

SZAKDOLGOZAT

Ábrahám Rella

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Környezettudományi Intézet
mezőgazdasági mérnök alapképzési szak**

**A KUKORICA GENOTÍPUSOK VÍZIGÉNYÉNEK ÉS
SZÁRAZSÁGTŰRÉSÉNEK VIZSGÁLATA**

Belső konzulens: **Dr. Futó Zoltán**
tanszékvezető, egyetemi docens

intézete/tanszéke: **Környezettudományi
Intézet/ Öntözésfejlesztési
és Meliorációs Tanszék**

Készítette: **Ábrahám Rella**

**Szarvas
2024**

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Környezettudományi Intézet
Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	1
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	2
2.1. <i>A kukorica eredete</i>	2
2.2. <i>A kukorica elterjedése</i>	3
2.3. <i>Biológiai alapok</i>	4
2.4. <i>A kukorica morfológiája</i>	5
2.5. <i>A kukorica termesztése</i>	6
2.5.1. Talajigény	6
2.5.2. Éghajlatigény	7
2.5.3. Vízigény	9
2.5.4. Öntözés	10
2.5.5. Tápanyagigény	11
2.5.6. Vetés	12
2.5.7. Betakarítás	13
2.6. Kukorica növényvédelme	14
2.6.1. Főbb gyomnövények, betegségek és kártevők	14
2.6.2. Integrált védekezési módszerek	15
2.7. <i>A kukorica jövője</i>	17
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	18
3.1. <i>A kísérlet bemutatása</i>	18
3.2. <i>Az öntözési kezelések ismertetése</i>	19
3.3. <i>A kísérlet során elvégzett mérések és adatfeldolgozásuk</i>	20
4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK	21
4.1. <i>A kukorica növénymagasságának elemzése a kísérlet során</i>	21
4.2. <i>A biomassa tömegének változása különböző vízellátottsági szinteken</i>	23
4.3. <i>A gyökértömeg (g) változása különböző vízádagok mellett</i>	25
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	28
6. ÖSSZEFOGLALÁS	29
6. IRODALOMJEGYZÉK	30

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A globális éghajlatváltozás hatása egyre nagyobb kihívások elé állítja a mezőgazdaságot, különösen a szántóföldi növénytermesztést. Az éghajlati viszonyok szélsőségesse válása, különösen a növekvő hőmérséklet és a csapadék eloszlásának változása jelentős hatással van a növénytermesztésre, és számos régióban komoly kihívást jelent a vízhiány kezelése. A kukorica az egyik legfontosabb haszonnövény világszerte, így az ideális terméshozamának fenntartása és növelése érdekében elengedhetetlen a vízigényének és szárazságtűrésének alapos vizsgálata. Magyarországon is egyre gyakoribbak a hosszú, aszályos időszakok, amelyek kedvezőtlenül befolyásolják a mezőgazdasági termelést. A kukorica hazánkban is kiemelt jelentőséggel bír mind az élelmiszer-, mind a takarmányipar szempontjából. Azonban a kukorica nagy vízigénye és a klímaváltozás miatt bekövetkező aszályos évjáratok következtében jelentős termés kiesés tapasztalható. A különböző genotípusok közötti vízfelhasználási hatékonyság és szárazságtűrés meghatározó tényezők lehetnek a jövőbeli termesztési gyakorlatok kialakításában. A szárazság okozta stressz jelentős mértékben befolyásolja a kukorica terméshozamát, és a vízhiány komoly korlátozó tényezővé válhat a növény fejlődése során. A különböző kukorica genotípusok eltérő módon reagálnak az aszályra és a vízhiányos körülményekre, ami arra utal, hogy a megfelelő fajták kiválasztásával és nemesítésével jelentősen javítható a kukoricatermesztés hatékonysága a vízhiányos területeken. Az ilyen genotípusok kiválasztása és alkalmazása különösen fontos a fenntartható mezőgazdaság megvalósításában, mivel hozzájárulhat a terméshozam stabilizálásához és a vízfelhasználás hatékonyságának növeléséhez. A vízigény és a szárazságtűrés vizsgálata így kiemelt jelentőségű a mezőgazdasági gyakorlat szempontjából, különösen az olyan növények esetében, mint a kukorica, amely meghatározó szerepet játszik az élelmezésbiztonság és a takarmányellátás szempontjából is.

A szakdolgozat célja a különböző kukorica genotípusok vízigényének és szárazságtűrésének vizsgálata, különös tekintettel arra, hogy az egyes genotípusok hogyan reagálnak a vízhiány okozta stresszre. A kutatás során céloim feltárni, mely genotípusok képesek hatékonyabban alkalmazkodni a szárazságos körülményekhez, és hogyan lehet ezeket a genotípusokat sikeresen alkalmazni a jövőbeni mezőgazdasági termesztésben. Az eredmények hozzájárulhatnak a fenntarthatóbb kukoricatermesztési gyakorlatok kialakításához, valamint a szárazságtűrő fajták nemesítéséhez.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukorica eredete

A kukorica származása mai napig nem tisztázott, több hipotézis van az eredetét illetően. Az egyik elmélet szerint a kukorica körülbelül 8700 évvel korábbról, a Mexikói hegyvidékről származik, majd elsősorban kereskedelmi hálózatokon keresztül terjedt el Amerikába, Európába és Ázsiába (Piperno et al., 2009). Egy másik gondolat szerint a kukorica származási helye valószínűleg Dél-Brazília, ÉK-Brazília és Paraguay, valamint elsődlegesen Peruban házasították. Innen terjedt Közép-Amerikába és Mexikóba (Dezső et al., 2014).

A legtöbb házasított növény- és állatfaj az emberi történelem egy rövid időszakában, 5000 és 10000 évvel ezelőtt keletkezett. Ez idő alatt számos növény és állat domesztikációja egymástól függetlenül ment végbe. Ezekhez hasonlóan a kukoricát (*Zea mays ssp. mays*) a vadonélő elődjétől (*teosinte*) származó többszörös független házasítás termékének tekintették, a benne rejlő figyelemre méltó morfológiai és genetikai sokféleség miatt. Egyes kutatók részben a kukorica kalászformáinak sokféleségére alapozva arra a következtetésre jutottak, hogy az egynyári *teosinte* különböző ősi típusai Mexikó különböző régióiban voltak a kiindulási pontok legalább két független kukorica házasításához (Matsuoka et al., 2002).

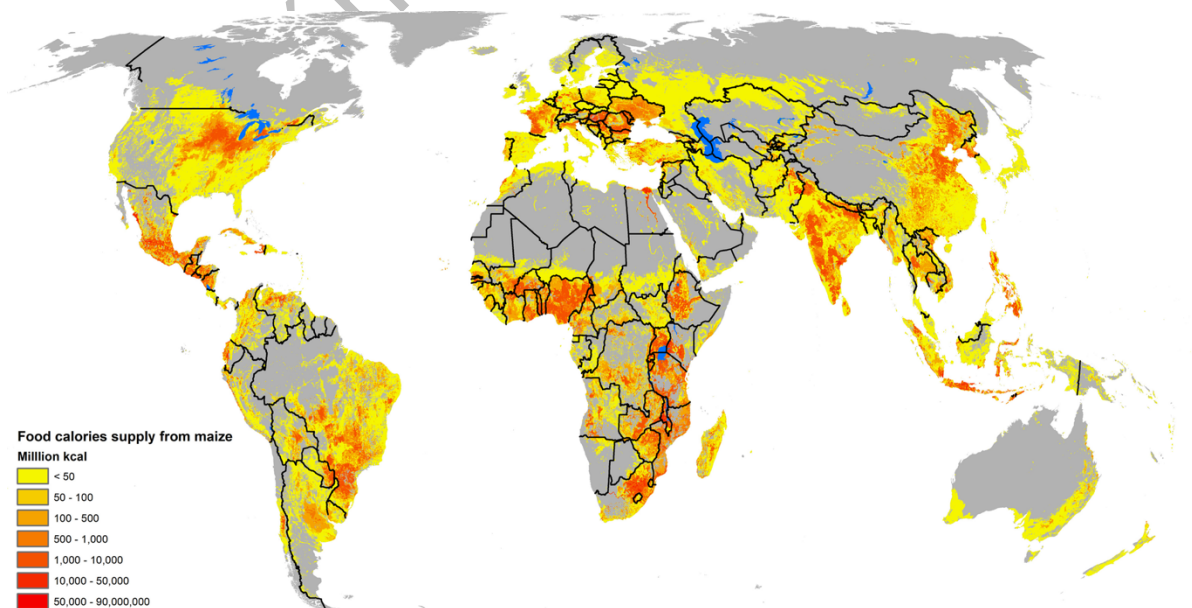
Egy másik nézet szerint Mexikó és Közép-Amerika a kukorica géc centruma, ahonnan a növény eljutott Dél-Amerika területeire, például Bolíviába, Peruba és Brazíliába, majd később Észak-Amerikába is. Két jelentős ősi termesztési központ alakult ki, az egyik Mexikó és Közép-Amerika térségében, körülbelül Kr. e. 5000 körül, a másik pedig Peru és Bolívia területén, Kr. e. 3000 táján. A vad őskukorica azonban eddig még nem került elő. Egyes elméletek szerint a *teosinte* nevű növény, amely a kukorica közeli rokona, a vad őskukoricából fejlődhetett ki, míg maga a vad ős valószínűleg már kihalt. Két változat, a pelyvás kukorica (*Zea mays var. tunicata*) és a pattogatni való kukorica (*Zea mays var. microsperma*) fontos szerepet játszott a mai kukorica kialakulásában, valószínűleg ezek többszörös kereszteződésének eredményeként jött létre a jelenlegi fajta. Az ősi kukorica feltehetően a *Tripsacum* és az *Euchlaena* nemzetségek kereszteződéséből származhatott, amelyet az ember hozott létre és fokozatosan javított a szelekció révén. Mexikóváros környékén végzett régészeti ásatások során, mintegy 60 méteres mélységben, 80 ezer éves kukoricapollen maradványokat találtak. A mexikói Denevér-barlangban és a Tehuacan-völgy öt barlangjában végzett kutatások alapján a kukorica történetét több mint 7000 évre sikerült visszavezetni. Az aztékok, maják és inkák kultúrájában a kukorica szerves része volt a mindennapi életnek. Ez a növény megjelenik az őslakos műalkotásokon és

eszközökön, és olyan jelentőséggel bírt, hogy isteni státuszba emelték, rituális áldozatokat is bemutatva neki (Dezső et al., 2014).

2.2. A kukorica elterjedése

A kukorica a három nagy globális alapvető gabonaféle egyike a búza és a rizs mellett, melyek mindegyikét körülbelül 200 millió hektáron termesztnek és az éves termelése meghaladja az 1 milliárd tonnát. Ez a három gabonaféle együttesen az emberi táplálkozás fő alkotóelemét alkotja, és a becslések szerint a világ ételmiszer-kalóriájának 42%-át, a fehérje bevitel 32%-át teszi ki. A kukorica globális területe 197 millió hektár, beleértve a szubszaharai Afrika, Ázsia és Latin-Amerika jelentős területeit. 1961 óta a kukoricatermesztés globális területe csaknem megduplázódott 106 millió ha-ról a jelenlegi 197 millió ha-ra. A kukorica globális termése szintén 1961 óta csaknem megháromszorozódott, 2 tonna/ha-ról a jelenlegi 5,8 tonna/ha-ra nőtt. Tekintettel ezekre a jelentős növekedésekre a kukoricatermelés ötszörösére nőtt 1961 óta. A kukoricatermesztés a feltörekvő gazdaságokra és a fejlett világra egyaránt kiterjed, beleértve 165 országot Amerikában, Ázsiában, Európában és Afrikában. A globális kukoricaterület elsősorban Amerikában és Ázsiában található több, mint egyharmaddal, ezt követi Afrika egyötödével és Európa egytizedével. A kukorica jelentős terméskülönbséget mutat a régiók között, így Amerika adja a globális kukoricatermelés felét, ezt követi Ázsia egyharmaddal, a maradék pedig elsősorban Európa és Afrika (Erenstein et al., 2022).

1.ábra: A kukorica globális elterjedése (Internet1)



2.3. Biológiai alapok

A kukoricatermesztés kedvező helyzetben van, mivel hazánkban közel 300 különféle szemes hibrid érhető el. Azonban a globális felmelegedés és a szélsőséges időjárási körülmények miatt egyre nagyobb szükség van jól alkalmazkodó hibridekre. A kukoricafajták többféleképpen csoportosíthatók, például szabad elvirágzású fajtákra és heterózis nemesítéssel előállított hibridekre, amelyek az F1 nemzedékben mutatnak kiemelkedő termesztési előnyt. A hibridválasztásnál fontos szempont az érésidő, amely az adott termőhely klimatikus viszonyaihoz igazodik, így befolyásolja a termesztési biztonságot. Dél-Magyarországon a középkésői, középső területeken a középérésű, míg északon és nyugaton az igen korai hibridek ajánlottak. A hosszabb tenyészidejű hibridek általában magasabb termőképességűek, de több szárítási költséggel járhatnak. Jelenleg a FAO 300-as éréscsoport hibridei biztosítják a legnagyobb jövedelmezőséget, mivel ezek kedvező egyensúlyt kínálnak a termőképesség és költséghatékonyság között. A hibridértékelés során figyelembe kell venni az értékmérő tulajdonságokat, mint a termőképesség, termésbiztonság, alkalmazkodóképesség és a szárszilárdság, továbbá a termőhely és a termesztési célok összhangját. Az időjárási szélsőségek miatt különösen felértékelődött az alkalmazkodóképesség, így a jól választott hibridek nagyobb biztonságot nyújtanak a gazdálkodók számára (Pepó, 2019).

2. ábra: Kukoricahibridek csoportosítása érésidő szerint (Internet2)

Megnevezés	FAO-szám	Tenyészidő (nap)
Igen korai	200-299	125-140
Korai	300-399	140-145
Középérésű	400-499	145-150
Középkésői érésű	500-599 600-699	150-165

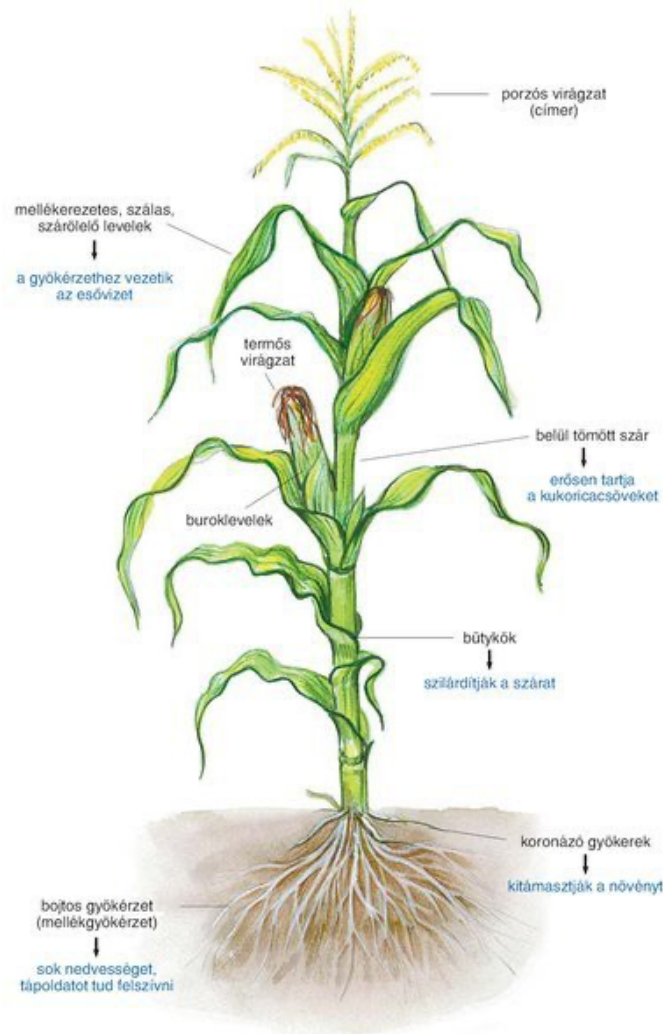
A hibridekkel szemben támasztott legfontosabb követelmények továbbra is az agronómiai stabilitás és a környezeti, valamint termesztéstechnológiai tényezőkkel szembeni stressztűrés. A klímaváltozás előrehaladtával egyre nagyobb figyelmet kell fordítani az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők harmonizálására, mivel ezek kölcsönhatásaiban rejlik a termésbiztonság növelésének lehetősége (Futó és Sárvári, 2015).

2.4. A kukorica morfológiája

A hosszútávú házasítás gyökeresen megváltoztatta a kukorica küllemét. A napjainkban ismeretes kukorica morfológiája feltűnően eltér a vadon élő ősi formától (*teosinte*). A *teosintével* ellentétben a kukoricának több száz kitett magja van egy olyan gubacshoz tapadva, melyet teljesen beborít a héj és nem képes önmagában szaporodni (Gong et al., 2015).

A növény gazdagon elágazó, finom gyökérrendszerrel rendelkezik. Optimális körülmények között a teljes gyökérhossz, a gyökérszőrök nélkül, elérheti az 1500 m-t. Ha a gyökérnövekedést nem korlátozzák, a kifejlett növény gyökérrendszere oldalirányban körülbelül 1,5 m-re és lefelé körülbelül 2,0 m-re vagy még mélyebbre nyúlik. Az állandó gyökérrendszernek járulékos és támaszgyökerei vannak. A gyökerek viszonylag vastagok, pigmentáltak és viaszos anyaggal borítottak. Az esetlegesen kialakuló nyolc-húsz levél spirálisan helyezkedik el a száron, és felváltva fordulnak elő két ellentétes sorban. A levéllemez hosszú, keskeny, hullámos, hegye felé elvékonyodik, kopasztól szőrösre terjed. A levelet teljes hosszában kiemelkedő középborító támasztja alá. A sztomák sorokban fordulnak elő a teljes levélfelület mentén. Meleg, száraz időben a sejtek gyorsan elveszítik turgorukat, aminek következtében a levelek befelé görbülnek, és egy kisebb levélfelületet tesznek ki a párolgásnak. (Du Plessis, 2003). Általában a trópusi kukoricanövények több levelet fejlesztenek, mint a mérsékelt égövi fajták. Tipikus kukoricanövény 1-4 méter magas, amely egyetlen felálló hengeres, tömör szárat tartalmaz, amely csomókból és csomópontokból áll, bár egyes fajtáknál megnyúlt oldalágak alakulhatnak ki (Badu-Apraku and Fakorede, 2017). A hím és női virágok ugyanazon a növényen vannak, külön virágzatként. A hím virágok a címerben, a nőstényvirágok a bibében találhatók. A kukoricaszem endospermiumból, csírából, maghéjból és csúcscsapkából áll. A magok lehetnek horpadt vagy kerek típusúak. A horpadt szemeknek horpadt koronája van, amely a szárítás során keletkezik, amikor a mag közepén lévő lágyabb keményítő gyorsabban zsugorodik, mint a külső, áttetszőbb oldalak. A horpadt magnak két lapos oldala van egymással szemben, és az egyik oldalon található a csíra (Gong et al., 2015).

3.ábra: Kukorica (Internet3)



2.5. A kukorica termesztése

2.5.1. Talajigény

A kukoricának a legmegfelelőbb a jó effektív mélységű, kedvező morfológiai tulajdonságokkal rendelkező, jó belső víz elvezetésű, optimális nedvességtartalmú, elegendő és kiegyensúlyozott mennyiségű növényi tápanyaggal, valamint kifejezetten a kukoricatermesztéshez kedvező kémiai tulajdonságokkal rendelkező talaj (Du Plessis, 2003). A kukorica a gabonafélék közül a talaj minősége és kultúrállapota szempontjából az egyik legigényesebb növény. Bár különböző talajtípusokon is termesztik, kimagasló hozamokat főként jó vízgazdálkodású, mély termőrétegű, és gyorsan felmelegedő talajokon, például csernozjomokon, réti csernozjomokon, barna erdőtalajokon, illetve csernozjom dinamikájú réti talajokon lehet elérni. A kukorica nem kedveli, csupán tolerálja a hideg és túlságosan kötött

talajokat. Bár a pH-érték szempontjából nem különösebben érzékeny, a 6,6-7,5 közötti kémhatás legideálisabb számára (Pepó, 2019). A kukorica számára ideális talajok azok, amelyek kiegyensúlyozott hő- és vízgazdálkodással rendelkeznek, mint például a középkötött mezősegi és erdőtalajok, valamint a rendezett vízháztartású réti és öntéstalajok. Ezek a talajok kedvező kapilláris vízemelő képességükkel, megfelelő talajvízszintjükkel és gazdag tápanyagkészletükkel stabil termést biztosítanak, csökkentve az időjárás okozta ingadozásokat. A kevésbé kedvező talajokon viszont gyakoriak az évjárat ingadozások, mivel víz- és hőgazdálkodásuk szélsőséges. A kukorica csírázásához és korai fejlődéséhez általában 10 °C-os talajhőmérséklet és nedves, nyirkos magágy szükséges a vetési mélységben (József és Ferenc, 2000). A kukorica jó alkalmazkodóképességének köszönhetően különböző talajtípusokon is termesztethető. Nem gazdaságos viszont futóhomokon, levegőtlen, nyirkos vagy sekély termőrétegű talajokon termesztetni. A korai fajták esetében a láptalajok és termőszikes területek is alkalmasak, bár szikes talajon csak öntözéssel lehet megfelelő eredményt elérni (Radics, 2003).

A kukorica nem különösebben igényes az előveteményekkel szemben. Fontos, hogy az elővetemény lekerülése után a talaj-előkészítési munkák, beleértve a mélyszántást, időben elvégezhetők legyenek. Megfelelő tápanyagellátás és növényvédelem biztosításával monokultúrában is eredményesen termesztethető. Ugyanakkor a kedvező előveteményeket – például pillangósokat, gyepet vagy évelő hereféléket – bőséges terméssel hálálja meg, ha a gyomirtásra is kellő figyelmet fordítunk. A búza a leggyakrabban alkalmazott előveteménye (Berényi és Szabó, 2001). A vetésváltás fontosságát jól szemlélteti, hogy kedvező elővetemény választása esetén, például trikultúrás rendszerben, két évtized átlagában lényegesen magasabb termés hozam érhető el, mint bikultúrás vagy monokultúrás termesztésnél. A megfelelő vetésváltás alkalmazása szintén komoly hatással van a talaj vízkészletére és az utána következő növények vízgazdálkodására (Futó és Sárvári, 2015).

2.5.2. Éghajlatigény

A kukorica melegkedvelő növény, ezért nem termesztik olyan területen, ahol a napi középhőmérséklet alacsonyabb, mint 19 °C vagy ahol a nyári hónapok átlaga 23 °C alatt van. Bár a csírázás minimális hőmérséklete 10 °C, a csírázás gyorsabb és kevésbé változó lesz 16-18 °C-os talajhőmérsékleten. 20 °C-on a kukorica öt-hat napon belül kikel. A hozamot károsan befolyásoló kritikus hőmérséklet körülbelül 32 °C. A fagy minden növekedési szakaszban károsíthatja a kukoricát, és 120-140 napos fagymentes időszakra van szükség a károk elkerülése

érdekében. Körülbelül 10-16 kg termés keletkezik minden milliméternyi vízhez. A 3152 kg/ha terméshozam 350-450 mm csapadékot igényel évente. Érett állapotban minden növény 250 l vizet használ fel nedvességterhelés nélkül (Du Plessis, 2003).

A kukorica termőterületét befolyásoló legfontosabb tényezők közé tartozik a fagymentes időszak, az éves átlaghőmérséklet, az éves csapadékmennyiség, a legmelegebb hónapi átlaghőmérséklet és a páratartalom index. C4-es növényként a kukorica magas terméspotenciállal rendelkezik, azonban számos országban leállt a termelése a változó éghajlati tényezők miatt. Ezért sürgős szükség van a kukorica tulajdonságainak és felépítésének kialakítására a fokozott stressztűrés és a magasabb hozam érdekében a változó klímában (He és Zhou, 2012).

A kiterjedt nemesítési beavatkozások, azonban alkalmassá tették a kukorica hidegebb régiókban történő termesztését is. A kukorica termesztése főként az Északi szélesség 58° és Déli szélesség 40° között terjed, valamint a tengerszint alatti magasságtól a 3000 méternél magasabb tengerszint feletti magasságig, illetve olyan területeken, ahol 250 és 5000 milliméter közötti éves csapadék esik. Általánosságban elmondható, hogy a magasabb szélességi körökben a kukoricaszemtermés lényegesen alacsonyabb a potenciális terméshozamnál. Globálisan a 0,5 °C-os felmelegedés negatívan befolyásolja az esővel táplált kukorica termését. A jövőbeni éghajlatváltozások a kukoricatermesztésre alkalmas éghajlati területek elvesztését jósolják, Közép- és Dél-Amerikában, valamint a Szaharától délre fekvő Afrikában. Ezzel szemben a jelenleg hűvösebb régiók (pl. Észak-Európa és Észak-Amerika) kukorica termesztés szempontjából profitálnak az éghajlatváltozásból és a kukorica termesztésre alkalmatlan területek optimálissá válhatnak (Žydelis et al., 2021).

A kukorica növekedése és termőképessége érzékeny a hőmérséklet-ingadozásokra. A kukoricában a hőstressz okozta szemtermésvesztés várhatóan növekedni fog a vegetációs időszak magasabb hőmérséklete miatt. Ez a helyzet megköveteli olyan kukoricahibridek kifejlesztését, amelyek ellenállnak a hő- és szárazságstressznek, anélkül, hogy a stressz körülmények között veszélyeztetnék a szemtermést (Sabagh et al., 2020).

Magyarországon a kukoricatermesztést klimatikus szempontból elsősorban a csapadék mennyiségének kiszámíthatatlansága korlátozza, ami gyakran megzavarja a vízháztartást. A ritkább, de túlzott vízmennyiség éppolyan káros, mint a gyakrabban előforduló vízhiányos időszakok. A vízhiány közvetlenül akadályozza a tápanyagfelvételt, mivel a növény csak oldott formában képes hasznosítani a tápelemeket. A nem megfelelő vízellátás emellett a növény vízháztartásának felborulásán keresztül rontja a tápanyagok hasznosulását is, ami végső soron terméseszkökeneshez vezet (Rácz és Nagy, 2011).

2.5.3. Vízigény

A kukorica a keléstől a betakarításig nagy mennyiségű vizet vesz fel és ad le a légkörbe, amely többszörösen meghaladja saját tömegét, bár a növényi testben való vízbeépülés aránya elenyésző. Hazai viszonylatban a kukorica vízigénye a szántóföldi növényekhez képest közepes vagy enyhén magasnak tekinthető. Magyarországon a vízellátottság szintje a kukorica egyik legfontosabb ökológiai tényezője, amely jelentős mértékben befolyásolja a hozamot. A természetes vízellátás főként csapadékból származik, ám az országban a csapadékeloszlás területenként eltérő, és nagy változékonyságot mutat. Ennek következtében a kukorica vízháztartása gyakran szélsőséges helyzetbe kerül, amely időnként aszályos, máskor pedig túlzott vízellátottság formájában jelentkezik. A kukorica vízforgalmának elemzéséhez fontos figyelembe venni a talajban tárolt vízkészlet térbeli és időbeli eloszlását. A vízigény élettani szempontból azt a talajnedvességet jelenti, amely a növényi szövetek megfelelő nedvességtartalmát biztosítja, különösen a levéllemezek számára, változó légköri viszonyok között. Ezt a nedvességtartalmat a vízpotenciál értéke fejezi ki. Mivel a környezeti feltételek idővel szélsőségesse válhatnak, az optimális talajnedvesség is változó értékeket mutat. A szántóföldi optimális talajnedvesség-tartomány alsó és felső határa határozza meg azt a szintet, amely mellett a növényi vízigény teljes mértékben kielégített. Ha a talaj nedvességtartalma az alsó határ alatt van, vízhiányról beszélünk, míg a felső határ felett víztöbbletről. A tenyészidőszak folyamán a vízigény változik: a korai fejlődési szakaszban közepes, a legmagasabb értéket az intenzív növekedés és virágzás idején éri el, majd a termésképződés során jelentősen csökken (Nagy, 2007).

A kukorica mérsékelt vízigényű növény, amelynek éves vízszükséglete 450-550 mm, napi vízfogyasztása pedig átlagosan 4,5-5,5 mm/ha. A statikai vízigény, vagyis a talaj pórustérfogatában lévő víz és levegő aránya szintén fontos tényező, amely a kukorica esetében 67-79% között ideális. A kukorica transzspirációs együtthatója – azaz az a vízmennyiség, amely szükséges egységnyi szárazanyag előállításához – hozzávetőleg 350 liter kilogrammonként. Mély gyökérzetének köszönhetően a kukorica akár 150-200 cm mélységből is képes vizet felvenni. Az aszályos időszakok súlyosan befolyásolják a terméshozamot: a címerhányáskor bekövetkező aszály 53%-kal, míg a szemtelítődés idején jelentkező aszály 30%-kal csökkentheti a termést. A csapadék mennyisége nemcsak a tenyészidőben, hanem az őszi-téli hónapokban is hatással van a maximális elérhető hozamra. A túlzott csapadék ugyanakkor káros lehet, mivel a talaj pórustere vízzel telítődik, csökkentve ezzel a gyökerek oxigénellátását. A kukorica vízigénye a kezdeti növekedési szakaszban és a szemtelítődés után kisebb, míg a

legnagyobb vízigény a címerhányás és szemtelítődés közötti időszakra esik (Futó és Sárvári, 2015).

2.5.4. Öntözés

Magyarország éghajlata hajlamos a szárazságra, térben és időben jelentős változatosságot mutat, ami gyakran eredményezi a csapadék hiányát, komoly nehézségeket okozva a növénytermesztésben. Az aszály kezelésének és hatásainak enyhítésének egyik leghatékonyabb módja a termőhelyi viszonyokhoz legjobban illeszkedő termesztéstechnológiai megoldások kialakítása. Amikor a természetes vízellátás nem kielégítő, az öntözés az egyik legfontosabb beavatkozás, amely a növényállomány megőrzésében aszály idején kulcsszerepet játszik (Nagy, 2007). Az alacsony csapadékú és gyakori szárazsággal sújtott kukoricatermesztő régiókban az öntözés gazdaságos megoldás lehet. Az intenzív gabonatermesztési programok keretében, ahol a környezeti feltételek indokolják és öntözőrendszer is rendelkezésre áll, érdemes kihasználni ezt a lehetőséget. Az öntözés jól ismert termésfokozó hatású, és csak megfelelő nedvesség mellett érhető el a maximális hozam. Az öntözés csak ott javasolt, ahol minden más tényező (hőmérséklet, tápanyagok, szén-dioxid, fény) adott, és kizárólag a vízellátás hiányos. Az egyes kukoricafajták, illetve hibridek eltérő öntözési válaszreakciókat mutatnak, és a szükséges vízmennyiségre hatással van a talaj tápanyag-ellátottsága, különösen a felvehető nitrogén mennyisége is (Berényi és Szabó, 2001). Szárazság idején termésfokozó hatású lehet az úgynevezett átmentő öntözés. Ennek részeként alkalmazható felületi, mélybarázdás vagy tömlős áztató öntözés. A kukorica legnagyobb vízigénye a címerhányás időszakában jelentkezik, és legkésőbb a teljes érés kezdetéig célszerű öntözni, mivel ezt követően az öntözés meghosszabbítja a tenyészidőt (József és Ferenc, 2000).

A kukorica kezdeti növekedési időszakában (első 40-60 nap) és a szemtelítődés után alacsonyabb a vízigénye, azonban a címerhányás időszakában fokozott vízellátást igényel. Ekkor kritikus számára az öntözés, különösen a száraz területeken, ahol nyáron a csapadék gyakran 250-300 mm alatt marad, vagy július-augusztusban kevesebb mint 100 mm esik. Az aszályos időszakok jelentős termésvesztéshez vezethetnek, szélsőséges esetben akár teljes termés kiesés is bekövetkezhet. A kukorica erős vízfelvevő képességgel rendelkezik: gyökerei mélyen (200-250 cm) áthatolják a talajt, és jól hasznosítják a talajban tárolt nedvességet.

A hatékony öntözési rend az alábbi: június végén, a címerezés előtt egy nagyobb, 50-60 mm-es öntözés, majd 12-14 naponta 2-3 alkalommal 30-40 mm-es adagok. A szemtelítődés időszakában ismét nagyobb, 50-60 mm-es öntözés szükséges.

Az öntözési költségek miatt árukukoricát ritkábban öntöznek, azonban a vetőmagtermesztésnél az öntözés gazdaságos, és a termésbiztonság alapját képezi. Manapság leginkább esőszerű öntözést alkalmaznak, különösen csemegekukoricánál és vetőmagkukoricánál, melyek magas és egyenletes vízellátást igényelnek a teljes tenyészidőszak során, mivel vízhiány esetén komoly termésveszteség fordulhat elő (Futó és Sárvári, 2015; Pepó, 2019).

2.5.5. Tápanyagigény

A kukoricatermés növelésében fontos szerepet játszanak a műtrágyák, amelyek hozzájárulása 40-45%. A gabonafélék terméshozamának növelésében döntő szerepet játszik a nitrogén-, foszfor- és káliumműtrágyák kiegyensúlyozott és optimális felhasználása. Jelenlegi fajtáink termőképessége ugyan elég magas, de bizonyos termelési korlátok miatt még nem teljesen feltárt. A korlátozó tényezők között a nitrogén, foszfor és kálium megfelelő szintje és aránya kiemelten fontos. Ezen kívül az engedélyezett fajták tápanyagigényeit is meg kell vizsgálni (Asghar et al., n.d.).

A kukorica erős kimerítő hatással van a talajra, és általában megfigyelhető, hogy a kukorica nem hoz jó szemtermést a műtrágya nélküli parcellákon. A műtrágya mennyisége és a vetés időpontja a legfontosabb tényezők, amelyek befolyásolják a növény növekedését, fejlődését és a termését (Jaliya et al., 2008).

A nitrogén (N) létfontosságú növényi tápanyag, és a kukorica termesztéshez szükséges fő meghatározó tényező. Rendkívül nélkülözhetetlen a növények növekedéséhez és szárazanyaguknak 1-4 %-át teszi ki. A nitrogén a fehérjék és a nukleinsavak összetevője, ha a nitrogén mennyisége nem optimális a növekedés lelassul. A kukorica optimális növekedéséhez elengedhetetlen, hogy elegendő mennyiségben álljon rendelkezésre a tenyészidőszak során. A nitrogén fehérjék jellegzetes alkotóeleme, valamint számos más, a növényi növekedési folyamatokhoz nélkülözhetetlen vegyület, köztük a klorofill és számos enzim szerves összetevője. Ezen elemek optimális mennyisége a talajban nem hasznosítható hatékonyan, ha a növények nitrogén hiányosak. Ezért a nitrogén hiány- többlet a kukoricatermés csökkenését eredményezheti (Gul et al., 2015).

A foszfor (P) egy másik nélkülözhetetlen tápanyag, amely a kukoricatermés növekedéséhez szükséges. Tehát a foszfor hiánya ugyanolyan fontos, mint a nitrogén hiánya, amely korlátozza a kukorica fejlődését. A foszfor fontos szerepet játszik számos fiziológiai folyamatban, amelyek egy fejlődő és erő növényben végbe mennek. Részt vesz a növény

enzimatis reakcióiban. A foszfor lényeges tényező a sejtsztódásban, mivel a sejtreprodukciós folyamatokban részt vevő nukleoproteinek alkotó eleme. Ezen kívül a szénhidrát szintézis és lebontás reakcióihoz nélkülözhetetlen anyag eleme. Fontos a mag- és gyümölcsképződés, valamint a termés éréséhez, illetve segít megerősíteni a növény vázszerkezetét. A szemek minőségét is befolyásolja és növelheti a növények betegségekkel szembeni ellenállóképességét (Gul et al., 2015).

A kálium (K) esszenciális tápanyag és a növényekben a legnagyobb mennyiségben előforduló kation. Fontos szerepet játszik az enzimaktivásban, a fehérjeszintézisben, a fotoszintézisben, az ozmoregulációban, a sztómamozgásban, az energiaátvitelben, a floém transzportban, a kation-anion egyensúlyban és a stresszrezisztenciában. Aszályos stressz alatt a gyökernövekedés és a talajban a gyökök felé történő K^+ diffúzió sebessége egyaránt korlátozott, így korlátozva a K^+ felvételét. Az így létrejövő alacsonyabb K-koncentráció csökkentheti a növények aszályos stresszel szembeni ellenálló képességét, valamint a K felszívódását. A megfelelő növényi K fenntartása ezért kritikus a növények szárazságtűrő képességéről. Szoros összefüggést mutattak ki a kálium tápláltsági állapota és a növények szárazságtűrő képessége között (Gul et al., 2015).

A kukorica víz- és tápanyagforgalmának szoros kölcsönhatása régóta ismert tény. A két tényező hatékonysága kölcsönösen függ egymástól: optimális vízellátás esetén a tápanyagok hasznosulása maximális, míg megfelelő tápanyagellátás mellett a vízfelhasználás hatékonysága javul (Rácz és Nagy, 2011).

2.5.6. Vetés

A vetés tervezésénél az egyik legmeghatározóbb tényező a megfelelő vetésidő kiválasztása. A vetésidő egy olyan agrotechnikai tényező, amely többlet ráfordítás nélkül is növelheti a kukoricatermesztés hatékonyságát. A helyesen megválasztott vetésidő nemcsak a termés hozamot befolyásolja, hanem a szemnedvesség-tartalmat és a betakarítás időpontját is. Korábbi vetés esetén, különösen hidegtűrő hibrideknél, a fiziológiai érés hamarabb kezdődik, ami alacsonyabb szemnedvesség-tartalommal történő betakarítást tesz lehetővé. A különböző vetésidők eltérő környezeti feltételeket eredményeznek, ami hatással van a növény fejlődésére. Korai vetésnél a virágzás gyakran a kritikus, vízhiányos időszak előtt történik, míg késői vetés esetén nő a szemnedvesség és csökkenhet a termés. Hazai tapasztalatok alapján a korai vetés nagyobb termést, jobb Harvest-indexet és alacsonyabb szemnedvességet eredményez, míg a

késői vetés rontja a terméseredményeket és növeli a betakarításkori nedvességtartalmat, ami magasabb költségekkel jár (Futó, 2007).

A vetési módszer nagy jelentőséggel bír, mivel optimális növényállományt biztosít és lehetővé teszi a növények számára, hogy hatékonyabban használják fel a földet és erőforrásokat a jobb növekedés és fejlődés érdekében. A vetés tervezésénél általában a tőtávolság 18 és 22 cm, a sortávolság 70-80 cm közé esik. Egyes gazdálkodók szórványos vetésmódot alkalmaznak, amely olcsó módszer, viszont sok hátránya van. A tábla egyes területein sűrűvé válhat a populáció, ahol nagy lehet a növények közötti és a növényeken belüli versengés, így a végső hozam csökkenhet és a tábla néhány foltja hézagossá lesz, ahol gyomok nőhetnek, amelyek versengenek a főnövényekkel a tápanyagokért és a vízért (Ahmed et al., 2011).

A vetőmagot 4-7 cm-re vetik. A talajművelés célja a magnak megfelelő magágy előkészítése. A talajművelési módszerekre vonatkozó választások erősen befolyásolják a növénytermesztési rendszer többi elemét. A vetőgépnél olyan környezetbe kell helyezni a vetőmagot, amelyben a mag megbízhatóan csírázik és kikel. A vetőmag minősége, a talajviszonyok, a vetőgép kialakítása és a kezelőkészsége egyaránt szerepet játszik a végleges növényállomány meghatározásában. A precíziós vetőgépek elméletileg a szükséges távolságra helyezik el a magokat és jó termőterületet biztosítanak magonként (Karayel and Özmerzi, 2002).

2.5.7. Betakarítás

A kukorica betakarítása a kukoricatermesztés egyik legfontosabb szántóföldi művelete. A kukoricaipar felgyorsuló fejlődése miatt, a gépiesített kukorica betakarítást széles körben elfogadják és alkalmazzák a gazdálkodók a világon. A betakarítási módok szerint a kukorica betakarítók két típusba sorolhatók. Az egyik a kukorica betakarítók, beleértve a szedőket és a gabonakombájnokat, a másik a teljes növénybetakarítók, beleértve a szálaskarmány-kombájnokat és a kombinált gabonakombájnokat. A gépiesített kukoricabetakarítás célja a kézimunka helyettesítése, hogy a kukoricát időben, minimális veszteséggel, a magas minőség megőrzése mellett takarítsák be a táblákról. A betakarítás módja és felszerelése az ültetési mintától, az agronómiától és az éghajlati viszonyoktól függ. A teljes betakarítási művelet felosztható begyűjtésre, hántolásra, darabolásra, cséplésre, szétválasztásra és tisztításra. Az alkalmazott betakarítási módtól függően ezeket a funkciókat különböző gépek vagy akár egyetlen gép hajtja végre a tábla felett. Az emberi munka csökkentése, a termelékenység növelése, a mezőgazdasági műveletek időszerűségének javítása és a munkaerő igények

csökkentése a gépesített kukorica betakarítás legnagyobb előnyei közé tartoznak (Li et al., 2016).

4.ábra: Kukorica betakarítás (Internet4)



2.6. Kukorica növényvédelme

2.6.1. Főbb gyomnövények, betegségek és kártevők

A gyomnövények a kukorica számára a legnagyobb kihívást okozó kártevőcsoport. A gyomok veszteségi potenciálját 37%-ra becsülték. Ez magasabb, mint az állati kártevők (15%), gombás és bakteriális kórokozók (11%) és vírusok (3%) veszteségi potenciáljának összege (Oerke és Dehne, 2004). A változó környezeti feltételek mellett a kukorica hozamcsökkenésének oka a gyomok versengésének eredménye. Manapság a kukorica legfontosabb gyomnövényei a fehér libatop (*Chenopodium album*), a közönséges kakaslábfü (*Echinochloa crus-galli*), a szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*), a tarackbúza (*Elymus repens*), a szulák keserűfű (*Fallopia convolvulus*), a kicsiny gombvirág (*Galinsoga parviflora*), a fakó muhar (*Setaria pumila*), a parlagfű (*Ambrosia*), a mezei aszat (*Cirsium arvense*) és a vadrepce (*Sinapis arvensis*) (Glowacka, 2011). A gyomfajok nemcsak a termés hozamot csökkentik, hanem rovarokat, kártevőket és betegségeket is hordoznak. A vetés utáni első 6

hétben a kukorica rendkívül érzékeny a gyomfertőzésre, jelentősen csökkentve a végső szemtermést (Shrestha et al., n.d.).

A kukorica termesztése során jelentős számú kártevővel kell szembenézni, amelyek károsítják a növényt a csírázástól egészen az érésig. Több mint 20 különböző kártevő támadhatja meg. Ezek közé tartoznak a következő kártevők: drótférgek, cserebogarak lárvái, mocskospajorok, nematódák, gyökértetű, kukoricabarkó, fritlégy, valamint különféle madarak, mint a fácán, galamb, csóka, varjú és az ürge (Dolinka, 1978). Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera*) a kukorica fő rovarkártevője. A kukoricagyökérrel táplálkozó lárvák gyökérsérülést, csökkent növénynövekedést és terméseszköket okozhatnak. (Meinke et al., 2009).

5.ábra: Amerikai kukoricabogár (saját forrás)



A kukorica betegségei több forrásból származhatnak, amelyek közé tartoznak a vírusok, a baktériumok és gombák. Ezek közül a gombás fertőzések okozzák a legsúlyosabb károkat, de a vírusos és bakteriális betegségek is jelentősek lehetnek a terméshozam szempontjából. A vírusos betegségek közül a csíkos mozaik vírus az egyik legelterjedtebb betegség. A bakteriális betegségek közül a legjelentősebb a kukorica baktériumos hervadása, mely komoly gazdasági károkat okozhat. A kukoricatermesztésben a gombás betegségek okozzák a legnagyobb problémát. Az egyik legelterjedtebb fertőzés a kukorica fuzáriumos betegsége, amely szárkorhadást és csőpenészedést okoz. A *Fusarium* fajok által termelt egyes toxinok veszélyesek a takarmány- és élelmiszerbiztonságra. (Sándor és Géza, n.d.).

2.6.2. Integrált védekezési módszerek

Az elmúlt évtizedekben Európában jelentősen felerősödött a mezőgazdasági termelés intenzitása. Az intenzív mezőgazdaságot a magas hozam, nagy ráfordítások, fokozott gépesítés,

valamint leegyszerűsített vetésforgó jellemzi. Ugyanakkor az ilyen rendszerek hosszú távú fenntarthatósága és környezeti hatásai aggodalomra adnak okot, különösen olyan negatív következmények miatt, mint a fokozódó talajerózió, a talaj termékenységének csökkenése, a biológiai sokféleség visszaesése, valamint a talajvíz és felszíni vizek szennyeződése. Ezeken túl, globális szinten az üvegházhatású gázok kibocsátása is jelentős probléma. Az Európai Unió mezőgazdasági programjának egyik központi kérdése a növényvédő szerek használatának és kockázatainak mérséklése. Az EU Parlament új „peszticid-csomagot” fogadott el, melynek célja a peszticidek használatának és kockázatainak csökkentése, valamint az integrált növényvédelem előmozdítása az emberi egészség és a környezet védelme érdekében. (Vasileiadis et al., 2011).

Az integrált növényvédelem olyan növényvédelmi rendszer, amely a kapcsolódó környezettel és a kártevő fajok populációdinamikájával összefüggésben minden alkalmas technikát és módszert a lehető legkompatibilisebb módon alkalmaz és a kártevő populációkat a gazdaságilag elfogadhatatlan károkat vagy veszteségeket okozó szint alatt tartsa. Így az integrált növényvédelem a kulturális, biológiai és kémiai intézkedések legjobb kombinációja, amely a legköltséghatékonyabb, környezetbarát és társadalmilag elfogadható módszert kínálja a betegségek, rovarok, gyomok és egyéb kártevők elleni küzdelemben (Kumar et al., 2014).

Ahhoz, hogy az európai kukoricatermesztés növényvédelmét megfelelően kezeljük, elengedhetetlen a termesztési rendszer megközelítése. Ez információt nyújt a vetésforgó típusáról, a termesztett növényekről és a fontosabb kártevők, gyomok és betegségek elleni védekezési gyakorlatokról. Az olyan innovatív gyakorlatok bevezetése, mint a transzgénikus Bt kukoricahibridek, amelyek ellenállóak egyes kártevőkkel szemben, vagy a gyomirtószer-toleráns hibridek, precíziós permetezés, továbbfejlesztett döntéstámogató rendszerek és kártevő előrejelző módszerek elősegíthetik az EU elkötelezettségét a növényvédő szerek fenntartható használata iránt, és ennek következtében környezetbarátabb kukoricaalapú termesztési rendszereket hozhatnak létre. Ugyanakkor, mielőtt ilyen újításokat vezetnének be a rendszerekbe, minden egyes integrált növényvédelmi eszköz agronómiai, környezeti, gazdasági és társadalmi hatásait értékelni kell (Vasileiadis et al., 2011).

Az európai kukoricamoly, a mediterrán kukoricamoly és a nyugati kukoricabogár a legjelentősebb ízeltlábú kártevők az európai kukoricatermesztésben. Az alkalmazott integrált kártevőirtási módszerek közé tartozik a vegyszeres védekezés, a biológiai védekezés, valamint a agrotechnikai védekezés, mint például a szántás és a vetésforgó (Meissle et al., 2011).

2.7. A kukorica jövője

A kukorica, mint legjelentősebb gabonanövény, létfontosságú táplálkozási összetevőket biztosít az emberek és az állatok számára. Az aszályos stressz számos morfológiai, fiziológiai és biokémiai funkció megzavarásával korlátozza a kukorica növekedését és termését. Az aszályos stressz fokozódó fenyegetése jelentősen befolyásolja a globális élelmezésbiztonságot és növeli az éhezés arányát. A molekuláris genetika terén elért jelentős előrelépés ellenére a szárazságtűrés mechanizmusa még mindig nem teljesen ismert. A globális éghajlatváltozások miatt a növénytermesztés jövője kiszámíthatatlan. Az abiotikus stresszek, mint például a szárazság, a sótartalom és a hőstressz folyamatosan veszélyeztetik az alapvető termények termését, és növelik a globális élelmezésbiztonság veszélyét. A kukoricatermesztés területei szárazabbak és melegebbek lesznek, ami sok betegséget terjeszt a forró éghajlati viszonyok között, és jelentősen befolyásolja a kukorica termését. Ez a helyzet a kukorica szárazságtűrésének javítását teszi szükségessé a becsült termésveszteség ellensúlyozása és a kukoricatermés fenntartása érdekében a száraz területeken (Rasheed et al., 2023).

Az aszály az egyik legpusztítóbb természeti katasztrófa. Az aszály különböző formában (pl. meteorológiai, hidrológiai és mezőgazdasági) létezhet, mint egyidejű aszály. Az ilyen egyidejű aszályos évjáratok messzemenő hatással lehetnek a terméshozamra. A víz körforgásában bekövetkező fokozatos hiány meteorológiai (csapadékhiány alapú), hidrológiai (lefolyás alapú) és mezőgazdasági (talajnedvesség alapú) aszályt okozhat. Ezek az aszálytípusok terjedhetnek és végül együttesen jelentkezhetnek, akadályozva a növényzet és a termés növekedését (Muthuvel et al., 2023). Mivel az élelmiszertermelési rendszerek a globális üvegházhatású gázok kibocsátásának 34%-át teszi ki, az alacsony szén-dioxid kibocsátású mezőgazdaság fejlesztése az egyik fő megközelítéssé vált a klímaváltozás által okozott problémák enyhítésére (Wu et al., 2023).

A mezőgazdasági gyakorlatok, mint például a vetési idő optimalizálása és a megfelelő fajták kiválasztása, a hatékony agrotechnikák használata a kukoricatermelés fenntartására a jövőbeli változó klíma alatt. Egy elmélet szerint a vetési időpontok módosítása alternatív mód lehet a virágzás utáni időszakok meghosszabbítására és a kukorica hozamának javítására. Például Kínában a későn érő fajták alkalmazása magasabb kukorica hozamot eredményezne a jövőben, mint a korai vagy közepesen korai érésű fajták (Mangani et al., 2023).

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

3.1. A kísérlet bemutatása

A kísérlet során öt különböző kukorica hibrid szárazságtűrését vizsgáltuk tenyészedenyekben, csapadéktól elzárt fóliasátorban. Minden edénybe 10 kg termőföldet mértünk, biztosítva az egyenletes talajmennyiséget az összes mintához. Az edényekbe elültetett kukorica hibrideket rendszeresen megfigyeltük, és különböző kezelésekkel szabályoztuk a vízellátottságukat a szárazságtűrő képesség vizsgálatához. A vizsgálat során több paramétert figyeltünk meg, beleértve a növény magasságát, a gyökértömeget és a biotassza-növekedést, hogy meghatározzassuk a hibridek szárazságra adott reakcióját.

A tenyészedenyben lévő talaj tulajdonságai: homokos vályog (Arany-féle kötöttségi száma $KA = 31$; Leiszapolható rész - $Li\% = 31,6$, kémhatása: $pH_{H_2O} = 6,54$, mésztartalma: $CaCO_3\% = 0\%$)

A kísérletben vizsgált hibridek:

- P9610
- P9363
- P9978
- P0023
- P0710

A kísérlet során a különböző kukorica hibridek vetésére 2024. április 5-én került sor. A vetéskor három adag öntözővizet juttattunk ki, ahol egy adag 250 ml vizet jelentett. Minden növény azonos vízádagokat kapott 2024. május 1-ig, így biztosítva a kezdeti egyenlő vízellátást. A különböző vízádagokkal való kezeléseket megkezdése 2024. május 2-án történt, ettől kezdve a vízádagokat elkülönítve alkalmaztuk a szárazságtűrési kísérlet céljainak megfelelően. 2024. május 1-ig az öntözéseket 2-3 naponta végeztük, a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának figyelembevételével. Május 2-tól kezdődően, a különböző vízádagok alkalmazásával, a növényeket naponta öntöztük. Az öntözéshez a Körös-holtág vizét használtuk, amely biztosította az egyenletes minőségű vízellátást. A kísérlet végén, 2024. július 3-án betakarítottuk a növényeket, hogy megvizsgálhassuk a különböző öntözési kezeléseket hatását.

A kísérlet során kizárólag a hőmérsékleti adatokat követtük nyomon, mivel a tenyészedenyek nem érintkeztek közvetlenül külső csapadékkal. A hőmérséklet nagymértékben befolyásolta a növények párologtatását, ezáltal a szükséges napi öntözővíz mennyiségét is. A

magasabb hőmérsékleti értékek nagyobb mennyiségű öntözést tettek szükségessé a kívánt vízellátottsági szint biztosítása érdekében.

A növények tápanyagellátását az öntözések során adagolt tápoldattal biztosítottuk, amelyet minden kezelésben azonos mennyiségben kaptak. A tápoldat elkészítéséhez kétféle vízzoldható műtrágyát használtunk: a kezdeti időszakban a Péti Starter Plusz kloridmentes komplex műtrágyát, amely 15% nitrogént (N), 30% foszfort (P_2O_5), 15% káliumot (K_2O), valamint 0,2% mikroelemet tartalmazott. Amint a növények szárbaindulása megkezdődött, átálltunk a Volldünger Linz alacsony kloridtartalmú műtrágyára, amely 14% nitrogént, 7% foszfort, 21% káliumot és 1% mikroelemet biztosított. Magnézium- és vashiány elkerülése érdekében néhány alkalommal Mikromix A oldatot is alkalmaztunk, amely magnézium-szulfátot és vaskelátot tartalmazott.

6. ábra: A kísérlet tenyészedeinekben (forrás: saját fotó)



3.2. Az öntözési kezelések ismertetése

A kísérlet során három eltérő vízellátottsági szintet állítottunk be. Ehhez először meghatároztuk a talaj természetes vízkapacitását (VKsz), ami azt a vízmennyiséget jelenti,

amelyet a talaj gravitáció ellenében képes visszatartani. A következő vízellátási szinteket alkalmaztuk:

- VKsz 40%: a talaj víztartalmának 40%-a a teljes vízkapacitáshoz képest
- VKsz 60%: a talaj víztartalmának 60%-a a teljes vízkapacitáshoz képest
- VKsz 80%: a talaj víztartalmának 80%-a a teljes vízkapacitáshoz képest

A növényeket napi rendszerességgel öntöztük a kísérlet során, és a napi vízmennyiséget minden esetben rögzítettük. A hőmérséklet és a növények párologtatása alapján szükség esetén módosítottuk a kijuttatott vízadagot. A kísérlet teljes időtartama alatt kijuttatott víz mennyisége – beleértve a tiszta vizet és a tápoldatos öntözést is – a 1. táblázatban található.

1.táblázat: A különböző kezelések során kijuttatott víz mennyisége

	VKsz 40%		VKsz 60%		VKsz 80%	
	Víz	Tápoldat	Víz	Tápoldat	Víz	Tápoldat
Összes (ml)	30750	5875	43000	5875	55500	5875
Összes (mm)	521	99	729	99	940	99
Összesen (mm - víz+tápoldat)	620		828		1039	
Potenciális evapotranspiráció	989		989		989	
Egyenleg	-369		-161		50	

A kísérlet során a napi hőmérsékleti adatok alapján mértük és számítottuk a napi párolgás mértékét. Ennek segítségével a különböző kezelések esetében biztosítani tudtuk a kívánt vízellátottsági szinteket.

3.3. A kísérlet során elvégzett mérések és adatfeldolgozásuk

A kísérlet során a következő fenológiai jellemzők kerültek mérésre:

- Növénymagasság (cm)
- Biomassza tömeg (g)
- Gyökértömeg (g)

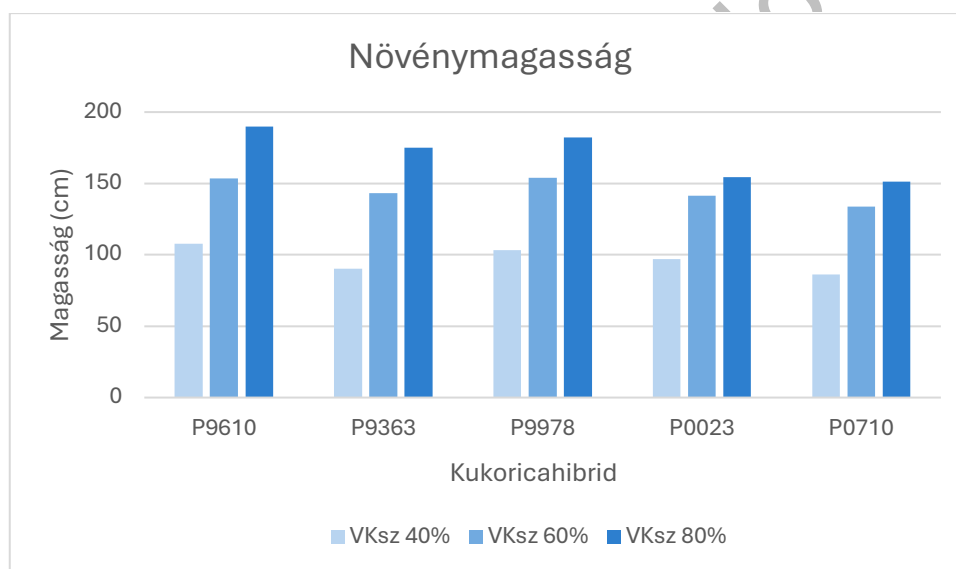
A kísérletben a növénymagasság mérése a betakarítás előtti időszakban történt, míg a biomassza és a gyökér tömegének meghatározása a betakarítás után zajlott. Az összegyűjtött adatokat Microsoft Excel programmal dolgoztam fel.

4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A kukorica növénymagasságának elemzése a kísérlet során

A kapott eredmények nagyon jól szemléltetik, hogy hogyan befolyásolják a különböző vízadagok a kukoricahibridek növénymagasságát. A növénymagasság fontos mutatója a növény megfelelő növekedésének és egészségi állapotának. A növénymagasság a víz rendelkezésre állásával általában növekszik, de az egyes hibridek eltérően reagálnak a különböző vízadagokra. Ebből fontos következtetéseket vonhatunk le az egyes hibridek szárazságtűréséről, vízigényéről, és így ezek alapján kiválaszthatók azok a hibridek, amelyek a legjobban megfelelnek az adott termesztési környezetnek. A következő ábra bemutatja az 5 különböző kukoricahibrid növénymagasságának változását az eltérő vízadagoknál (7.ábra)

7.ábra: Kukoricahibridek magassága különböző vízellátottság mellett



Az első vizsgált P9610 hibrid esetében a diagramon jól látható, hogy a növénymagasság jelentős mértékben növekszik a vízadagok emelésével. A legalacsonyabb növénymagasság 40% VKsz mellett figyelhető meg, míg 80%-os VKsz esetén eléri a maximális értéket. Ez a jelentős különbség azt jelzi, hogy a P9610 hibrid erőteljesen reagál a víz jelenlétére, és kimagasló növekedést mutat, ha bőséges víz áll rendelkezésre. Ez a tulajdonság előnyös lehet olyan területeken, ahol biztosítható a megfelelő öntözés, azonban hátrányos lehet aszályos környezetben, mivel a hibrid érzékeny a vízhiányra, és kevesebb víz mellett jelentősen csökkenhet a növekedése.

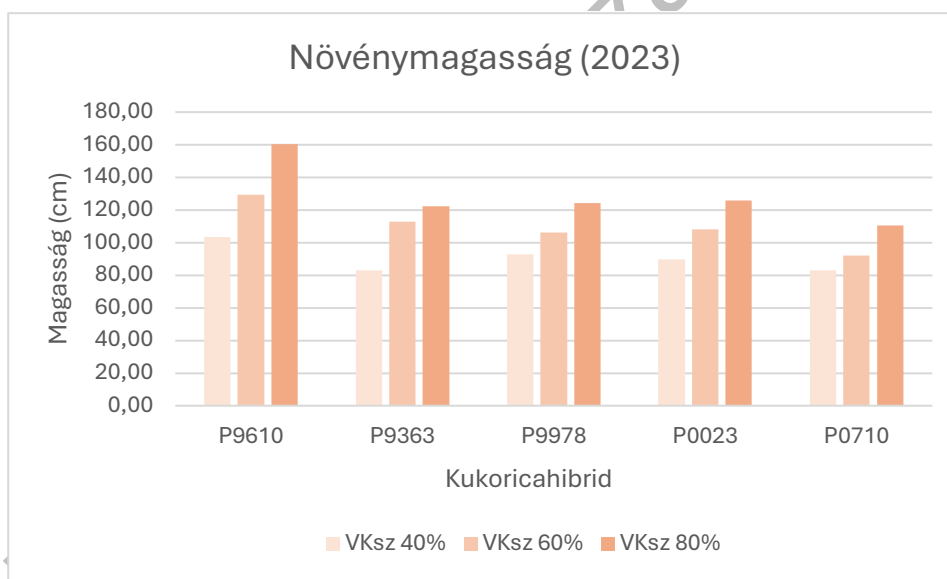
A második vizsgált hibrid a P9363 szintén növekvő tendenciát mutat a vízadagok emelkedésével, de a növénymagasság különbségei kisebbek, mint a P9610 esetében. Ez arra

utal, hogy a P9636 valamivel mérsékeltebb vízigényű, és kevésbé érzékeny a vízadag változására. A P9636 növekedési reakciója kiegyensúlyozottabb, ami azt jelenti, hogy ez a hibrid viszonylag stabil terméshozamot nyújt különböző vízellátási körülmények között.

A P9978 hibrid szintén növekedést mutat a vízadagok emelésével, bár itt is kisebb különbségek figyelhetők meg, mint a legérzékenyebb hibridek esetében. Ez a viszonylag mérsékelt reakció arra utal, hogy a P9978 toleráns az alacsonyabb vízadagokkal szemben, és mérsékeltebb vízmennyiség mellett is megfelelő növekedést biztosít.

A P0023 és P0710 hibrid hasonló tulajdonságokat mutattak a növénymagasság kísérlet során. A növénymagasság mindkét esetben mérsékeltén növekszik a vízadagok növelésével, különösen a 60% és 80% VKsz közötti különbségek kisebbek. Ez azt jelzi, hogy a P0023 és P0710 hibrid jól alkalmazkodik az alacsonyabb vízadaghoz is, és kevésbé függ a nagy mennyiségű víztől. Ez a két hibrid jól alkalmazható lehet szárazabb területeken is. A 8. ábra bemutatja a tavaly elvégzett azonos kísérlet eredményeit:

8.ábra: Kukoricahibridek magassága különböző vízellátottság mellett (2023)



A diagramok alapján mindkét évben a 40%-os vízellátottsági szintnél a növénymagasság a legalacsonyabb értékeket mutatja minden hibrid esetében. Azonban a 2024-es évben láthatóan nagyobb a növénymagasság a legtöbb hibridnél, mint 2023-ban, ami arra utalhat, hogy a 2024-es év időjárása vagy környezeti feltételei kedvezőbbek voltak a növekedéshez. A 60%-os vízellátottsági szintnél is hasonló tendencia figyelhető meg, azaz a 2024-es adatok több esetben magasabbak, mint a 2023-as értékek. Ez különösen a P9610 és P0023 hibrideknél szembetűnő. A legmagasabb vízellátottsági szint esetén mindkét évben a

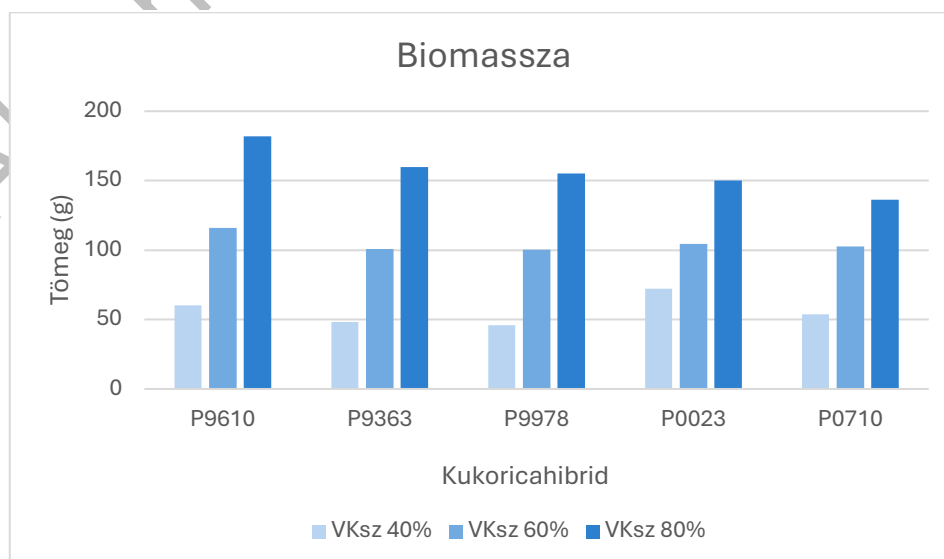
legnagyobb növénymagasságot érték el a hibridek, de a 2024-es év növekedési értékei szinte minden esetben meghaladják a 2023-as értékeket. Ez arra utal, hogy a megfelelő vízellátottság mindkét évben pozitívan hatott a növekedésre, de 2024-ben különösen kedvezően reagáltak a hibridek a nagyobb vízellátásra. A 2024-es év adatai alapján a növénymagasság általában magasabb minden vízellátottsági szinten és minden kukoricahibrid esetében a 2023-as évhez képest. Ez jelezheti a 2024-es kedvezőbb környezeti feltételeket vagy a jobb alkalmazkodóképességet az adott év időjárásához.

Összességében megállapítható a méréseim alapján, hogy növénymagasságból következtetve a kísérletben szerepelnek magas, közepes és alacsony vízigényű hibridek. A magas vízigényű hibridek, mint a P9610, kifejezetten jól reagálnak a nagyobb vízádagokra, és optimális növekedést mutatnak, ha bőséges víz áll rendelkezésre. A P9636 és P9978 hibridet a közepes vízigényűek közé sorolom. Ezek a hibridek mérsékeltebben reagálnak a vízádagok változásaira, így kiegyensúlyozott növekedést biztosítanak még alacsonyabb vízádag mellett is. Az alacsony vízigényű, szárazságtűrőbb hibridek, mint a P0023 és P0710 kevésbé érzékenyek a vízádagok változására, ami lehetővé teszi a stabil növekedést alacsonyabb vízádagok mellett is.

4.2. A biomassa tömegének változása különböző vízellátottsági szinteken

A kísérletemben megvizsgáltam a kukorica biomassa tömegének változását a különböző vízádagok mellett. Az eredményeket a 9. ábrán foglaltam össze.

9. ábra: Kukoricahibridek biomassa tömege különböző vízellátottság mellett



A P9610 hibrid esetében a biomassa tömeg jelentős növekedést mutat a vízadagok emelésével. 40% VKsz esetén a biomassa mennyisége a legalacsonyabb, míg 80% VKsz-nál eléri a maximális értéket. Ez arra utal, hogy a P9610 kifejezetten vízigényes hibrid, amelynek biomassa termelése erősen függ a rendelkezésre álló víz mennyiségétől. A vízadag növelésével a hibrid biomasszája gyorsan növekszik, ami azt mutatja, hogy a növény optimális növekedéséhez és magas biomassa termeléséhez rendszeres és nagy mennyiségű öntözés szükséges. Ez a hibrid különösen jó terméshozamot eredményezhet intenzív öntözési környezetben, ahol elegendő víz áll rendelkezésre, viszont vízhiányos területeken vagy száraz időszakokban jelentős termeléscsökkenésre lehet számítani.

A P9636 hibrid biomassa tömege szintén növekvő tendenciát mutat a vízadagok emelkedésével, de a növekedés mértéke kevésbé látványos, mint a P9610 esetében. Ez a hibrid mérsékelt vízigénnyel rendelkezik, és valamivel jobban tűri a vízhiányt, mint a P9610. A P9636 hibrid esetében a biomassa termelés növekedése kiegyensúlyozottabb, ami arra utal, hogy a hibrid kisebb mértékben függ a vízadagok változásától, és stabil biomassa termelést tud biztosítani alacsonyabb vízadagok mellett is.

A P9978 hibrid biomassa termelése a vízadagok emelésével szintén növekszik, de a különbségek mértéke kisebb, mint a legérzékenyebb hibridek, például a P9610 esetében. A mérsékelt biomassa növekedés azt jelzi, hogy a P9978 hibrid toleránsabb a vízhiánnyal szemben, és képes viszonylag stabil biomassa termelésre alacsonyabb vízadagok mellett is.

A P0023 hibrid esetében a biomassa termelés növekedése a vízadagok emelésével szintén megfigyelhető, de a változások itt is mérsékelték, különösen a 40% és 60% VKsz közötti eltérésnél. Ez arra utal, hogy a P0023 kevésbé érzékeny a vízadag változásaira, és szárazabb körülmények között is képes viszonylag magas biomassa termelésre.

A P0710 hibrid biomassa termelése mérsékeltén növekszik a vízadagok emelésével, különösen a 60% és 80% VKsz között tapasztalható kisebb különbségek támasztják ezt alá. Ez azt jelzi, hogy ez a hibrid alacsonyabb vízigényű, és kevésbé függ a vízadagok nagyságától, ami stabil biomassa termelést eredményezhet még alacsonyabb vízadagok mellett is.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a biomassa tömege növekszik a vízadagok emelésével, de az egyes hibridek különböző mértékben reagálnak a vízmennyiség változásaira. Az elemzésem során szintén három csoportba sorolom a kukorica hibrideket. A P9610 egy magas vízigényű hibrid, mely jelentős biomassa növekedést mutatott a magas vízadagok mellett. Ez a hibrid akkor éri el a maximális termésmennyiséget, ha elegendő víz áll a rendelkezésére. Ezek a hibridek elsősorban intenzív öntözési környezetben vagy csapadékos területen alkalmazhatóak a legsikeresebben. A közepes vízigényű hibridek csoportjába soroltam

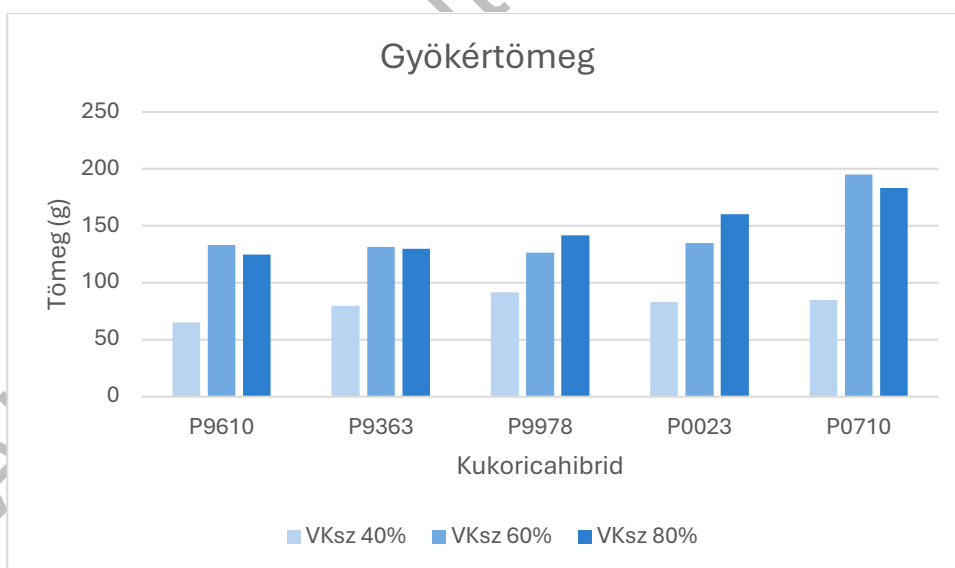
a P9636 és P9978 hibrideket. Ezek a hibridek mérsékeltébb növekedési reakciót mutattak a vízadagok változására, és viszonylag stabil biomassza termelést biztosítanak alacsonyabb vízadagok mellett is. A P0023 és P0710 hibridek a szárazságtűrők csoportjába tartoznak. Az ilyen hibridek jól alkalmazkodnak az alacsony vízadagokhoz, és kevésbé függenek a vízmennyiség változásaitól.

Az adatok rámutatnak arra, hogy a különböző vízadagok alkalmazása jelentős hatással van a kukoricahibridek biomassza termelésére. A magas vízigényű hibridek magas hozamot biztosíthatnak öntözött körülmények között, míg a szárazságtűrő hibridek stabil biomassza termelést nyújtanak vízhiányos vagy aszályos környezetben.

4.3. A gyökértömeg (g) változása különböző vízadagok mellett

A gyökértömeg vizsgálata kulcsfontosságú, mert a gyökerek a növény stabilitásában, tápanyag- és vízfelvételében alapvető szerepet játszanak. A gyökértömeg nagysága és eloszlása befolyásolja a növény ellenálló képességét a szárazsággal és a tápanyaghiánnyal szemben, ami közvetlenül hat a termés minőségére és mennyiségére.

10. ábra: Kukoricahibridek gyökértömege különböző vízellátottság mellett



A gyökértömeget ábrázoló diagram (10. ábra) részletesen bemutatja, hogyan változik a kukoricahibridek gyökernövekedése különböző vízadagok mellett. A gyökértömeg fontos mutatója a növények vízfelvételi képességének és a szárazságtűrésnek, hiszen a mélyebb és erősebb gyökerek segíthetnek a növényeknek a víz megtartásában szárazabb körülmények

között. Az egyes hibridek eltérő válaszreakciókat mutatnak a vízmennyiség növelésére, és a gyökértömeg változása fontos információkat ad a szárazságtűrésről, valamint arról, hogyan alkalmazkodnak a hibridek a különböző vízadagokhoz.

A P9610 hibrid esetében a gyökértömeg mérsékelt növekedést mutat a vízadagok emelésével. A 40% VKsz mellett alacsonyabb gyökértömeg figyelhető meg, amely 60%-ra és 80%-ra emelkedve nő, de nem éri el a legmagasabb értékeket. Ez arra utalhat, hogy a P9610 hibrid növekedése kevésbé függ a nagyobb gyökértömegtől, vagyis a gyökérrendszere nem reagál jelentős növekedéssel a nagyobb vízadagokra.

A P9636 hibrid gyökértömege szintén növekvő tendenciát mutat a vízadagok emelkedésével, de az eltérések mérsékelték a 40% és 80% VKsz között. Ez a hibrid viszonylag stabil gyökérnövekedést mutat alacsonyabb vízadagok mellett is, ami arra utal, hogy szárazabb körülmények között is képes megfelelő gyökérfejlődésre. A P9636 tehát alkalmazkodóképesebb lehet változó vízellátási körülményekhez, és mérsékelt szárazságtűrést biztosíthat olyan helyeken, ahol a vízellátás korlátozottabb.

A P0023 hibrid gyökértömege is növekszik a vízadagok emelésével, különösen a 60% és 80% VKsz között figyelhető meg jelentősebb növekedés. Ez a hibrid tehát viszonylag jól reagál a víz jelenlétére a gyökérfejlődés szempontjából, de alacsonyabb vízadagok mellett is képes megfelelő gyökérnövekedést biztosítani.

A P0710 hibrid esetében figyelhető meg a legjelentősebb növekedés a gyökértömegben a vízadagok növekedésével, különösen 80% VKsz esetén ér el kimagasló értéket. Ez arra utal, hogy a P0710 kifejezetten vízigényes gyökérfejlődés szempontjából, és bőséges víz mellett nagy gyökértömeget képez. Ez a hibrid erősebb gyökérrendszerrel rendelkezik, ami előnyt jelenthet vízzel jól ellátott területeken. Ugyanakkor vízhiányos körülmények között gyökérfejlődése visszaeshet, ami korlátozhatja szárazságtűrését.

Összességében a P9610 hibrid mérsékelt gyökérfejlődést produkált még a magasabb vízadagok mellett is. Stabil gyökérfejlődést mutatott a P9636 és P9978 hibrid. Ezek a hibridek mérsékeltén reagáltak a vízadagok változására, és stabil gyökértömeget biztosítottak még alacsonyabb vízadagok mellett is. Vízérzékeny gyökérfejlődést mutató hibridek a P0023 és P0710. Ezek a hibridek jelentős gyökértömeg növekedést mutattak magasabb vízadagok mellett, különösen 80% VKsz-nál. Az ilyen hibridek nagyobb gyökértömeget képeznek bőséges víz mellett, de szárazságtűrésük korlátozott lehet. A gyökértömeg változásának vizsgálata fontos információkkal szolgál a kukorica hibridek vízigényéről és szárazságtűréséről. A gyökértömeg a növény vízfelvételi képességét és szárazságtűrő képességét is befolyásolja, hiszen a kiterjedtebb gyökérrendszer jobb vízfelvételt tesz lehetővé. A gyökértömeg alapján

megkülönböztethetők a magas vízigényű hibrdek, amelyek kifejezetten jól reagálnak a nagyobb vízadagokra, valamint azok a hibrdek, amelyek stabil gyökérfejlődést mutatnak alacsonyabb vízadagok mellett is, és így alkalmasabbak vízhiányos környezetben történő termesztésre.

Ábrahám Rella szakdolgozat

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy az eltérő vízellátottsági szintek jelentős hatással vannak a vizsgált kukorica hibridek növekedésére és szárazságtűrésére. Az eredményeim alapján az a megállapításom a vízellátottság és a növénymagasság összefüggésére, hogy a növénymagasság növekedett a magasabb vízadagok hatására, különösen a P9610 hibrid esetében, amely jelentős növekedést mutatott 80% VKsz-nál. Ez arra utal, hogy bizonyos hibridek, mint a P9610, magas vízigényűek, míg más hibridek, például a P0023 és a P0710, kisebb vízadag mellett is stabil növekedést biztosítanak, ami szárazságtűrő képességükre utal. Ezek a tulajdonságok különösen fontos a termőterület megválasztásakor.

A biomassa és a vízellátottság összefüggése azt eredményezte, hogy a biomassa tömege szintén nagyobb vízellátottság mellett növekedett, különösen a magas vízigényű hibridek esetében. A P9610 hibrid magas biomassa tömeget produkált 80% VKsz mellett, ami azt jelzi, hogy intenzív öntözési környezetben különösen magas terméshozam érhető el vele. A szárazságtűrőbb hibridek, mint a P0023 és P0710, mérsékeltebb biomassa növekedést mutattak, de stabil növekedésükkel azt bizonyították, hogy alkalmasak lehetnek a vízhiányos termesztési körülményekhez.

A gyökértömeg vizsgálata rámutat a gyökérrendszer jelentőségére a szárazságtűrés szempontjából. Az erőteljesebb gyökérrendszer előnyt jelent a növény számára, mivel lehetővé teszi, hogy mélyebb talajrétegekből is képes legyen vízhez jutni, ami nélkülözhetetlen száraz környezetben. A kísérlet során a P0710 hibrid nagy gyökértömeget produkált a 80%-os VKsz mellett, míg a kiegyensúlyozott gyökértömeggel rendelkező P9636 és P9978 hibridek kisebb vízadagokkal is megfelelő növekedést mutattak. Ez arra utal, hogy ezek a hibridek kevésbé függenek a vízellátottságtól, és stabil gyökérfejlődésüknek köszönhetően jobban alkalmazkodnak az alacsonyabb vízadagokhoz.

A további kísérletek során a következőket lenne érdemes vizsgálni:

- hosszabb távú szárazságtűrés vizsgálatok, mely során szemtermés is betakarítható,
- kísérlet megismétlése eltérő talajtípusokon,
- a hibridek vizsgálata üvegházban és szántóföldi körülmények között,
- szárazságtűrés és tápanyagellátás összefüggésének vizsgálata,
- SPAD értékek alakulásának vizsgálata,
- levélterületi index alakulásának vizsgálata szárazságstressz hatására.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukorica termesztése világszerte kiemelt jelentőséggel bír, különösen az élelmiszer- és takarmány- és vetőmagipar számára. Az éghajlatváltozás és a szárazság egyre nagyobb kihívást jelent a mezőgazdaság számára, így különösen fontos olyan kukoricahibridek kifejlesztése és kiválasztása, amelyek jól alkalmazkodnak a változó környezeti feltételekhez. A dolgozatom célja az volt, hogy öt különböző kukoricahibrid szárazságtűrését vizsgáljam eltérő vízellátottsági szinteken, meghatározva ezzel a hibridek vízigényét és alkalmazkodóképességét. A vizsgálat során a növénymagasság, biomassa tömeg és gyökértömeg paramétereket mértem, amelyek fontos mutatói a növények egészségi állapotának és szárazságtűrő képességének.

A kísérletet csapadéktól elzárt fóliasátorban végeztem, amely lehetővé tette a különböző vízellátottsági szintek pontos beállítását és fenntartását. Három vízellátottsági szintet alkalmaztam: 40%, 60% és 80% a talaj természetes vízkapacitásának százalékában. A kísérletben vizsgált öt kukoricahibrid (P9610, P9363, P9978, P0023 és P0710) mindegyikét azonos módon kezelttem a vetéstől kezdődően, majd a vízádagokat szétválasztottam, hogy meghatározhassam a hibridek reakcióit a különböző vízmennyiségekre.

Az eredmények lehetőséget adtak arra, hogy a hibridek között vízigényük alapján különbséget tegyünk, és kiemeljük azokat a tulajdonságokat, amelyek szárazságtűrő képességüket meghatározzák. Kiderült, hogy az egyes hibridek növekedési és fejlődési mutatói eltérően reagálnak a vízádagokra, ami jelzi, hogy bizonyos hibridek alkalmasabbak vízhiányos környezethez, míg mások optimális terméshozamot nyújtanak öntözött körülmények között.

A gyökértömeg mérésekből következtetéseket vonhattunk le a gyökérfejlődés és a szárazságtűrés kapcsolatáról, ami fontos alapot nyújthat a jövőbeli fajtakiválasztásban. A biomassa és növénymagasság elemzése pedig hozzásegített ahhoz, hogy a hibridek közötti különbségeket nemcsak vízigény, hanem a növekedési potenciál szempontjából is megértsük. Az eredmények alapján a kutatás hozzájárulhat a szárazságtűrő hibridek kiválasztásához és az optimális öntözési gyakorlatok meghatározásához a különböző termesztési környezetekben.

Összességében a vizsgálat eredményei támogatják a vízhasználat optimalizálását és a fenntarthatóbb kukoricatermesztési gyakorlatok kialakítását, melyek kulcsfontosságúak lehetnek a mezőgazdasági termelés növekvő kihívásai közepette.

6. IRODALOMJEGYZÉK

1. Ahmed, A., Munsif, F., Arif, M., Ullah, I., Nuaman, M., 2011. YIELD AND YIELD COMPONENTS OF MAIZE AS AFFECTED BY SOWING DATES AND SOWING METHODS. *FUUAST J. Biol.* 1, 75–80.
2. Asghar, A., Ali, A., Syed, W., Asif, M., Khaliq, T., Abid, A., n.d. GROWTH AND YIELD OF MAIZE (*Zea mays* L.) CULTIVARS AFFECTED BY NPK APPLICATION IN DIFFERENT PROPORTION.
3. Badu-Apraku, B., Fakorede, M.A.B., 2017. Morphology and Physiology of Maize, in: Badu-Apraku, B., Fakorede, M.A.B. (Eds.), *Advances in Genetic Enhancement of Early and Extra-Early Maize for Sub-Saharan Africa*. Springer International Publishing, Cham, pp. 33–53.
4. Berényi, B., Szabó, L., 2001. Növénytermesztés trópusokon-szubtrópusokon. *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Bp.* 38–44.
5. Surányi D., Szabó L.Gy., Heszky L., 2014. SZÁZ ÉVE SZÜLETETT DR. MÁNDY GYÖRGY PROFESSZOR.
6. Dolinka, B., 1978. Rezisztencianemesítés lehetőségei a kukorica kártevőivel szemben. *Agrar. Közlemények*.
7. Du Plessis, J., 2003. Maize production. Department of Agriculture Pretoria, South Africa.
8. Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., Prasanna, B.M., 2022. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Secur.* 14, 1295–1319.
9. Futó Z., 2007. A vetésidő és tápanyagellátás hatása a kukorica termésére.
10. Futó, Z., Sárvári, M., 2015. A kukoricatermesztés technológiájának fejlesztési lehetőségei. *Gödöllő Szent István Egyetemi Kiadó*.
11. Glowacka, A., 2011. Dominant weeds in maize (*Zea mays* L.) cultivation and their competitiveness under conditions of various methods of weed control. *Acta Agrobot.* 64.
12. Gong, F., Wu, X., Zhang, H., Chen, Y., Wang, W., 2015. Making better maize plants for sustainable grain production in a changing climate. *Front. Plant Sci.* 6.
13. Gul, S., Khan, M.H., Khanday, B.A., Nabi, S., 2015. Effect of Sowing Methods and NPK Levels on Growth and Yield of Rainfed Maize (*Zea mays* L.). *Scientifica* 2015, 198575.
14. He, Q., Zhou, G., 2012. The climatic suitability for maize cultivation in China. *Chin. Sci. Bull.* 57, 395–403.

15. Jaliya, M., Falaki, A., Mahmud, M., Sani, Y., 2008. Effect of sowing date and NPK fertilizer rate on yield and yield components of quality protein maize (*Zea mays* L.). *ARPN J. Agric. Biol. Sci.* 3, 23–29.
16. Antal, J., 2000. *Növénytermesztők zsebkönyve*. Mezőgazda.
17. Karayel, D., Özmerzi, A., 2002. Effect of tillage methods on sowing uniformity of maize. *Can. Biosyst. Eng. Genie Biosyst. Au Can.* 44.
18. Kumar, S., Kumar, P., Bana, J.K., Shekhar, M., Sushil, S., Sinha, A., Asre, R., Kapoor, K., Sharma, O., Bhagat, S., 2014. Integrated pest management package for maize. *Natl. Cent. Integr. Pest Manag. New Delhi* 44.
19. Li, Y., Tao, C., Zhe, Q., Kehong, L., Xiaowei, Y., Dandan, H., Bingxin, Y., Dongyue, Z., Dongxing, Z., 2016. Development and application of mechanized maize harvesters. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 9, 15–28.
20. Mangani, R., Gunn, K.M., Creux, N.M., 2023. Projecting the effect of climate change on planting date and cultivar choice for South African dryland maize production. *Agric. For. Meteorol.* 341, 109695.
21. Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M.M., Sanchez G., J., Buckler, E., Doebley, J., 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99, 6080–6084.
22. Meinke, L.J., Sappington, T.W., Onstad, D.W., Guillemaud, T., Miller, N.J., Komáromi, J., Levay, N., Furlan, L., Kiss, J., Toth, F., 2009. Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) population dynamics. *Agric. For. Entomol.* 11, 29–46.
23. Meissle, M., Romeis, J., Bigler, F., 2011. Bt maize and integrated pest management - a European perspective. *Pest Manag. Sci.* 67, 1049–1058.
24. Muthuvel, D., Sivakumar, B., Mahesha, A., 2023. Future global concurrent droughts and their effects on maize yield. *Sci. Total Environ.* 855, 158860.
25. Nagy, J., 2007. *Kukoricatermesztés*.
26. Oerke, E.-C., Dehne, H.-W., 2004. Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Prot.* 23, 275–285.
27. Pepó, P., 2019. *Integrált növénytermesztés 2., Alapnövények*.
28. Piperno, D.R., Ranere, A.J., Holst, I., Iriarte, J., Dickau, R., 2009. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium BP maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106, 5019–5024.
29. Rácz, C., Nagy, J., 2011. A víz- és tápanyagellátottság, illetve -hasznosulás megítélésének kérdései kukorica terméseredmények vonatkozásában. *Növénytermelés* 60, 97–114.

30. Radics, L., 2003. Szántóföldi növénytermesztés.
31. Rasheed, A., Jie, H., Ali, B., He, P., Zhao, L., Ma, Y., Xing, H., Qari, S.H., Hassan, M.U., Hamid, M.R., Jie, Y., 2023. Breeding Drought-Tolerant Maize (*Zea mays*) Using Molecular Breeding Tools: Recent Advancements and Future Prospective. *Agronomy* 13, 1459.
32. Sabagh, A.E., Hossain, A., Iqbal, M.A., Barutçular, C., Islam, M.S., Çiğ, F., Erman, M., Sytar, O., Brestic, M., Wasaya, A., Jabeen, T., Bukhari, M.A., Mubeen, M., Athar, H.-R., Azeem, F., Akdeniz, H., Konuşkan, Ö., Kizilgeci, F., Ikram, M., Sorour, S., Nasim, W., Elsabagh, M., Rizwan, M., Meena, R.S., Fahad, S., Ueda, A., Liu, L., Saneoka, H., Sabagh, A.E., Hossain, A., Iqbal, M.A., Barutçular, C., Islam, M.S., Çiğ, F., Erman, M., Sytar, O., Brestic, M., Wasaya, A., Jabeen, T., Bukhari, M.A., Mubeen, M., Athar, H.-R., Azeem, F., Akdeniz, H., Konuşkan, Ö., Kizilgeci, F., Ikram, M., Sorour, S., Nasim, W., Elsabagh, M., Rizwan, M., Meena, R.S., Fahad, S., Ueda, A., Liu, L., Saneoka, H., 2020. Maize Adaptability to Heat Stress under Changing Climate, in: *Plant Stress Physiology*. IntechOpen.
33. Keszthelyi S., 2009. AZ ÁRUKUKORICA NÖVÉNY- VÉDELME.
34. Shrestha, J., Timsina, K.P., Subedi, S., Pokhrel, D., Chaudhary, A., n.d. Sustainable Weed Management in Maize (*Zea mays* L.) Production: A Review in Perspective of Southern Asia.
35. Vasileiadis, V.P., Sattin, M., Otto, S., Veres, A., Pálincás, Z., Ban, R., Pons, X., Kudsk, P., van der Weide, R., Czembor, E., Moonen, A.C., Kiss, J., 2011. Crop protection in European maize-based cropping systems: Current practices and recommendations for innovative Integrated Pest Management. *Agric. Syst.* 104, 533–540.
36. Wu, Q., He, Y., Madramootoo, C.A., Qi, Z., Xue, L., Bukovsky, M., Jiang, Q., 2023. Optimizing strategies to reduce the future carbon footprint of maize under changing climate. *Resour. Conserv. Recycl.* 188, 106714.
37. Žydelis, R., Weihermüller, L., Herbst, M., 2021. Future climate change will accelerate maize phenological development and increase yield in the Nemoral climate. *Sci. Total Environ.* 784, 147175.

Elektronikus források:

Internet1: <https://link.springer.com/article/10.1007/S12571-022-01288-7>

Internet2: <https://agrarium7.hu/cikkek/1384-korszeru-es-eredmenyes-kukoricatermesztes>

Internet3: https://assets.sutori.com/user-uploads/image/8cd93521-d586-4a38-933a-e2e353d8c647/a5_111.jpeg

Internet4:<https://oroscafe.hu/2023/09/28/javaban-tart-a-kukorica-betakaritas-mutatjuk-milyen-eredmennyel/>

Ábrahám Rella szakdolgozat

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni első sorban témavezetőmnek Dr. Futó Zoltán tanszékvezető, egyetemi docensnek, hogy szakmai tudásával, hasznos tanácsaival és észrevételeivel segítette méréseimet és támogatott szakdolgozatom elkészítésében.

Szeretném megköszönni az Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék munkatársainak odaadó munkájukat, mellyel segítették kísérletem megvalósítását.

Valamint köszönettel tartozom az Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszéknek, hogy biztosította a méréseim elvégzéséhez szükséges eszközöket és mintákat.

Ábrahám Rella szakdolgozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és
eredetiségéről

A hallgató neve: ABRAHÁM RELLA
A Hallgató Neptun kódja: CL5U19
A dolgozat címe: A KUKORICA GELJTÍPUSOK VIGÉNYENEK ÉS
SAZARZSA GTÜRESENEK VIZSGALATA
A megjelenés éve: 2024.
A konzulens intézetének neve: KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: ÖNTÖZÉSTELEPÍTÉSI ÉS MELIORÁCIÓS TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott
záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi
alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen
megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a
záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását
engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás
felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor
szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár-
és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a
megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
 - titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után
- nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. év 11. hó 08. nap

Abraham Rella
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat
III. Hallgatói Követelményrendszer
III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat
6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója
4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Ábrahám Rella (név) (hallgató Neptun azonosítója: CL5VI9) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Szarnas 2024 év november hó 11. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő alá húzandó.

³ A megfelelő alá húzandó.