellátástól és annak hiányától függ. (Futó és Sárvári 2015)

Szász és Tőkei (1997) valamint Varga és Varga-Haszonits (2003) a szárazság index alapján megállapították, hogy az 1860-1900-as évek közötti időszakban a nedves és a száraz évjáratok előfordulási aránya megegyezett (22,5%), az átlagos évjáratok az évek több mint felére (55%) voltak jellemzőek, míg az 1980-2000-es évek közötti periódusban az aszályos évjáratok aránya lényegesen nőtt (52,6%) az átlagos évjáratok rovására (26,3%). Ezek a változások jelentős hatást gyakorolnak a kukorica életjelenségeire. Az aszályos évek előfordulása egyre gyakoribbá válik és egyre nagyobb szerepet tölt be a mezőgazdaságban az aszály elleni védekezés (Nyiri, 1997).

A szárazság-stressznek különböző típusai és különböző eredményei vannak a kukorica növény növekedésére és élettani folyamataira egyaránt. A növény vegetatív részei fejlődésekor jelentkező vízhiány visszafogja a növényt a növekedésben, aminek az a negatív hatása, hogy kisebb lesz a növénytömeg, és az asszimilációs terület. A vízhiányt nem szenvedő kukorica növényállományban az 5-5,5 LAI értékig lineárisan, majd 6-7 LAI értékig egyre kisebb mértékben növekszik a hektáronkénti szemtermés. A kukorica levélfelületének nagysága és a szemtermés között is összefüggés van. A kukoricát virágzáskor súlytó szárazság-stressz járhat a legnagyobb terméseszkéntő hatással, mivel a vízhiány következtében csökken a szemek és a sorok száma is. Ilyenkor a szárazság okozta kár elérheti a 370 kg/nap-ot is. A szemtelítődéskor bekövetkező szárazság befolyásolja a szem méretét (ezer szem tömegét), illetve a szemtermés veszteség elérheti akár a 180 kg/nap-ot is (Antal 2005, Futó és Sárvári 2015).

Ha száraz körülmények között gazdálkodunk, ami a mai időjárási viszonyok között elég gyakori, akkor a termésnövelésnek az egyedüli útja a hatékonyabb vízhasznosítás, tehát a víz hiányát jól tűrő, ugyanakkor nagy terméspotenciálú fajták termesztése. A szárazságtűrésre történő nemesítés a jelleg rendkívüli összetettsége miatt egy igazán szerteágazó feladat. Az biztos, hogy számtalan kutatás folyik a szárazság-stressz kártételének vizsgálatára jelenleg,

mivel ez egy olyan mozzanata a nemesítésnek, amivel kiderül, hogy hol kell erősebbé tenni az adott növényfajt. (Futó és Sárvári 2015)

Basal (2020) szerint a szóján például nem a SPAD eredmények fognak megfelelő útmutatást nyújtani a keletkezett aszálykár felmérése során, hanem a LAI eredmények fognak megbízhatóbban szolgálni.

A szárazságtűrő/vízstressz tűrő hibridek nemesítése egy olyan korszerű feladat, ami megkönnyíti a termelést egy aszályosabb évjáratban is egyszerűen egy fajtaválasztással, illetve a fajtához igazodó öntözéssel tudunk igazán stabil és gazdaságos termelést végrehajtani, amihez a kutatási leszűrt szaktanácsadás fog előre vezetni (Futó és Sárvári 2015).

2.13. Betakarítás

Éréscsoporttól függően augusztus végétől október végéig érik. Teljes érésben 30-33% szemnedvességnél éri el a szárazanyag a maximumát. Ezek után a hibrid vízleadó képességétől függően megkezdődhet a betakarítás (Antal, 2000). A kukoricát betakarítás esetén szárítani kell. Lassan szárítható, mert átlagosan 2-3% óránkénti vízelvonást tűr el. Általában a 14-15%-os nedvességtartalmú kukoricaszemek tárolhatóak jó (Antal, 2005; Bánházi 1981).

III. Anyag és módszer

3.1. A kísérlet bemutatása

A kísérletben öt különböző kukorica hibrid szárazság- és sótűrési reakcióit vizsgáltuk, tenyészedenyes kísérletben, a külső csapadéktól elzárt, fóliaházas környezetben. A tenyészedenyekbe a kísérlet beállításakor 11 kg termőföldet mértünk, és megállapítottuk a termőtalaj főbb talajkémiai és fizikai tulajdonságait. A tenyészedeny mérete: Az edény átmérője (d) 27,5 cm, így a talaj felülete 593,7 cm².

A tenyészedenyben lévő talaj fizikai félesége: homokos vályog (Arany-féle kötöttségi száma KA =31; Leiszapolható rész - Li%=31,6, kémhatása: pH H₂O =6,54, mésztartalma: CaCO₃% = 0%

1. táblázat. A kísérletben vizsgált hibridek

Hibrid neve	Jellemző aszálytűrés a nemesítő tájékoztatása alapján
1. GKT 4486 (Lehel)	Szárazság érzékeny
2. GK SILOSTAR	Szárazság érzékeny
3. GKT 372	Szárazság tűró
4. GKT 376	Szárazság tűró
5. GKT 3385	Szárazság tűró

A kísérlet vetése: 2020.május 07-én volt, majd ezt követően a kelés: 2020. május 18-19. közt volt. A különböző adagú öntözővíz kezelések indítása (vízadag szétválasztás): 2020. június 07.-től folyamatosan történt. A kísérlet betakarítása 2020. augusztus 24.-én történt.

A növényeket a hőmérséklet és a talaj nedvességtartalma alapján öntöztük, kezdetben hetente egyszer azonos mennyiségű vízzel, majd a hőmérséklet emelkedésével növeltük az öntözések gyakoriságát. Öntözésre a Körös-holtág vizét használtuk. A különböző vízadagok szétválasztására 2020. április 27-én került sor.

A növények tápanyag ellátása tápoldattal történt az öntözések alkalmával. Minden kezelés minden növénye azonos mennyiségű tápanyagot kapott. Tápoldat készítésére kétféle vízőldható műtrágyát használtunk, kezdetben a *Péti Starter Plusz* klorid mentes komplex műtrágyát, amely 15% nitrogént (N), 30% foszfort (P₂O₅), 15% káliumot (K₂O) és 0,2% mikroelemet tartalmazott, majd a szárbaindulás kezdetétől *Volldünger Linz* alacsony klorid-tartalmú 14-7-21% NPK és 1% mikroelem tartalmú trágyát. A magnézium és vashiány elkerülése érdekében néhány alkalommal *Mikromix A* oldatot is kaptak, amely magnézium-

szulfátot és vaskelátot tartalmazott. A tenyészidőszak alatt kétszer kaptak *Pétisót* szilárd formában, elsősorban a N, másodsorban a Ca-ellátás megerősítése miatt.

A meteorológiai adatok közül egyedül a hőmérsékleti értékek alakulását követtük figyelemmel, hiszen a tenyészedények a külső csapadéktól elzárt környezetben voltak. A hőmérséklet a növények párologtatását és így a kiadott víz napi mennyiségét befolyásolta legjobban. Az emelkedő hőmérsékleti értékek nagyobb vízádagok kijuttatását indokolták, azonos vízellátottsági szint eléréséhez.

3.2. Az öntözési kezelések bemutatása

A kísérletben 3 vízellátottsági szintet állítottunk be. Elsőként meghatároztuk a talaj természetes vízkapacitását (VKsz), amely azt a vízmennyiséget jelentette, amelyet a talaj a gravitációval szemben vissza tud tartani. A kísérletben a következő kezeléseket állítottuk be:

- VKsz 40% (A természetes vízkapacitásig telített talaj víztartalmának 40%-a)
- VKsz 60% (A természetes vízkapacitásig telített talaj víztartalmának 60%-a)
- VKsz 80% (A természetes vízkapacitásig telített talaj víztartalmának 80%-a)

A kísérletben a tavaszi hűvösebb klímájú időszakban 2 naponta, majd a nyári melegebb időszakban naponta történt a víz kijuttatása a tenyészedényekbe. A napi kijuttatott vízmennyiséget rendszeresen lejegyeztük, amennyiben a hőmérséklet és a növényi párologtatás azt indokolta, változtattunk a napi kijuttatott vízmennyiségen. A kísérletben az összes kijuttatott víz (tisztán és tápoldattal együtt) mennyiségét a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat. A különböző kezelések során kijuttatott víz mennyisége

	VKsz 40%		VKsz 60%		VKsz 80%	
	Víz	Tápoldat	Víz	Tápoldat	Víz	Tápoldat
Összesen kijuttatott (ml):	36150	9000	47500	9000	60500	9000
Összesen kijuttatott (mm)	609	152	800	152	1019	152
Összesen (mm víz+tápoldat)	760		952		1171	
A hőmérsékleti adatok alapján számított ETP (mm)	1149		1149		1149	
Hiány (mm)	-389		-197		22	

A kísérletben a napi hőmérsékletek alapján mértük, és számoltuk a napi párolgás mennyiségét, amellyel a kezelésekben meg tudtuk tartani a különböző vízellátottsági szinteket. 2021-ben igen sok extrém meleg nap volt a kukorica tenyészidejében, ezért a számított evapotranszpiráció (ETP) értékei magasak voltak a fóliasátorban, megközelítették az 1150 mm-t. Az első kezelésben (VKsz40%) a tenyészidő alatt 389,0 mm-rel jutott ki kevesebb víz,

mint ahogyan azt a növényi párologtatás indokolta volna. A növények jelentős szárazságstressz hatás alatt voltak. A legnagyobb adagú kezelésben (VKsz 80%), a kijuttatott víz mennyisége optimális volt, fedezte az a párologtatás nagyságát (+22 mm).

3.3. A sós kezelések ismertetése

A sótűrési kísérletek alapja szintén a különböző vízellátottsági szintű kezelések (VKsz40%, VKsz 60% és VKsz 80%) beállítása volt. A különböző kukorica hibridek sótűrését az öntözővízzel adagolt Na sók kijuttatásával követtük nyomon. A sós kísérlet növényei a só kezeléseket március elejétől kapták. Az öntözések alkalmával az öntözővízben feloldva kapták meg a só keveréket, amely 3féle nátrium-sót (Na_2SO_4 , NaCl , Na_2CO_3) tartalmazott 1:1:1 arányban. Ezek a sók a természetes szikes talajokban is megtalálhatók és a talaj nedvességtartalmától függően oldódnak fel, vagy válnak ki a talajoldatban. Ebből a só keverékből adtunk 10 liter öntözővízhez 1 evőkanállal, ami 33 g volt, tehát a só kezelések alkalmával, az öntözővízzel literenként 3300 mg plusz nátrium sót kaptak a növények a kontrollhoz viszonyítva. A kísérlet során az összes kijuttatott víz (tisztán és tápoldattal együtt) mennyiségét a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat. A különböző kezelések során kijuttatott víz mennyisége(sós)

	VKsz 40%			VKsz 60%			VKsz 80%		
	Víz	Táp-oldat	Só-oldat	Víz	Táp-oldat	Só-oldat	Víz	Táp-oldat	Só-oldat
Összes (ml):	31150	9000	4750	42500	9000	4750	52500	9000	4750
Összes (mm)	525	152	80	716	152	80	884	152	80
Összesen (mm - víz+tápoldat)	756			947			1116		
A számított és mért párolgás (mm)	1149			1149			1149		
Hiány:	-393			-202			-33		

Ahogyan az a táblázat adataiból látható, a sótűrési kísérletben kicsit kevesebb víz kijuttatása történt, mert a növényállomány a sós talajban hamarabb száradt el, rövidült a tenyészidő, így csökkent a vízádag nagysága is. A vízhiány a VKsz40% szinten elérte a 393,0 mm-t, míg a VKsz80%-os szinten fedezte a kukorica hibridek vízigényét, a számított hiány mindösszesen 33,0 mm.



1. ábra. Kukorica növények különböző vízellátottsági szinteken

3.4. Az mérések, adatfeldolgozás módszere

A kísérletben a következő fenológiai paraméterek mérése történt:

- Relatív klorofill tartalom (SPAD) Konica SPAD 501 műszerrel
- Levélterület (CI-203 Handheld Laser Leaf Area Meter)
- Levélterület index (LAI m^2/m^2)
- Növénymagasság (cm)
- Levél és szártömeg (g)
- Gyökértömeg (g)
- Csőtömeg (g)

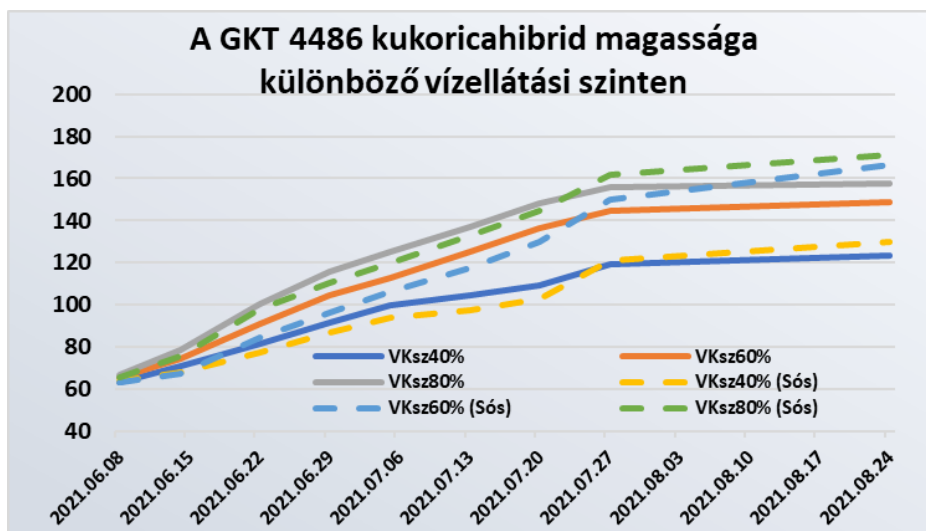
Az adatok mérése a tenyészedőben több alkalommal, két hetente történt (SPAD, növénytömeg), a fővirágzás után történt a levélterület mérése (LAI), valamint a betakarítás alkalmával történt meg a végső biomassa mérése (levél és szártömeg, gyökértömeg stb.).

Az adatok feldolgozása Microsoft Excel programmal történt, míg azok statisztikai kiértékelését SPSS for Windows 25.0 programmal végeztük el.

IV. Eredmények

4.1. A kukorica növénymagasságának alakulása a kísérletben

Elsőként a kukorica magasságát vizsgáltuk meg különböző vízellátási szinten, és sós kezelésekben. A GKT 4486 kukoricahibrid magasságát a tenyészidő függvényében az 1. ábra mutatja be.



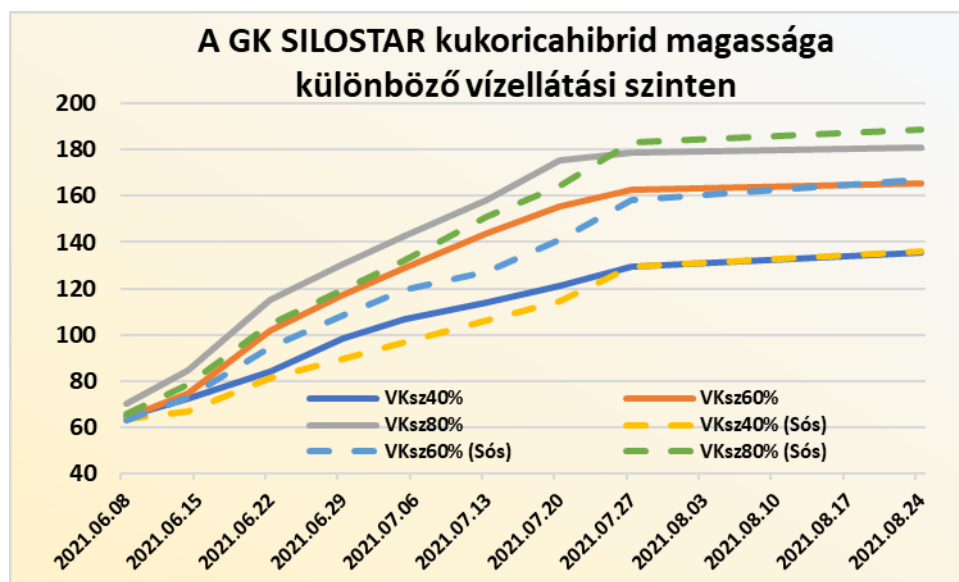
1. ábra. A GKT 4486 kukoricahibrid magasságának alakulása

A hibrid a legkisebb növekedést a VKsz40%-os vízellátás esetén érte el. A növekedésének az üteme jelentősen elmaradt a jobb vízellátási körülmények közt elért ütemtől. A növekvő vízádagok és javuló vízellátás hatására a hibrid magassága dinamikus javulást mutatott a kísérletben. A VKsz60%-os vízellátási szinten a GKT 4486 kukoricahibrid magassága a virágzás idejére mintegy 20-30 cm-el meghaladta az alacsony vízellátási szinten mért magasságokat. A legnagyobb vízádagú kezelésben (VKsz80%) a hibrid elérte a 160 cm-es magasságot a tenyészedenyben, amely igen kedvező volt, az alacsonyabb vízellátási szintekhez képest. Elvégeztük a vízellátás statisztikai elemzését is, és szignifikánsan alacsonyabb magasság alakult ki VKsz40%-os vízellátás mellett.

A különböző vízádagok hatása mellett vizsgáltuk a sótűrést is. Az öntözővíz mellett a kísérletben a szikesevést okozó Na-sók alkalmazásával modelleztük a sós termőhelyi körülményeket. A GKT 4486 kukoricahibrid minden sós kezelésben magasabbra nőtt, mint a sós kezelés nélküli vízellátási szinteken. A sós kezelésekben a magassági értékek közt nem találtunk szignifikáns különbségeket azonos vízellátási szinten. Érdekes, hogy a növények magassága 07.27-ig (virágzás közepe) alacsonyabb volt a sós kezelésekben, majd ezt követően a sós kezelésekben a növények magassága meghaladta a vizes kezelések növényeit. A jelentős

különbségek ezekben a tenyészedényekben is a különböző vízellátási szintek mellett alakult ki. A különböző vízellátási szintek hatása itt is szignifikáns különbségeket okozott.

Második vizsgált hibridünk a GK SILOSTAR volt (2. ábra). A kukoricahibrid magasságát szintén vizsgáltuk különböző vízellátási szintek és sós kezelések hatására.



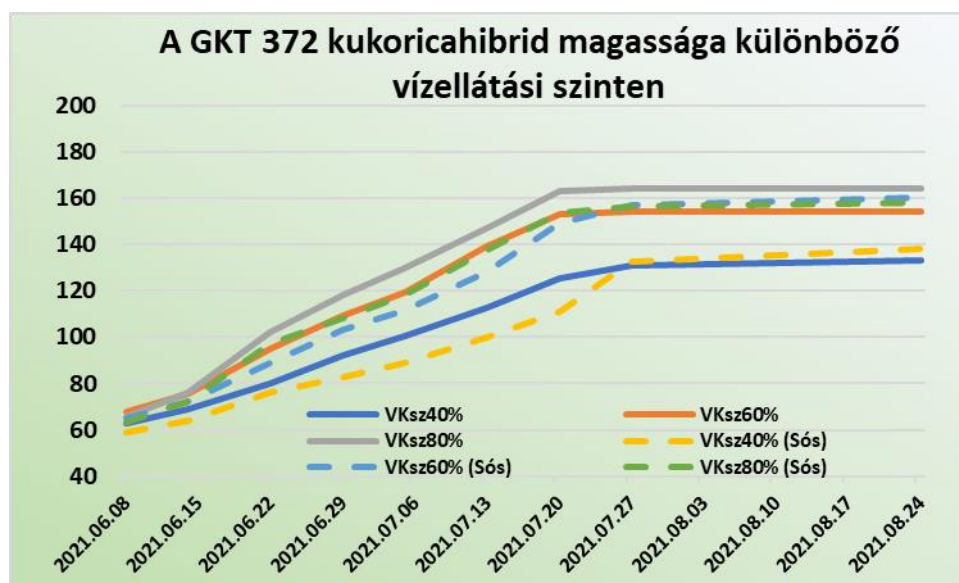
2. ábra. A GK SILOSTAR kukoricahibrid magasságának alakulása

A GK SILOSTAR a vizsgált hibridek közül a legnagyobb magasságot érte el (188 cm, VKsz80%, sós kezelés). A növekedés dinamikájában hasonló tendenciákat figyelhattunk meg ennél a hibridnél is. A legkisebb növekedést a holtvíz tartalomhoz közeli vízellátási szinten mértük (VKsz40%), ahol a növények nem érték el még a 140 cm-es magasságot sem. A sós kezelés nem okozott magasságbeli különbséget a hibridnél ezen a vízellátási szinten.

A javuló vízellátás hatására a hibrid magassága nőtt, a növények magassága meghaladta a 160 cm-es nagyságot, a növekedés mértéke a kis vízádagú kezeléshez képest szignifikáns. A sós kezelésekben a kukoricahibrid magassága a tenészedő első felében alacsonyabb volt, amely a tenészedő végére kiegyenlítődött. Ez arra utalhat, hogy a hibrid fejlődése, növekedése kezdetben a sós kezelések hatására lelassult, a végleges méretet a növények később érték el.

A legkedvezőbb vízellátási szinten VKsz80%, a kukoricahibrid magassága szintén jelentősen nőtt, meghaladta a 180 cm-es magasságot. A tenészedőben a sós és a só nélküli kezelések esetén a növénymagasság hasonlóan alakult, a tenészedő első felében a sókezelést kapott növények magassága elmaradt, majd a tenészedő második felében nagyobb lett, mint a só nélküli kezelések esetén.

A következő vizsgált kukoricaibrid a GKT 372 volt. A hibridek közül ennek a magassága közepesnek volt mondható (3. ábra).



3. ábra. A GKT 372 kukoricaibrid magasságának alakulása

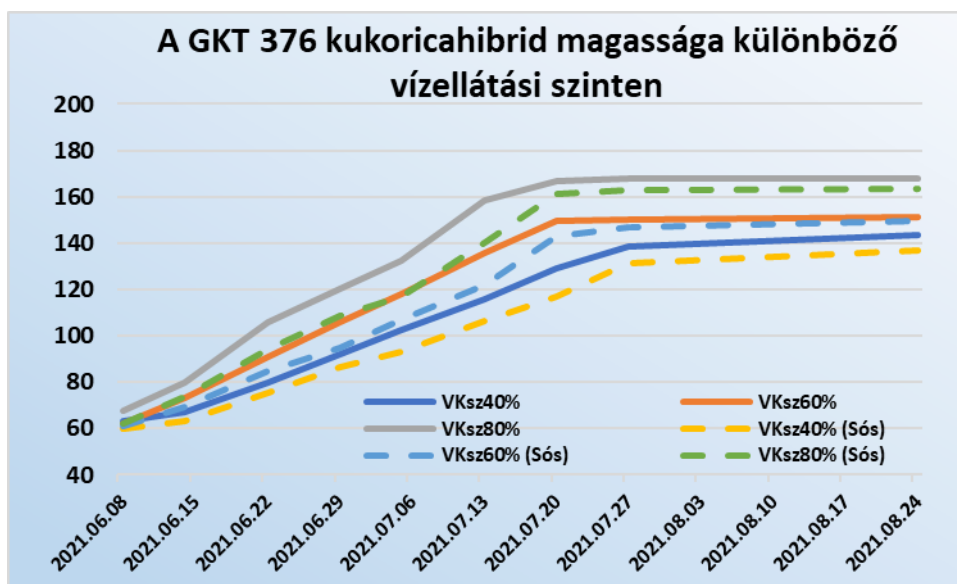
A sókezelés nélküli alacsony vízellátású kezelésekben itt is a legkisebb növénymagasságokat mértük. A növények magassága itt sem érte el a 140 cm-t. A sós kezelések jelentős hatást nem tudtak gyakorolni a növénymagasságra, a tenyészidő első és második fele itt is élesen elvált, a tendencia pedig hasonló volt, mint ez előző két ibrid esetében.

A GKT 372 kukoricaibridnél normál talajon a közepes vízellátottság mellett /VKsz 60%/ folyamatosan, egyenletesen emelkedő növekedés volt megfigyelhető. A július 27-i mérési időponttól a növekedés üteme lelassult, a virágzás után.

A nagy vízellátottságnál (VKsz80%) az intenzív növekedés kb. a megtermékenyülés időszakáig tartott, majd a növekedés jelentősen lelassult. A ibrid mérete sós talajon az alacsony és a közepes vízellátás mellett nagyobb volt, míg a ibrid magassága a VKsz80%-os vízellátás mellett elmaradt a sókezelés nélküli magasságtól. A ibridnél normál és sós talajon, azonos vízellátás mellett nincs nagy különbség.

Sós kezelések esetén a vizsgált kukoricaibrid magassága VKsz60%-os és VKsz80%-os vízellátási szinten gyakorlatilag azonos volt. A nagy vízadag hatása nem tudott érvényesülni a sós talajon, a só növekedést gátló hatása a nagy vízadag mellett érvényesült. Ez az eddigi eredményektől eltérő, de a különbség itt sem éri el a megbízhatóság határát, a különbség nem szignifikáns.

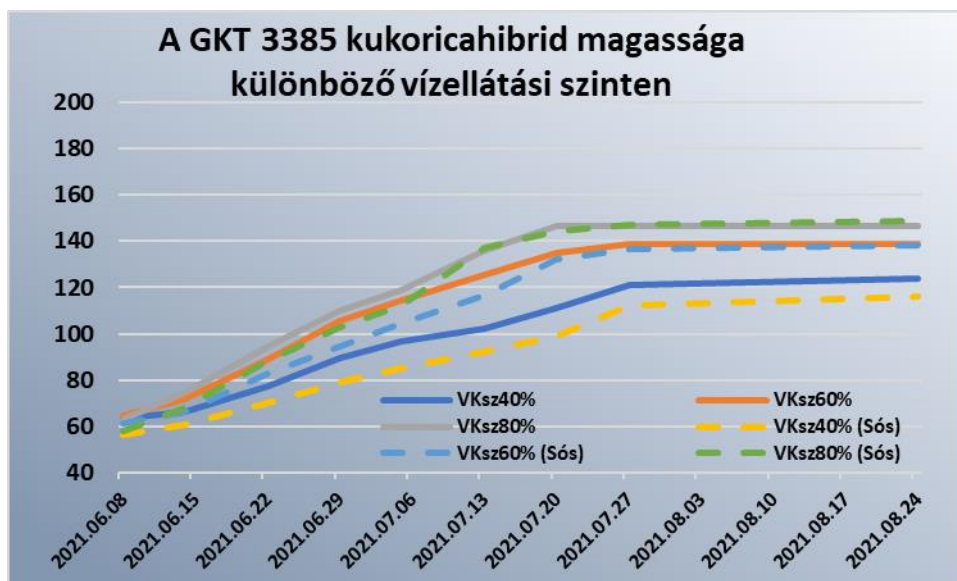
A következő hibrid a GKT 376 nevű kukorica hibrid volt. A növekedés ütemét és tendenciáját a 4. ábra mutatja be.



4. ábra. A GKT 376 kukorica hibrid magasságának alakulása

GKT 376 kukorica hibrid normál és sós talajon is hasonló magasságokat ért el azonos vízellátottság mellett. Közepes és nagy vízellátottság mellett mindkét talajon hasonló a növekedés intenzitása. A sós talajon a magasság minden vízellátási szinten kissé alacsonyabb, de a méretkülönbség itt sem szignifikáns.

Az utolsó vizsgált kukorica hibrid a GKT 3385 hibrid volt (5. ábra).



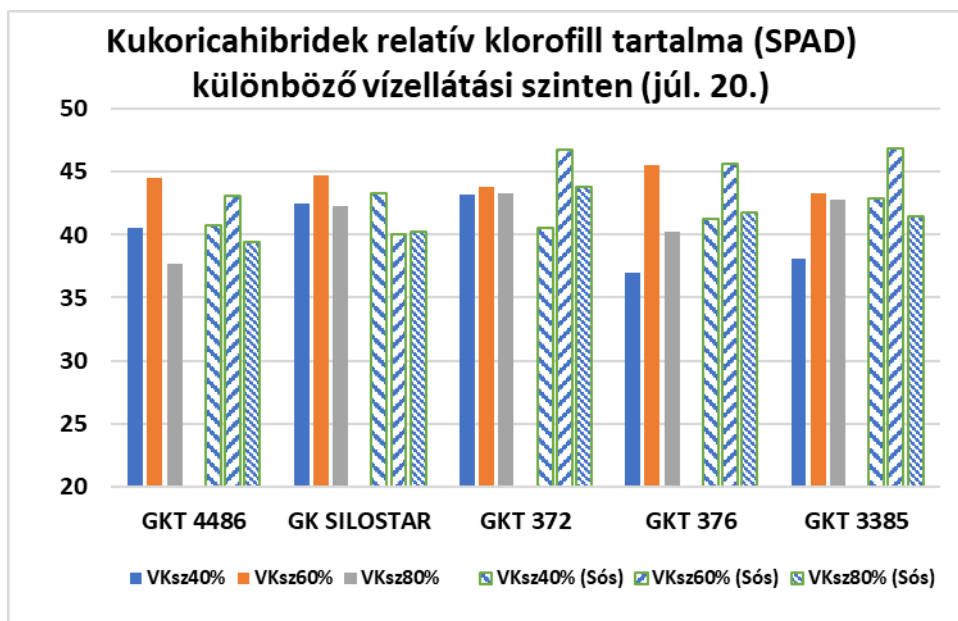
5. ábra. A GKT 3385 kukorica hibrid magasságának alakulása

A hibrid magasságában itt is a vízádagok hatására tudtunk jelentős különbségeket mérni, a sókezeléseknek, a sós talajnak a hatása a magasságokra elhanyagolható szinten maradt, statisztikailag nem tudtunk magasságbeli különbséget igazolni. Az öt vizsgált hibrid közül ez a hibrid volt a legkisebb a kísérletben, mind normál, mind pedig sós kezelések hatására.

Összességében megállapítható volt, hogy a kísérlet során valamennyi kukoricahibrid esetében hasonló magasságbeli eredményt kaptunk a kezelések hatására. Valamennyi időpontban nagyobb volt a hibridek magassága a javuló vízellátás hatására, mind normál, mind pedig sós talajon egyaránt. Megállapítottuk, hogy az összes hibrid átlagában a sós kezelések hatása sokkal kisebb volt, mint a vízellátásé, tehát a jobb vízellátottság kedvezőbben hat a kukorica magasságára is.

4.2. A SPAD értékek alakulása a kísérletben

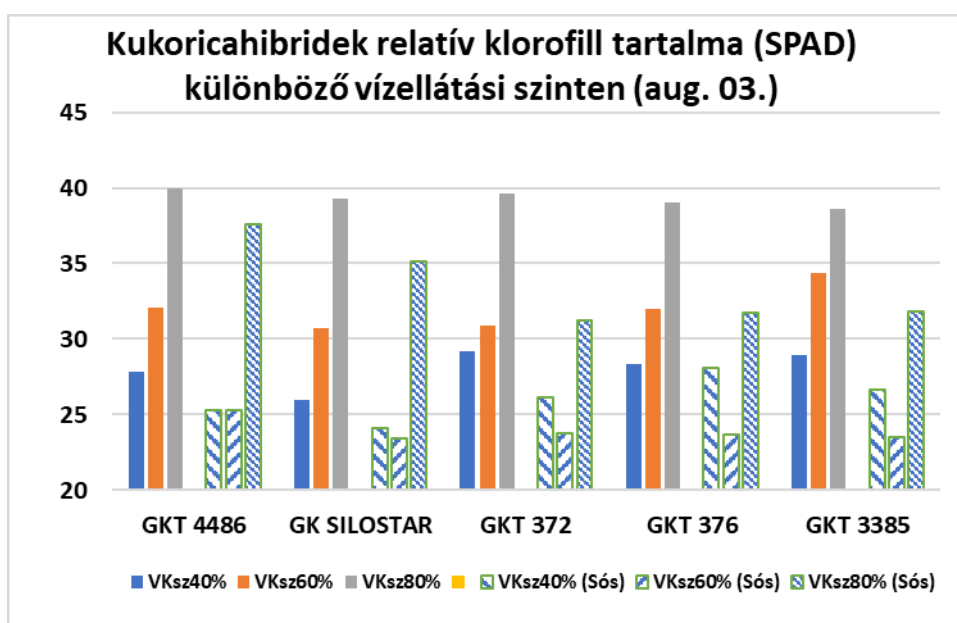
A kísérletben vizsgáltuk a kukorica csőlevelének relatív klorofill tartalmát, annak alakulását is. A klorofill tartalom nagysága jelentősen tudja befolyásolni a fotoszintézis nagyságát, melyen keresztül jelentős hatással lehet a megtermelt szervesanyag mennyiségére. A vízhiány és a sóstressz hatására olyan élettani folyamatok indulhatnak meg a növényi szövetekben, amely a klorofill tartalom csökkenésével járhat, ezt szeretnénk volna alátámasztani a SPAD érték (relatív klorofill tartalom) mérésével (6. és 7. ábra). A klorofill tartalmat 2 alkalommal, júl. 20-án és augusztus 03-án mértük.



6. ábra. Kukoricahibridek SPAD értékeinek alakulása (07.20)

Az első SPAD mérés alkalmával mind a sókezelés nélküli, mind pedig a sókezelésekkel ellátott tenyészedényekben a VKsz60%-os vízellátás adta a legnagyobb SPAD értéket. A GKT 4486 kukoricahibrid SPAD értékei mind alacsony (VKsz40%), mind pedig magas vízellátási szinten (VKsz80%) jelentősen elmaradt a közepes vízellátási szinten (VKsz60%) mért relatív klorofill tartalom értékeitől. A sókezelés nélküli vízadagoknál a GKT 376 és a GKT 3385 kukoricahibrid esetén a legkisebb relatív klorofill tartalmat a legkisebb vízadagnál (VKsz40%) kaptuk. Ez arra utal, hogy a vizsgált hibridek kedvezőtlen vízellátási körülmények közt a klorofill tartalom csökkenésével reagálnak. A GK SILOSTAR és a GKT 372 kukoricahibrid esetében nem volt jelentős különbség a mért relatív klorofill tartalomban. A SPAD értékek a közepes vízadagnál (VKsz60%) voltak a legkedvezőbbek, de a különbség nem érte el a szignifikáns határt.

Sóstressz hatására a mért SPAD értékek nem változtak lényegesen, viszont a sós körülmények hatására a különbségek a különböző vízadagok között növekedtek, a sós körülmények hatására a kukorica relatív klorofill tartalma nagyobb szórást mutatott.



7. ábra. Kukoricahibridek SPAD értékeinek alakulása (08.03)

Igen érdekes mérési eredményeket kaptunk a második mérés alkalmával (aug. 03.) amikor a növények átléptek az öregedés szakaszába. Jól megfigyelhető volt, hogy az előző méréshez képest csökkent minden hibridnél a mért SPAD érték, vagyis csökkent a levél klorofill tartalma. A mérés időpontjában azonban a vízadagok határozott, markáns különbséget okoztak a klorofill tartalomban. A legnagyobb klorofill tartalmat kivétel nélkül a legnagyobb vízadag (VKsz80%)

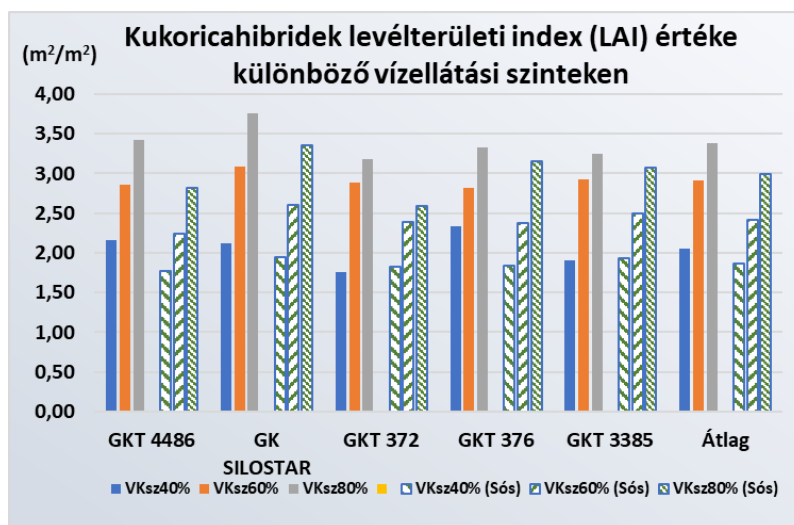
mellett mértük. Ennek oka az volt, hogy a csökkent vízellátási szintek mellett a klorofill bomlása a levélben gyorsabban és dinamikusabban zajlik, vagyis a növények öregedési folyamatai gyorsabban zajlanak le. Ez azzal jár, hogy lényegesen rövidebb idő áll rendelkezésre a hasznos fotoszintetikusan aktív periódus számára, és ez gyakran alacsonyabb klorofill tartalommal is párosul. Összességében egy rövidebb és klorofill „szegényebb” időszak áll rendelkezésre a víz- vagy sóstressznek kitett kukorica növények esetében.

Megállapítható, hogy sós talajon drasztikusan csökkent a klorofill-tartalom. A növény öregedése sós körülmények között gyorsabban következik be, vagyis a klorofill-tartalom szempontjából a kukorica nagyon érzékeny a sóra.

Az augusztus 3-i mérés kb. az érés kezdetére tehető. Megállapítható, hogy a klorofill-tartalom csökkent minden hibridnél. Legjobban VKsz40% és VKsz60% vízkapacitásnál. A legkedvezőbb vízmennyiséggel öntözve viszont a klorofill tartalom csökkenése igen csekély, ami azt eredményezi, hogy jó vízellátás mellett a sóstressz kevésbé tud érvényesülni. Az adatokból egyértelműen következik, hogy a növények a jó vízellátás mellett, öntözött körülmények között tovább maradnak zöldek, tovább fotoszintetizálnak, vagyis meghosszabbodik a kukoricahibridek tenyészideje. Ezzel szemben a csökkent vízellátás gátló tényező a fotoszintézis szempontjából, így a szerves anyag-termelés, az elérhető termésátlag szempontjából is az összes vizsgált kukoricahibridnél.

4.3. A levélterületi index (LAI) alakulása szárazság- és sóstressz esetén

A kísérletben vizsgáltuk a fotoszintézis szempontjából kiemelt jelentőségű paramétert, a levélterület nagyságát. A levélterületet az érés elején mértük, amikor már további jelentős levélnövekedés nem volt várható. A levélterületi index értékek alakulását a 8. ábrán láthatjuk.



8. ábra. Kukoricahibridek levélterületi index (LAI) értékeinek alakulása

A levélterületi index azt jelenti, hogy mekkora levélterület (m^2) van 1 m^2 termőterületen. Ezzel a területre érkező globálsugárzás hasznosítására, a területen elérhető fotoszintézis nagyságára tudunk következtetni.

A kísérletben azt tapasztaltuk, hogy egyértelmű, és statisztikailag is igazolható szignifikáns levélterület növelő hatása van a javuló vízellátásnak. A szárazság stressz egyértelműen és bizonyíthatóan csökkenti a kukorica hibridek levélterületi index (LAI) értékeit. A legnagyobb LAI értéket a GK SILOSTAR hibrid érte el, amely nem meglepő, hiszen ennek a hibridnek a fő hasznosítási iránya épp a nagy zöldtömeget igénylő szilázs, tömegtakarmány vonal.

A legnagyobb levélterület csökkenést a GK 372 és a GKT 3385 hibridek szenvedték el a holtvíz tartalom közeli alacsony vízellátási szinten (VKsz40%). Ezzel együtt viszont az is kijelenthető, hogy a legdinamikusabb növekedést is ezek a hibridek mutatták javuló vízellátás hatására. Ez a tulajdonság a hibridek kiváló öntözési reakcióját mutatja.

A GKT 376 hibrid minden vízellátási szinten magas LAI értéket mutatott, és kifejezetten kedvező LAI értéket ért el alacsony vízellátási szint (VKsz40%) mellett ($2,34 \text{ m}^2/\text{m}^2$). A javuló vízellátási körülmények ennél a hibridnél is dinamikus levélterület növekedéssel jártak. A száraz körülmények között mutatott nagy levélterületi index arra utal, hogy a vizsgált 5 kukorica hibrid közül az egyik legjobb szárazságtűréssel rendelkező hibrid.

A kukorica hibridek levélterületi index értéke a kísérletben $2,05\text{-}3,38 \text{ m}^2/\text{m}^2$ között alakultak, ami igen kedvező tenyészedenyes körülmények között.

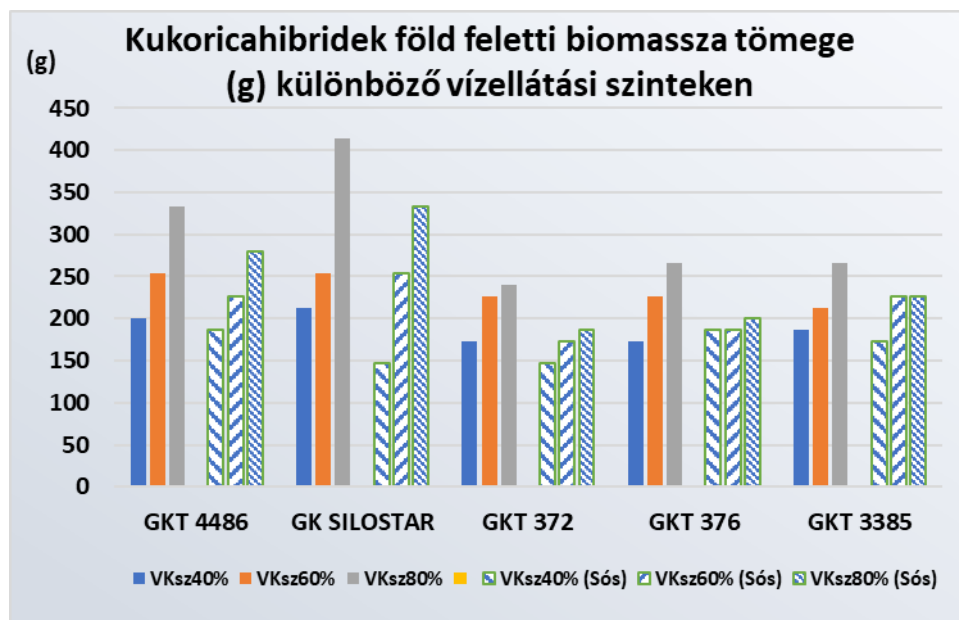
Sós körülmények közt minden kukorica hibrid esetében csökkent a levélterület. A levélterület csökkenése azonban nem minden hibrid esetében azonos. A kiváló szárazságtűréssel rendelkező GK 376 hibrid száraz körülmények között nem jól tolerálja a sót, a levélterület csökkenése drasztikusan nagy. Hasonlóan száraz körülmények között a GKT 372 és a GKT 3385 kukorica hibrid levélterülete nem csökken, még kismértékű növekedés is megfigyelhető, amely arra utal, hogy a hibridek jól tolerálják a sós talajokat, a sóstresszre kevésbé érzékenyek.

A GKT 4486 és a GK SILOSTAR hibridek a sóstressz hatására csökkent levélterülettel reagálnak, de a csökkenés nagysága, és a csökkenés jellege hasonló. A sóstresszre a vártan megfelelően reagáltak.

Sós talajokon az elért LAI értékek a hibridek átlagában $1,86\text{-}2,99 \text{ m}^2/\text{m}^2$ körül alakultak. A sóstressz hatására bekövetkező levélterület csökkenés a hibridek átlagában $0,19\text{--}0,49 \text{ m}^2/\text{m}^2$ volt a kísérletben. Ugyanez a levélterület csökkenés a szárazságstressz hatására jelentősebb, $1,13\text{--}1,33 \text{ m}^2/\text{m}^2$ volt. Kijelenthető tehát, hogy a szárazságstressz sokkal jelentősebb hatást gyakorol a levélterület csökkenésére, mint a talajok sótartalma, a sóstressz.

4.4. A biomassa tömeg változásai szárazság- és sóstressz hatására

A kísérlet során vizsgáltuk a kukorica hibridek biomassa tömegének változásait különböző vízellátási szinteken, sókezelt és sókezelés nélküli talajokon (9. ábra).



9. ábra. Kukorica hibridek biomassa tömegének (g) alakulása

A biomassa tömegek vizsgálatánál igen érdekes megállapításokat tettünk. A legszembetűnőbb változás, hogy sókezelés nélküli talajokon a vízellátás javulása egyértelműen és igazolható módon növeli a kukorica hibridek biomassa tömegét. A növekedés statisztikailag is igazolható, szignifikáns növekedést jelent. A sós talajon a biomassa tömeg egyértelmű és határozott növekedése eltűnik, egyes hibrideknél határozottan (GKT 4486, GK SILOSTAR), míg más hibridek esetében csak trend jellegű növekedést, vagy stagnáló biomassa tömegeket tudtunk mérni (GKT 372, GKT 376, GKT 3385).

Sókezelés nélküli talajokon a legnagyobb biomassa tömeget minden vízellátási szinten a GK SILOSTAR kukorica hibrid adta, amely megfelel az előzetes elvárásainknak, hiszen a hibrid egy nagy biomassa tömeget adó siló hasznosítási irányra nemesített kukorica hibrid.

A biomassa tömeg kialakításában a GKT 4486 kukorica hibrid követte a sorban a GK SILOSTAR-t, alacsony vízellátási szinteken (VKsz40% és VKsz60%) a biomassa hozama nem maradt el a GK SILOSTAR-étól, azzal teljesen azonos mennyiség jellemezte a hibrid biomassa hozamát.

A GKT 372, GKT 376, GKT 3385 kukorica hibridek biomassa tömege a kísérletben elmaradt az első két hibridétől. Ezek a hibridek kisebb szár- és levéltömeggel jellemezhető

hibridek. Ezen hibridek biomassa tömegei még jó vízellátási szinten sem érték el az első két kukoricahibrid értékeit. Ez azonban nincs szoros összefüggésben a termésátlaggal, amit a csőtömegek elemzésénél be is mutatok.

Összefoglalva kijelenthető, hogy a GKT 4486 és a GK SILOSTAR hibridek kiválóan termesztethők szilázs tömegtakarmány célra is, míg a GKT 372, GKT 376, GKT 3385 kukoricahibridek inkább szemes típusú hibridek.

A sós kezelések hatására minden kukoricahibrid esetében csökkent a biomassa tömeg, de az a hibridektől függően eltérő módon. A GKT 4486 és a GK SILOSTAR hibridek a sós talajon csökkentik biomassa tömegüket, de a vízellátás javulásával a biomassa tömegük dinamikusan és erőteljesen növekszik. Ez is megerősíti azt a megállapítást, mely szerint ezek a hibridek kiválóan alkalmazhatók tömegtakarmány célra, jó sóstressz tűrésüknek köszönhetően akár gyengébb szikes területeken is.

A GKT 376 kukoricahibrid a sókezelés hatására száraz körülmények között (VKsz40%) növekvő biomassa tömeggel reagált. Ennek a hibridnek a biomassa tömegek vizsgálata alapján is kiváló a szárazság- és sótűrése.

A GKT 372, GKT 3385 kukoricahibridek esetében a legszembetűnőbb, hogy sós talajokon a javuló vízellátásnak a pozitív hatása eltűnik, a sóstressz ezeket a genotípusokat erőteljesen korlátozza a biomassa képzésben.

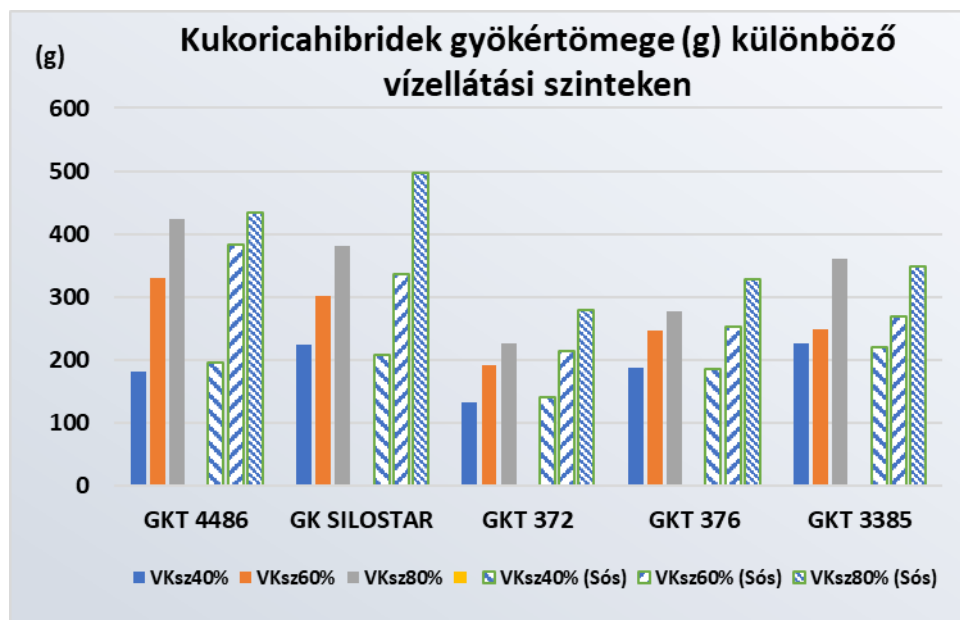
4.5. A kukoricahibridek gyökértömege szárazság- és sóstressz hatására

A növényi szervesanyag termelés kiindulópontja a víz- és tápanyagfelvétel, amelyet a kukoricahibridek csak fejlett gyökérrendszer és megfelelő felszívó felület mellett képesek akadálytalanul folytatni. A gyökértömeg jó jelzés arra, hogy a szárazság-stressz és a sóstressz hogyan csökkenti, hogyan változtatja meg a különböző kukoricahibridek gyökértömegét (10. ábra).

A gyökértömeg az a növényi fenológiai paraméter, amely a legegységesebb reakciót mutatta a szárazság-stressz hatására. A vízhiány okozta megváltozott körülmények között a hibridek gyökértömege egyértelmű, statisztikailag is igazolható csökkenést mutatott. A hibridek reakciói azonban eltérőek. A GKT 4486 és a GK SILOSTAR hibridek a biomassa tömeghez hasonlóan nagy gyökértömeget fejlesztettek. Ez a hibridek hasznosítási irányából és a jellegzetességeiből adódik. Általános fenológiai jellemző, hogy ha egy növény nagy föld feletti biomassa tömeggel rendelkezik, akkor ahhoz nagyobb méretű és tömegű gyökérrendszer is tartozik. A növények gyökér/hajtás aránya egy intervallumon belül hasonló.

A GKT 372, a GKT 376 és a GKT 3385 kukorica hibridek gyökértömege kisebb volt, jól elkülöníthetően más típusú, más felépítésű hibridekről van szó.

A különböző vízádagokra adott válaszreakciók tekintetében is jelentősen eltérnek a vizsgált kukorica hibridek. Minden hibrid esetében a legkisebb gyökértömeget a holtvíz tartalom közeli vízellátási szinten (VKsz40%) érték el a hibridek. A vizsgált hibridek közül a legkisebb gyökértömeget a GKT 372 hibrid érte el. A gyökértömeg mellett azonban a hibrid föld feletti biomassa tömege is a legalacsonyabb volt, annak alacsonyabb volt a párologtatása is, így nem lehet egyértelműen kijelenteni azt, hogy ez az alacsony gyökértömeg hátráltatta volna a növényt a szervesanyag képzésben. Ezt a csőtömeget vizsgálatánál lehet majd nyomon követni.



10. ábra. Kukorica hibridek gyökértömegének (g) alakulása

A vizsgált kukorica hibridek közül a GKT 376 hibrid hasonló tulajdonságokkal rendelkezett, a legkisebb vízádagnál kisebb gyökértömeggel, de ehhez arányaiban egy kisebb biomassa tömeg társult, amely kiegyenlített fejlődést biztosított a hibrid számára. A legnagyobb gyökértömeget a GK SILOSTAR hibrid érte el, de ezzel együtt a biomassa tömege is a legnagyobb volt a hibridnek, amely igen jelentős párologási felületként érzékennyé tette a hibridet a vízellátásra, amely a csőtömegeknél be is igazolódott. A nagy gyökértömeg ellenére ezért a hibrid a szárazságra érzékeny hibridek közé sorolható.

A javuló vízellátási szinteken (VKsz60% és VKsz80%) a gyökértömegek jelentős növekedését figyelhettük meg. A hibridek típusai közötti különbségek továbbra is megmaradtak, de a gyökértömegek a biomassa tömegekhez hasonlóan növekedtek. A kapott

eredmények alapján egyértelműen megállapítottuk, hogy a gyökértömeg önmagában nem jó indikátora, jelzője egy-egy hibrid szárazságtűrésének. A gyökértömegeket a szár/levél, vagyis a párolgásért, szervesanyag termelésért felelős növényi részek arányában kell vizsgálni, az sokkal jobban megmutatja a hibridek valódi reakcióit a víz mennyiség változására.

Természetesen a legnagyobb gyökértömeg a legjobb vízellátás mellett (VKsz80%) szinten alakult ki, amely lehetővé tette a nagy víz és tápanyag felvételt, és ez igen szoros összefüggésben volt a növények későbbi termés nagyságával. Azt azonban megfigyelhetjük, hogy nem a legnagyobb gyökértömeget adó kezelésben értük el később a legnagyobb csőtömegeket, tehát a termés kialakításában a jobb vízellátási szinteken is a biomassza/gyökér arány lesz a jelentősebb hatású.

A sókezelések hatására a gyökértömegekben a változás minimális, és sokszor nem negatív, hanem pozitív irányú. Tudjuk azt, hogy sós talajokon a talajoldat töménysége, a talajoldat sókoncentrációja megnő, ezért abból a víz- és tápanyagfelvétel a növény számára nehezebb. A kísérlet során érdekes volt megfigyelni azt, hogy a kukoricahibridek a nehezebb felvételi körülmények között nagyobb gyökértömeggel, nagyobb felszívófelület kialakításával próbálták kompenzálni a sós körülményeket. A gyökértömegek között statisztikailag is igazolható különbség nem alakult ki, de trend jelleggel szinte minden sós kezelésben növekvő gyökértömegeket mértünk.

4.6. A kukoricahibridek biomassza/gyökértömeg arányának változása szárazság- és sóstressz hatására

Ahogy az az előző fejezetben is jól látható volt, a gyökértömeg csak a biomassza tömeggel együtt értékelve ad megfelelő választ arra, hogy az egyes vizsgált kukoricahibridek hogyan változtatják meg élettani folyamataikat víz- és sóstressz hatására. Ezért a kísérletben mért biomassza tömeg és gyökértömeg adatokból képeztünk egy hányadost (biomassza tömeg/gyökértömeg), amely megmutatja a két növényi rész egymáshoz viszonyított arányát, mutatja a párolgás/vízfelvétel arányának alakulását különböző vízádagú kezeléseknél (4. táblázat).

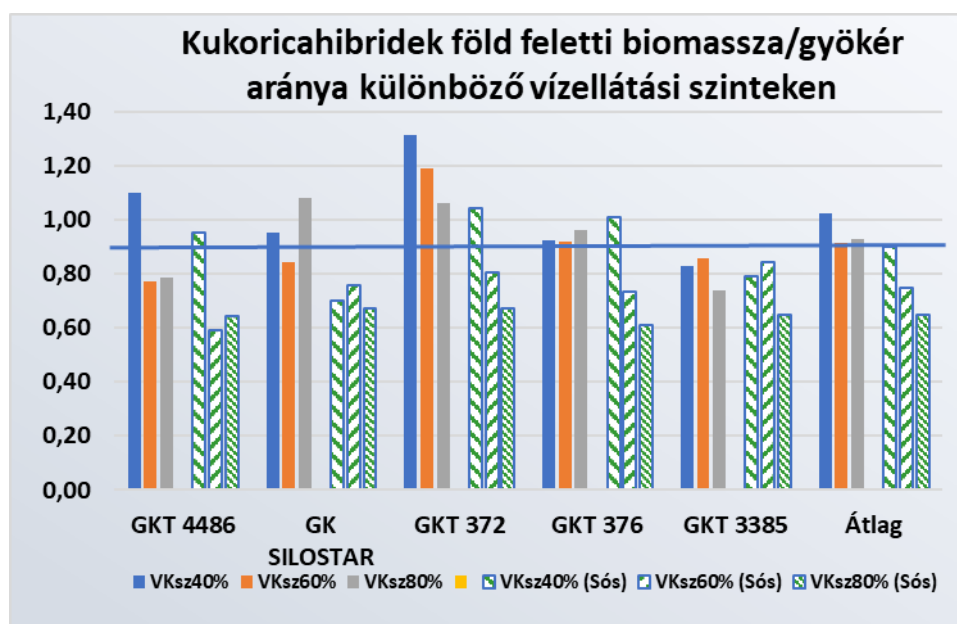
A hányados a következő összefüggésekre ad magyarázatot. A gyökértömeg és a biomassza tömeg is erőteljesen csökken szárazságstressz hatására, de a csökkenés mértéke nem azonos. A vízádagok csökkenésével a hibridek átlagában azt tapasztaljuk, hogy a biomassza/gyökértömeg mutató a javuló vízellátás hatására folyamatosan csökken (1,022-0,926 értékre). Ez azt jelenti, hogy a csökkenő vízádag a gyökértömeget jobban csökkenti, mint a föld feletti biomassza tömeget, amely arányaiban jobban párologtat fokozva ezzel a növény vízháztartásának

felborulását, de az arányaiban nagyobb fotoszintetikus aktivitás növekvő szervesanyag termelést is eredményezhet. A javuló vízellátás mellett a gyökértömeg arányaiban jobban nő, a biomassza/gyökértömeg arány átfordul a gyökértömeg javára, vagyis a nagyobb gyökértömeg a föld feletti növényi részeket jobban képes vízzel ellátni, javítva ezzel a növény vízháztartását.

4. táblázat A kukorica hibridek biomassza/gyökértömeg aránya különböző kezelésekben

Különböző vízáradat kezeléseiben kialakult biomassza/gyökértömeg arány (normál talajon)						
	GKT 4486	GK SILOSTAR	GKT 372	GKT 376	GKT 3385	Átlag
VKsz40%	1,100534	0,949893	1,312402	0,921561	0,827851	1,022
VKsz60%	0,769472	0,841742	1,18798	0,920362	0,857759	0,915
VKsz80%	0,785941	1,082298	1,060852	0,960511	0,739891	0,926
Különböző vízáradat kezeléseiben kialakult biomassza/gyökértömeg arány (sós talajon)						
VKsz40% (Sós)	0,949764	0,701754	1,04078	1,008264	0,789038	0,898
VKsz60% (Sós)	0,591701	0,755219	0,806752	0,735487	0,842053	0,746
VKsz80% (Sós)	0,644449	0,670916	0,669985	0,610811	0,649946	0,649

A hibridek egyedi reakcióiban természetesen jelentős különbségek lehetnek. Minden hibrid eltérő módon csökkenti stresszhelyzetben a gyökér és biomassza tömegét. A gyökér és a föld feletti növényi részek aránya azért fontos, mert annak megfelelő aránya biztosítja a kiegyensúlyozott növényi termelést, a zavartalan szervesanyag termelést. Ha a stressz hatására a növényi részek bármelyike aránytalanul csökken, az zavart okoz a növényélettani folyamatokban, ami a termés csökkenéséhez vezethet.



11. ábra. Kukorica hibridek biomassza/gyökértömeg (g) arányának alakulása

A kísérlet során a biomassza/gyökértömeg arány vizsgálatakor megnéztük, hogy azonos vízellátási szinten milyen értékek a legnagyobbak, és ahhoz milyen csőtömeg tartozik (12. ábra). A legkisebb vízadag esetén (VKsz40%) a sókezelés nélküli közegben a legnagyobb hányados a GKT 372 hibridnél alakult ki, amely ezen a vízellátási szinten a legnagyobb csőtermést adta. A közepes vízellátási szinten (VKsz60%) szintén a GKT 372 hibridnél volt a legmagasabb az arány, és a csőtömegek közül is magas szinten teljesített. Ezen a vízellátási szinten 4 hibrid csőtömege között nem volt igazolható szignifikáns különbség. A legjobb vízellátás mellett (VKsz80%) a GK SILOSTAR hibridnél volt a legnagyobb a biomassza/gyökértömeg arány, és a csőtömegek közül is a hibrid végzett az első helyen. Ez utalhat arra, hogy a kukoricahibridek biomassza/gyökértömeg aránya jó indikátora lehet a növény szárazságstressz érzékenységének leírására is. Azok a hibridek, amelyek kifejezetten száraz körülmények között jól reagálnak, azok a szárazságot jobban elviselik, jobb alkalmazkodó képességűek.

Sós talajon a biomassza/gyökértömeg arány vizsgálatánál alacsony vízellátási szinten (VKsz40%), két hibrid a GKT 372 és a GKT 376 hibridek aránya volt a legnagyobb. Ezt összehasonlítva a kialakult csőtömegekkel szintén azt tapasztaltuk, hogy ezen a vízellátási szinten ezeknek a hibrideknek volt a legnagyobb csőtermésük, a legjobban tudtak alkalmazkodni a szárazság- és sóstressz okozta körülményekhez.

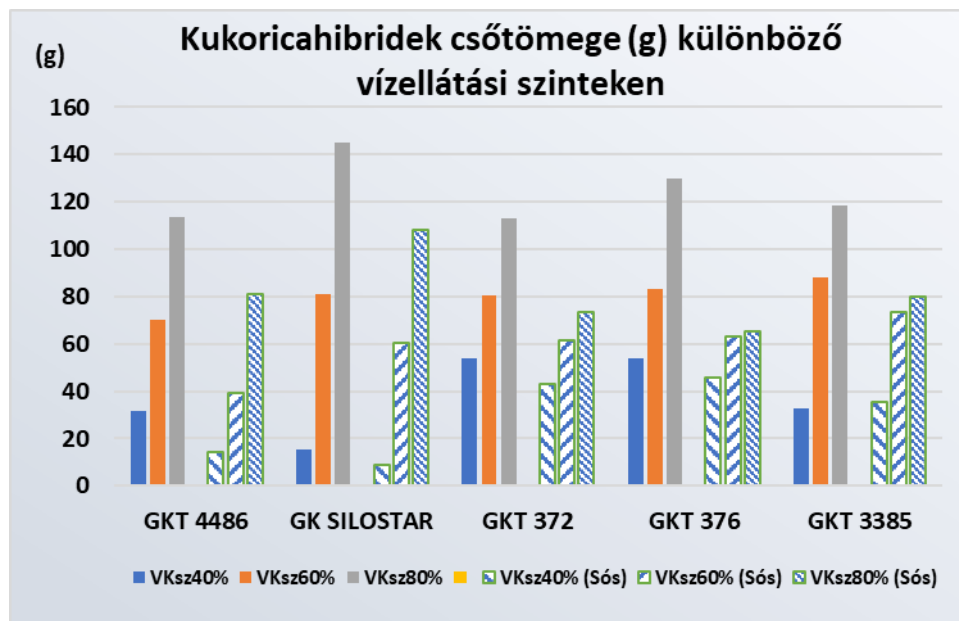
Közepes vízellátási szinten (VKsz60%), sós talajon a biomassza/gyökértömeg hányados a GKT 3385 hibrid esetében volt a legnagyobb, ami szintén a legjobb csőtömeeggel társult a kísérlet során.

A legjobb vízellátási szinten (VKsz80%), sós talajon a legjobb értéket a GK SILOSTAR érte el, de a hányadosok között lényeges különbség nem alakult ki, azok közel azonosak, ugyanúgy mint a kialakult csőtömegek is, azok között nincs igazolható különbség, közel azonosak a kísérlet során.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a szárazságstressz és sóstressz vizsgálatára alkalmas lehet a biomassza/gyökértömeg arány elemzése, de az egy éves adatokból hosszútávú, messzemenő következtetések levonására nincs lehetőség, célszerű a kísérlet további folytatása ezen szempontok alapján.

4.7. A kukoricahibridek csőtömegének változása szárazság- és sóstressz hatására

A kísérlet során vizsgáltuk a szárazságstressz és sóstressz körülményei között kialakult csőtömegeket, a termés nagyságát (12. ábra). A termések nagyságát a hibridek egyedi reakciói és a különböző vízellátási szintek és sókezelések függvényében elemeztük.



12. ábra. Kukoricahibridek csőtömegének (g) alakulása

Az eredményekből jól látható, hogy a sókezelés nélküli talajon száraz körülmények között (VKsz40%) két hibrid teljesítménye kiugró. A GKT 372 és a GKT 376 kukoricahibridek ilyen körülmények között közel 65%-kal adtak magasabb csőtömeget az utánuk következő GKT 3385 és GKT 4486 hibridekétől, illetve több mint 3,5-szörös csőtömeget értek el a GK SILOSTAR hibridhez képest. Ez alapján és az előzetes elemzések alapján kijelenthető, hogy a legjobb szárazságtűréssel, sótlan termőhelyeken a GKT 372 és a GKT 376 kukoricahibridek rendelkeznek. A legérzékenyebb hibrid a GK SILOSTAR volt, amely száraz körülmények között a csőtömegét drasztikus mértékben csökkentette.

A másik fontos vizsgált tulajdonság, hogy a kukoricahibridek hogyan reagálnak a javuló vízellátási feltételekre, milyen az „öntözési reakciójuk”. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a GK SILOSTAR és a GKT 376 kukoricahibridek azok, amelyek a jó vízellátási körülmények között kiemelkedő csőhozam elérésére voltak képesek. Ezek azok a hibridek, amelyek igen jól tudják hasznosítani a vizet, ha az megfelelő szinten rendelkezésre áll. Ennek megfelelően kijelenthető, hogy a vizsgálataink alapján a GK SILOSTAR egy kifejezetten jó öntözési reakcióval rendelkező, de szárazságra érzékeny típusú kukoricahibrid, míg a GKT 376 egy kiváló öntözési reakcióval és mellette jó szárazságtűréssel is rendelkező kukoricahibrid. Ezen vizsgálatok mutatják azt, hogy a hibridek között lényeges különbség lehet a vízfelhasználás/hasznosítás területén is, így a hibridek között kialakíthatunk hibridspecifikus öntözési technológiákat, illetve megismerhetjük a hibridek egyedi öntözési, vagy épp szárazságtűrési reakcióit is.

A hibridek vizsgálatát megtettük sós talajon is, ahol a különböző vízellátási szintek közt mértük a vizsgált kukoricahibridek csőtömegét, termésének nagyságát.

A sós körülmények között száraz talajon (VKsz40%) mért csőtömegek tekintetében szintén a GKT 372 és GKT 376 kukoricahibridek voltak kiemelkedő csőtömeggel jellemezhetőek. A vizsgálatban egyértelműen látható volt, hogy a sós talajokon minden hibridnél csökkent a csőtömeg, de a csökkenés mértéke igen változó volt. A legnagyobb arányú csőtömeg csökkenést a sós kezelések hatására a GKT 4486 kukoricahibridnél volt, ami azt mutatja, hogy a sóstresszre ez a hibrid a legérzékenyebb, míg a legkevésbé reagált a sós talajokra a GKT 3385 kukoricahibrid, amely száraz körülmények között még egy kicsivel nagyobb csőtömeget is tudott képezni, vagyis a sós körülmények nem okoztak számára élettani stresszt. A többi vizsgált kukoricahibrid sóstressz érzékenysége átlagosnak mondható.

Igen érdekes eredményeket kaptunk sós talajon az emelkedő vízadagok hatására. A talajban növekvő víz mennyisége növekvő oldott mennyiségű sóval jár együtt, amire a vizsgált kukoricahibridek eltérő módon reagáltak, eltérő módon tudtak alkalmazkodni.

Igen szembetűnő, hogy közepes vízellátási szinten (VKsz60%) a csőtömegek csökkenése erőteljesebb, mint az a száraz körülmények között volt. A GKT 3385 hibrid itt is a legkisebb mértékben csökkentette a csőtömegét (17%-kal), vagyis közepes vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajokon még mindig elfogadható, jó sótűrővel rendelkezik. A többi vizsgált hibrid közepes sótűrővel jellemezhető ezen vízellátási szinten, a sóstressz hatására a termésük 24-26%-kal csökkent a normál talajon elért terméseredményeikhez képest. A legnagyobb arányú termés-csökkenést ezen a vízadagon is a GKT 4486 hibrid érte el, a csőtömeg csökkenés mértéke 44% volt a kísérletben.

A legérdekesebb reakciókat a vizsgált kukoricahibridek a jó vízellátási körülmények (VKsz80%) között mutatták. Ennek oka valószínűleg az, hogy ilyen vízellátási körülmények között a talajoldatban folyamatosan sok oldott só található, amely akadályozza az ozmotikus víz és tápanyagfelvételt. A hibridek közül kettő a GKT 4486 és a GK SILOSTAR hibridek a nagy vízadag mellett sós körülmények között is jelentősen tudták növelni a csőtömegüket az előző vízellátási szinthez képest, míg a GKT 372, a GKT 376 és a GKT 3385 hibridek csőtömege csak nagyon kismértékben tudott tovább növekedni a javuló vízellátás hatására szikes talajon. A GKT 4486 és GK SILOSTAR hibridek csőtömegének csökkenése a normál talajon mért csőtömeghez képest mindössze 29% és 26% volt. A legjobb vízellátás mellett sós talajon éppen ezért ezek a hibridek érték el a legjobb terméseredményeket.

Ezzel szemben a GKT 372, a GKT 376 és a GKT 3385 hibridek csőtömege a normál talajon elért eredményekhez viszonyítva igen jelentős, 45%, 50% és 43% volt a kísérletben.

A jó vízellátási körülmények közt kialakuló magas oldott sótartalom megváltoztatta a hibridek egyedi reakcióit is. A GKT 4486 valamint a GK SILOSTAR kukorica hibridekről elmondható, hogy öntözött körülmények közt, vagy jó csapadékú, jó vízellátottságú területeken a termesztésük még gyengén szikes környezetben is elfogadható, jó terméseredményt biztosít, míg a GKT 372, a GKT 376 és a GKT 3385 kukorica hibridek hasonlóan jó vízellátási körülmények közt az oldott sótartalomra érzékenyen reagálnak, azok termesztését olyan talajokon nem javasoljuk öntözött körülmények között.

V. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Megállapítható volt, hogy a kísérlet során valamennyi kukoricaibrid esetében hasonló magasságbeli eredményt kaptunk a kezelések hatására. Valamennyi időpontban nagyobb volt a hibridek magassága a javuló vízellátás hatására (VKsz60% és VKsz80%), mind normál, mind pedig sós (enyhén szikes) talajon egyaránt. Megállapítottuk, hogy az összes hibrid átlagában a sókezelések hatása sokkal kisebb volt, mint a vízellátásé, tehát a jobb vízellátottság kedvezőbben hat a kukorica magasságára is. A későbbiek során azt tapasztaltuk, hogy a kukoricaibridek magassága és az elért terméseredmények közt csak nagyon gyenge összefüggés van.

A SPAD értékek vizsgálatánál megállapítható volt, hogy sós talajon drasztikusan csökkent a klorofill-tartalom. A növény öregedése sós körülmények között gyorsabban következik be, vagyis a klorofill-tartalom szempontjából a kukorica nagyon érzékeny a sós talajokra.

A kísérlet eredményeiből egyértelműen következik, hogy a kukoricaibridek a jó és közepes vízellátás mellett (VKsz80% és VKsz60%), vagy öntözött körülmények között tovább maradnak zöldek, tovább fotoszintetizálnak, vagyis meghosszabbodik a kukoricaibridek tenyészideje. Ezzel szemben a csökkent vízellátás gátló tényező a fotoszintézis szempontjából, így a szerves anyag-termelés is csökken.

A kukoricaibridek levélterületi index értéke a kísérletben 2,05-3,38 m²/m² között alakultak. A kísérletben azt tapasztaltuk, hogy egyértelmű, és statisztikailag is igazolható szignifikáns levélterület növelő hatása van a javuló vízellátásnak. A szárazság stressz egyértelműen és bizonyíthatóan csökkenti a kukoricaibridek levélterületi index (LAI) értékeit.

Sós körülmények közt minden kukoricaibrid esetében csökkent a levélterület. A levélterület csökkenése azonban nem minden hibrid esetében azonos. Sós talajokon az elért LAI értékek a hibridek átlagában 1,86-2,99 m²/m² körül alakultak. A sóstressz hatására bekövetkező levélterület csökkenés a hibridek átlagában 0,19 – 0,49 m²/m² volt a kísérletben. Ugyanez a levélterület csökkenés a szárazságstressz hatására jelentősebb, 1,13 – 1,33 m²/m² volt. Kijelenthető tehát, hogy a szárazságstressz sokkal jelentősebb hatást gyakorol a levélterület csökkenésére, mint a talajok sótartalma, a sóstressz.

A sókezelés nélküli talajokon a vízellátás javulása egyértelműen és igazolható módon növeli a kukoricaibridek biomassza tömegét. A növekedés statisztikailag is igazolható, szignifikáns növekedést jelent. Megállapítottuk, hogy a GKT 4486 és a GK SILOSTAR hibridek kiválóan termesztethetők szilázs tömegtakarmány célra is, míg a GKT 372, GKT 376, GKT 3385 kukoricaibridek inkább szemes típusú hibridek, alacsonyabb biomassza tömeget

képeznek. A sós kezelések hatására minden kukoricahibrid esetében csökkent a biomassa tömeg, de az a hibridektől függően eltérő módon.

A gyökértömeg vizsgálatánál megállapítottuk, hogy a különböző vízádagokra adott válaszreakciók tekintetében is jelentősen eltérnek a vizsgált kukoricahibridek. Minden hibrid esetében a legkisebb gyökértömeget a holtvíz tartalom közeli vízellátási szinten (VKsz40%) érték el a hibridek. A javuló vízellátási szinteken (VKsz60% és VKsz80%) a gyökértömegek jelentős növekedését figyelhettük meg. A hibridek típusai közötti különbségek továbbra is megmaradtak, de a gyökértömegek a biomassa tömegekhez hasonlóan növekedtek. A kapott eredmények alapján egyértelműen megállapítottuk, hogy a gyökértömeg önmagában nem jó indikátora, jelzője egy-egy hibrid szárazságtűrésének. A gyökértömegeket a szár/levél, vagyis a párolgásért, szervesanyag termelésért felelős növényi részek arányában kell vizsgálni, az sokkal jobban megmutatja a hibridek valódi reakcióit a víz mennyiség változására.

A sókezelés nélküli talajon száraz körülmények között (VKsz40%) két hibrid teljesítménye kiugró. A GKT 372 és a GKT 376 kukoricahibridek ilyen körülmények között közel 65%-kal adtak magasabb csőtömeget az utánuk következő hibridekétől. A másik fontos vizsgált tulajdonság, hogy a kukoricahibridek hogyan reagálnak a javuló vízellátási feltételekre, milyen az „öntözési reakciójuk”. Ennek megfelelően kijelenthető, hogy a vizsgálataink alapján a GK SILOSTAR egy kifejezetten jó öntözési reakcióval rendelkező, de szárazságra érzékeny típusú kukoricahibrid, míg a GKT 376 egy kiváló öntözési reakcióval és mellette jó szárazságtűréssel is rendelkező kukoricahibrid.

A kísérletben egyértelműen látható volt, hogy a sós talajokon minden hibridnél csökkent a csőtömeg, de a csökkenés mértéke igen változó volt. El tudtunk különíteni sóstresszre érzékeny és kevésbé érzékeny genotípusokat. A legérdekesebb sóstressz reakciókat a vizsgált kukoricahibridek a jó vízellátási körülmények (VKsz80%) között mutatták. Ennek oka valószínűleg az, hogy ilyen vízellátási körülmények között a talajoldatban folyamatosan sok oldott só található, amely akadályozza az ozmotikus víz és tápanyagfelvételt. A kísérlet végső konklúziójaként meg tudtunk különböztetni szárazságstresszre és sóstresszre érzékeny és kevésbé érzékeny genotípusokat, amelyek megfelelő termőhelyi adottságok közé javasolhatók.

VI. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukorica Magyarországon az egyik legnagyobb területen termelt növény, vetésterülete mára már csak 1,0 millió hektár, de egy évtizede a vetésterülete hazánkban még megközelítette az 1,2 millió hektárt is, azonban a klímaváltozás okozta aszályos évjáratok egyre gyakoribb előfordulásának köszönhetően az utóbbi időben a termésátlaga rendkívül ingadozó, vetésterülete pedig csökkenő.

A kísérletben öt különböző kukoricaibrid szárazság- és sótűrési reakcióit vizsgáltuk, tenyészedenyes kísérletben, a külső csapadéktól elzárt, fóliaházas környezetben. A kísérletben 3 vízellátottsági szintet állítottunk be:

- VKsz 40% (A természetes vízkapacitásig telített talaj víztartalmának 40%-a)
- VKsz 60% (A természetes vízkapacitásig telített talaj víztartalmának 60%-a)
- VKsz 80% (A természetes vízkapacitásig telített talaj víztartalmának 80%-a)

2021-ben az első kezelésben (VKsz40%) a tenyészidő alatt 389,0 mm-rel jutott ki kevesebb víz, mint ahogyan azt a növényi párologtatás indokolta volna. A legnagyobb adagú kezelésben (VKsz 80%), a kijuttatott víz mennyisége optimális volt, fedezte az a párologtatás nagyságát (+22 mm).

A sótűrési kísérletek alapja szintén a különböző vízellátottsági szintű kezelések (VKsz40%, VKsz 60% és VKsz 80%) beállítása volt. A különböző kukoricaibridek sótűrését az öntözővízzel adagolt Na sók kijuttatásával követtük nyomon. Ezek a sók a természetes szikes talajokban is megtalálhatók és a talaj nedvességtartalmától függően oldódnak fel, vagy válnak ki a talajoldatban.

Az adatok mérése a tenyészidőben több alkalommal, két hetente történt (SPAD, növénymagasság), a fővirágzás után történt a levélterület mérése (LAI), valamint a betakarítás alkalmával történt meg a végső biomassza mérése (levél és szártömeg, gyökértömeg stb.).

A SPAD (relatív klorofill tartalom) 2. mérése során (aug. 03) igen érdekes mérési eredményeket kaptunk, amikor a növények átléptek az öregedés szakaszába. Jól megfigyelhető volt, hogy az előző méréshez képest csökkent minden hibridnél a mért SPAD érték, vagyis csökkent a levél klorofill tartalma. A mérés időpontjában azonban a vízádagok határozott, markáns különbséget okoztak a klorofill tartalomban. A legnagyobb klorofill tartalmat kivétel nélkül a legnagyobb vízádag (VKsz80%) mellett mértük. Ennek oka az volt, hogy a csökkent vízellátási szintek mellett a klorofill bomlása a levélben gyorsabban és dinamikusabban zajlik, vagyis a növények öregedési folyamatai gyorsabban zajlanak le. Összességében egy rövidebb és klorofill „szegényebb” időszak áll rendelkezésre a víz- vagy sóstressznek kitett kukorica növények esetében.

A kísérletben azt tapasztaltuk, hogy a szárazság stressz egyértelműen és bizonyíthatóan csökkent a kukoricahibridek levélterületi index (LAI) értékeit. A legnagyobb LAI értéket a GK SILOSTAR hibrid érte el, amely nem meglepő, hiszen ennek a hibridnek a fő hasznosítási iránya épp a nagy zöldtömeget igénylő szilázs, tömegtakarmány vonal. A legnagyobb levélterület csökkenést a GK 372 és a GKT 3385 hibridek szenvedték el a holtvíz tartalom közeli alacsony vízellátási szinten (VKsz40%).

A sóstressz hatására bekövetkező levélterület csökkenés a hibridek átlagában $0,19 - 0,49 \text{ m}^2/\text{m}^2$ volt a kísérletben. Ugyanez a levélterület csökkenés a szárazságstressz hatására jelentősebb, $1,13 - 1,33 \text{ m}^2/\text{m}^2$ volt. Kijelenthető tehát, hogy a szárazságstressz sokkal jelentősebb hatást gyakorol a levélterület csökkenésére, mint a talajok sótartalma, a sóstressz.

A biomassa tömegek vizsgálatánál a legszembetűnőbb változás, hogy sókezelés nélküli talajokon a vízellátás javulása egyértelműen és igazolható módon növeli a kukoricahibridek biomassa tömegét. A sós talajon a biomassa tömeg egyértelmű és határozott növekedése eltűnik, egyes hibrideknél határozottan (GKT 4486, GK SILOSTAR), míg más hibridek esetében csak trend jellegű növekedést, vagy stagnáló biomassa tömegeket tudunk mérni (GKT 372, GKT 376, GKT 3385).

A legnagyobb gyökértömeg a legjobb vízellátás mellett (VKsz80%) szinten alakult ki, amely lehetővé tette a nagy víz és tápanyag felvételt, és ez igen szoros összefüggésben volt a növények későbbi termés nagyságával. A sókezelések hatására a gyökértömegekben a változás minimális, és sokszor nem negatív, hanem pozitív irányú. A talajoldat sókoncentrációja megnő, ezért abból a víz- és tápanyagfelvétel a növény számára nehezebb. A kísérlet során érdekes volt megfigyelni azt, hogy a kukoricahibridek a nehezebb felvételi körülmények között nagyobb gyökértömeggel próbálták kompenzálni a sós körülményeket.

A csőtömeg vizsgálata során látható volt, hogy a sókezelés nélküli talajon száraz körülmények között (VKsz40%) két hibrid teljesítménye kiugró. A GKT 372 és a GKT 376 kukoricahibridek ilyen körülmények között közel 65%-kal adtak magasabb csőtömeget az utánuk következő GKT 3385 és GKT 4486 hibridekéthöz.

A másik fontos vizsgált tulajdonság, hogy a kukoricahibridek hogyan reagálnak a javuló vízellátási feltételekre, milyen az „öntözési reakciójuk”. Ennek megfelelően kijelenthető, hogy a vizsgálataink alapján a GK SILOSTAR egy kifejezetten jó öntözési reakcióval rendelkező, de szárazságra érzékeny típusú kukoricahibrid, míg a GKT 376 egy kiváló öntözési reakcióval és mellette jó szárazságtűrővel is rendelkező kukoricahibrid.

VII. IRODALOMJEGYZÉK

1. Ángyán, J. 1987. Agroökológiai hatások a kukorica termesztésében. Gödöllő : GATE, 1987.
2. Antal, J. 2005. Növénytermesztéstan I. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 2005.
3. Antal J. 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Budapest : Mezőgazda Kiadó, 2000.
4. Bán, R. 2006. Növénykórtan. Gödöllő : Szent István Egyetem, 2006.
5. Bánházi Gy. 1981: A kukorica betakarítása és feldolgozása. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 129. p
6. Basal O. 2020: The effects of drought stress on soybean growth, physiology and quality. Doktori Ph.D disszertáció. Debrecen.
7. Berzsenyi Z.- Lap D. Q. (2001): A vetésidő és a N- műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésére és termésstabilitására 1991-2000 között. Növénytermelés. 50. 2-3. 309-331.
8. Berzsenyi, Z. és Lap, D. Q. 2005. Responses of Maize (*Zea mays* L.) hybrids to sowing date. hely nélk. : Acta Agronomica Hungarica, 2005.
9. Birkás M. - Szieberth D. 1998: Amit a kukorica termesztésről tudni kell. AGROINFORM kiadó, Budapest, 80-93 p.
10. Bocz, E. 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Budapest : Mezőgazda kiadó, 1992.
11. Csajbók, J. 2004. A növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Debrecen : Debreceni Egyetem, 2004.
12. Csajbók J.: 2012. Kukorica. Budapest: Mezőgazda, 2012.
13. Futó Z. - Sárvári M. (2015): A kukoricatermesztés technológiájának fejlesztési lehetőségei, Szarvas 18-19.p.
14. Füleky Gy. 1999: Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 317-319. P
15. Glits M. 1997: Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest 49-93. P
16. Gyulai B.- Sebestyén E. 2011: Adalékok a kukorica trágyázásához. Agrárágazat. 12.4. 40-42.
17. Hegedűs I. (1984): Tavaszi talajművelési módok vizsgálata kukorica monokultúrában. Növénytermelés. 33.2:171-177.
18. Jolánkai, M. 2005. Növénytermesztéstan I., A növénytermesztés alapjai. 2005.
19. Jugenheimer R. W. 1976: Corn improvement, seed production and uses. John Wiley and Sons, New York-London-Sydney-Toronto

20. Keszthelyi, S. 2016. A szántóföldi növények kártevői. Budapest : Agroinform, 2016.—
. 2018. A változó klíma és termesztéstechnológia hatása a szántóföldi kultúrák kártevőire.
21. Kiss, J.; Komaromi, J.; Bayar, K.; Edwards, C.R.; Hatala-Zseller, I. 2005. Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) and the crop rotation.
22. Máté, A. 2010. Szántóföldi növénytermesztés. Gödöllő : Szent István Egyetem, 2010.
23. Menyhért Z. 1979: Kukoricáról a termelőknek. Mezőgazdasági Kiadó, 82 p.
24. Menyhért, Z. 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Budapest : Mezőgazdasági Kiadó, 1985.
25. Nagy J.- Megyes A. (2009): A kukoricatermesztés kritikus agrotechnikai elemei. Agroforum Extra. 32: 36-40.p.
26. Nagy, J. 2007. Kukorica termesztés. Budapest : Akadémia Kiadó Zrt., 2007.
27. Nagy, J. és Sárvári, M. 2005. A növénytermesztés alapjai. Budapest : Mezőgazda Kiadó, 2005.
28. Nyiri L. (1997): Az aszálykárok mérséklése. Mezőgazda Kiadó, Budapest
29. Pepó, P. és Sárvári, M. 2011. Gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem : ismeretlen szerző, 2011.
30. Pepó, P., Vad, A. és Berényi, S. 2006. Néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésmennyiségére. hely nélk. : Agroforum Extra, 2006.
31. Pethő, M. 1998. A növényélettan alapjai. Budapest : Akadémiai kiadó, 1998.
32. Petr, J., Cerny, V. és Hruska, L. 1985. A főbb szántóföldi növények termésképződése. Budapest : Mezőgazdasági kiadó, 1985.
33. Petrasovits I.- Balogh J. 1969: Növénytermesztés és vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,
34. Radics L. - Ertsey A. – Gál I. – Pusztai P. – Szemán B. 2003: Szántóföldi növénytermesztés. Szaktudás Kiadó Ház Rt, Budapest, 110 p.
35. Radics, L. 2003. Szántóföldi növénytermesztés. Budapest : Szaktudás Kiadó Ház, 2003.
36. Sárvári M. (2005): A vetésváltás jelentősége a kukoricatermesztésben. Agronapló, 2005/3:12-14.
37. Szalóki, S. 1989. A növények vízigénye, vízhasznosítása és öntözővíz-szükséglete. Budapest : Mezőgazdasági Kiadó, 1989.
38. Szántosi A. 1981: Növénytermesztési praktikum
39. Szász L.-Tőkei G. 1997: Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

40. Varga Z. – Varga-Haszonits Z. (2003): A meteorológiai viszonyok hatása a kukorica életjelenségeire. I. Agroinform Kiadó, Budapest, Növényvédelmi tanácsok. 12. 12: 18-19.

MELLÉKLETEK

1. melléklet A kísérlet alapadatai

1. Talaj

Fizikai féleség: homokos vályog (Arany-féle kötöttségi szám - $K_A = 31$; Leiszapolható rész - $Li\% = 31,6$)

Kémhatás: $pH_{H_2O} = 6,54$

Mész: $CaCO_3\% = 0$

2. Tenyészedény

A vödörbe 11 kg talaj volt töltve.

A vödör átmérője (d) 27,5 cm, így a talaj felülete $593,7 \text{ cm}^2$.

3. Hibridek

1. GKT 4486 (Lehel) Szárazság érzékeny

2. GK SILOSTAR Szárazság érzékeny

3. GKT 372 Szárazság tűrő

4. GKT 376 Szárazság tűrő

5. GKT 3385 Szárazság tűrő

4. Vetés: 2021.05.07.

5. Kelés: 2021. május 13-14.

6. Kezelés indítása (vízadag szétválasztás): 2021. június 07.

7. Kísérlet vége (betakarítás/felszámolás): 2021. augusztus 24.

8. Használt műtrágya

Péti Starter Plusz: 15-30-15 +0,2% mikroelemek, vízzoldható kloridmentes komplex műtrágya

Volldünger Linz: NPK- 14-7-21 + 1% Mg, + 1% mikroelemek, vízzoldható komplex műtrágya

Mikromix A: Vas- Magnézium tápoldat, magnézium-szulfát oldat vaskeláttal.

2. melléklet A vízellátási kísérlet mérésének alap eredményei

HIBRID VIZES		1. ismétlés					2. ismétlés					3. ismétlés				
Kezelés	2021.08.24	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
1.	Növénytömeg (kg)	0,16	0,24	0,16	0,16	0,20	0,20	0,16	0,16	0,16	0,20	0,24	0,24	0,20	0,20	0,16
	Csőtömeg (g)	26,41	15,43	66,45	53,66	50,66	29,86	18,84	48,05	51,65	36,22	37,86	12,43	46,93	56,08	11,12
	Gyökértömeg (g)	168,60	245,67	149,64	208,65	198,61	203,74	228,99	138,57	145,47	247,36	172,85	199,10	108,01	210,14	230,48
2.	Növénytömeg (kg)	0,24	0,24	0,20	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,28	0,28	0,24	0,20	0,16
	Csőtömeg (g)	52,69	69,20	80,15	85,61	94,88	85,71	101,16	86,73	87,40	89,04	71,78	72,11	74,51	76,82	79,94
	Gyökértömeg (g)	304,33	332,30	159,98	214,89	234,87	282,14	215,93	221,22	321,75	238,00	401,22	354,66	191,20	202,20	273,26
3.	Növénytömeg (kg)	0,32	0,44	0,24	0,24	0,28	0,28	0,40	0,28	0,32	0,32	0,40	0,40	0,20	0,24	0,20
	Csőtömeg (g)	123,26	157,99	125,38	116,39	134,40	111,67	138,53	121,54	158,76	117,29	105,54	138,88	91,48	114,64	103,62
	Gyökértömeg (g)	418,96	352,95	236,58	292,87	349,31	381,18	418,30	235,76	235,29	404,98	472,22	374,46	206,36	304,73	326,95
Növénytömeg = 1 növény tömege csővel együtt, gyökér nélkül!!																
Gyökértömeg = 2 növény gyökere!!																
Minták jelölése: Fajta/kezelés/ismétlés																
Fajta: 1-5.																
Kezelés: 1-3.																
Ismétlés: 1-3.																

3. melléklet A sôtürési kísérlet mérésének alap eredményei

HIBRID SÓS		1. ismétlés					2. ismétlés					3. ismétlés				
Kezelés	2021.08.24	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
1.	Növénytömeg (kg)	0,16	0,12	0,12	0,16	0,20	0,20	0,16	0,16	0,20	0,16	0,20	0,16	0,16	0,20	0,16
	Csőtömeg (g)	11,32	8,53	36,21	36,69	31,90	17,25	13,28	46,35	58,87	32,18	13,80	5,32	46,42	42,33	42,37
	Gyökértömeg (g)	172,62	189,47	152,67	142,17	225,45	217,26	224,17	129,48	179,13	195,88	199,74	213,36	140,61	234,11	237,70
2.	Növénytömeg (kg)	0,20	0,24	0,20	0,16	0,24	0,28	0,24	0,16	0,12	0,20	0,20	0,28	0,16	0,28	0,24
	Csőtömeg (g)	62,84	63,22	69,95	52,15	54,09	25,82	52,04	56,04	46,47	78,47	29,07	66,49	57,95	90,78	87,26
	Gyökértömeg (g)	327,66	321,67	197,50	235,49	260,31	443,55	386,07	208,28	241,02	219,68	378,02	298,59	238,78	284,89	327,56
3.	Növénytömeg (kg)	0,32	0,36	0,16	0,24	0,24	0,28	0,32	0,20	0,16	0,20	0,24	0,32	0,20	0,20	0,24
	Csőtömeg (g)	93,97	119,03	77,72	67,02	66,56	84,22	111,58	68,72	63,32	73,30	65,53	93,25	73,45	65,76	99,54
	Gyökértömeg (g)	430,68	475,13	222,59	304,57	355,22	446,49	644,26	299,61	301,49	332,66	426,27	371,11	313,64	376,24	358,36
Növénytömeg = 1 növény tömege csóvel együtt, gyökér nélkül!!!																
Gyökértömeg = 2 növény gyökere!!!																
Minták jelölése: Fajta/Kezelés/Ismétlés					Fajta: 1-5.											
					Kezelés: 1-3.											
					Ismétlés: 1-3.											

4. melléklet A vízellátási kísérlet növénymagasság mérésének alap eredményei

VIZES Magasság (cm)	Időpont	1. ismétlés					2. ismétlés					3. ismétlés				
		1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
1. kezelés	2021.06.08	62	66	61	60	66	63	63	66	65	62	65	65	62	64	63
	2021.06.14	68	76	68	67	70	72	71	70	68	64	73	71	69	67	65
	2021.06.22	79	87	78	80	81	83	85	82	81	75	83	80	80	79	76
	2021.06.29	86	101	89	91	97	94	100	93	92	88	94	94	94	93	83
	2021.07.05	92	110	97	102	104	105	108	102	101	94	103	103	103	104	92
	2021.07.13	95	115	108	114	110	108	115	115	116	99	111	112	115	118	97
	2021.07.20	99	120	123	126	119	112	123	127	132	108	117	121	126	130	106
	2021.07.27	103	121	134	135	123	125	130	131	142	115	130	138	128	138	125
	2021.08.24	106	122	137	140	125	129	139	133	149	118	135	145	130	141	129
2. kezelés	2021.06.08	62	64	67	61	61	66	63	70	67	66	68	66	66	59	66
	2021.06.14	75	74	75	73	69	77	75	77	78	74	72	75	75	68	72
	2021.06.22	96	101	94	93	88	88	111	96	93	91	89	93	94	87	88
	2021.06.29	110	113	109	109	105	103	127	111	106	107	100	111	108	103	104
	2021.07.05	117	125	119	120	116	112	140	120	119	115	110	122	119	115	112
	2021.07.13	126	129	142	138	130	128	161	137	131	122	122	141	138	138	125
	2021.07.20	131	134	155	145	143	139	173	151	154	130	139	159	153	150	132
	2021.07.27	140	148	156	147	147	149	175	153	154	134	145	165	153	150	136
	2021.08.24	143	154	156	149	147	152	176	153	154	134	151	167	153	150	136
3. kezelés	2021.06.08	65	68	64	64	62	67	74	67	73	65	69	68	65	66	61
	2021.06.14	78	84	73	80	76	78	88	80	82	74	79	82	75	78	74
	2021.06.22	99	119	103	103	100	101	113	102	110	91	101	113	102	104	93
	2021.06.29	116	130	120	116	115	116	131	117	128	107	115	131	117	117	108
	2021.07.05	123	145	132	126	124	126	142	129	142	117	126	141	128	130	116
	2021.07.13	130	152	148	150	134	140	162	147	161	139	141	161	146	165	135
	2021.07.20	138	169	166	158	142	156	178	165	170	150	151	179	158	173	147
	2021.07.27	145	176	168	160	142	160	181	166	170	150	162	179	158	174	147
	2021.08.24	148	180	168	160	142	162	183	166	170	150	163	179	158	174	147

5. melléklet A sótűrési kísérlet növénymagasság mérésének alap eredményei

SÓS Magasság (cm)	1.ismétlés					2.ismétlés					3.ismétlés				
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
1. kezelés	63	62	66	62	58	66	67	57	61	57	62	62	53	56	53
	68	67	70	65	62	70	69	63	64	62	66	65	59	61	58
	75	82	80	78	73	81	83	75	77	70	77	78	73	72	68
	86	89	86	89	83	89	90	83	91	79	86	89	79	79	75
	94	100	92	93	89	96	95	90	101	85	91	96	85	86	81
	97	115	107	108	95	98	98	95	115	92	97	105	98	96	89
	101	123	121	123	103	107	108	106	120	101	101	112	106	108	93
	120	141	134	134	119	128	128	126	135	119	115	120	137	125	99
	127	148	138	137	122	135	133	131	144	123	127	127	146	130	103
2. kezelés	63	67	71	63	64	64	62	62	60	63	63	60	62	60	56
	66	74	76	68	68	69	74	71	71	70	68	71	69	69	61
	81	96	92	85	86	87	94	87	88	84	85	94	87	82	78
	95	110	107	95	99	95	107	99	97	97	99	108	103	92	88
	104	122	116	111	108	107	118	108	110	109	108	118	110	100	97
	117	132	129	125	114	116	126	126	125	126	119	123	129	116	110
	129	146	152	146	127	127	144	150	151	149	134	133	146	132	120
	153	159	167	147	132	141	160	154	154	151	156	156	149	140	126
	163	162	173	147	135	161	172	156	156	152	175	168	151	145	128
3. kezelés	68	72	63	64	62	65	61	67	63	56	64	64	60	59	56
	78	83	71	76	70	75	74	76	74	69	74	78	70	72	64
	100	115	97	94	90	96	96	101	95	88	98	102	94	94	87
	113	131	106	108	103	109	111	114	110	102	110	117	105	108	104
	123	142	118	116	112	117	125	120	117	110	119	129	116	118	114
	135	168	134	136	127	133	135	137	149	145	131	150	141	135	139
	141	183	154	152	139	149	149	150	172	150	144	161	156	159	144
	158	195	155	155	139	157	180	149	172	153	170	175	165	162	150
	163	197	155	157	139	161	191	149	172	154	189	178	170	162	154

REZÜMÉ/RESUME/ÖSSZEFOGLALÓ

MATE KÖTI TDK 2021.

KÜLÖNBÖZŐ KUKORICAHIBRIDEK SZÁRAZSÁG- ÉS SÓTŰRÉSÉNEK VIZSGÁLATA

Examination of drought and salt tolerance of different maize hybrids

Készítette: **HOPPÁL ERZSÉBET**, MATE, Környezettudományi Intézet, Képzési hely: Szarvas, Mezőgazdasági mérnök szak, BSc, IV. évfolyam

Témavezető: **Dr. Futó Zoltán**, egyetemi docens, MATE, Környezettudományi Intézet, Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék, Szarvas

A kísérletben öt különböző kukoricahibrid szárazság- és sótürési reakcióit vizsgáltuk, tenyészedenyes kísérletben, külső csapadéktól elzárt, fóliaházas környezetben, amelyben három vízellátottsági szintet állítottunk be (VKSZ 40, 60, 80 %). Vizsgáltuk a hibridek magasságát, klorofill tartalmát, levélterületi indexét, biomassza-, cső- és gyökértömeg alakulását különböző vízellátás mellett normál és sós talajon. Vizsgáltuk továbbá, hogy a kukoricahibridek hogyan reagálnak a javuló vízellátási feltételekre, milyen az „öntözési reakciójuk”.

A kísérletek alapján megállapítható, hogy a vízellátás növelése pozitív hatással volt a klorofilltartalomra és a levélterületi indexére. A szárazságstressz jelentősen nagyobb hatást gyakorolt a levélfelület nagyságára, mint a sóstressz.

Normál talajon a vízellátás növelésekor egyértelműen növekedett a kukoricahibridek biomassza tömege. Sós talajon ez a növekedés eltűnt, egyes hibrideknél stagnáló értékeket mértünk.

A vízellátás növekedése a gyökértömegre is pozitív hatással volt. Sós kezelésnél a változás minimális, sokszor pozitív irányú volt, mivel a sós körülményeket nagyobb gyökértömeggel próbálták kompenzálni.

A sókezelés nélküli talajon száraz körülmények között (VKsz40%) két hibrid teljesítménye kiugró. A GKT 372 és a GKT 376 kukoricahibridek ilyen körülmények között közel 65%-kal adtak magasabb csőtömeget az utánuk következő hibridekétől. A másik fontos vizsgált tulajdonság, hogy a kukoricahibridek hogyan reagálnak a javuló vízellátási feltételekre, milyen az „öntözési reakciójuk”. Ennek megfelelően kijelenthető, hogy a vizsgálataink alapján a GK SILOSTAR egy kifejezetten jó öntözési reakcióval rendelkező, de szárazságra érzékeny típusú kukoricahibrid, míg a GKT 376 egy kiváló öntözési reakcióval és mellette jó szárazságtűréssel is rendelkező kukoricahibrid.

A kísérletben egyértelműen látható volt, hogy a sós talajokon minden hibridnél csökkent a csőtömeg, de a csökkenés mértéke igen változó volt. El tudtunk különíteni sóstresszre érzékeny és kevésbé érzékeny genotípusokat. A legérdekesebb sóstressz reakciókat a vizsgált kukoricahibridek a jó vízellátási körülmények (VKsz80%) között mutatták. Ennek oka valószínűleg az, hogy ilyen vízellátási körülmények között a talajoldatban folyamatosan sok oldott só található, amely akadályozza az ozmotikus víz és tápanyagfelvételt. A kísérlet végső konklúziójaként meg tudtunk különböztetni szárazságstresszre és sóstresszre érzékeny és kevésbé érzékeny genotípusokat, amelyek megfelelő termőhelyi adottságok közé javasolhatók.