

SZAKDOLGOZAT

Virág Bence

2024



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

KUKORICAHIBRIDEK SÓTŰRÉSÉNEK VIZSGÁLATA, ELTÉRŐ
VÍZELLÁTÁSI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

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

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

Készítette: **Virág Bence**

Szarvas
2024

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

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	1
2. Irodalmi áttekintés	2
2.1 A kukorica hazai és nemzetközi jelentősége.....	2
2.2 A kukorica szerepe a mezőgazdaságban	3
2.3 Kukoricatermesztés	4
2.3.1 Termőhely igény	4
2.3.2 Biológiai jellemzés	4
2.3.3 Éghajlatigény.....	6
2.3.4 Tápanyagigény	7
2.3.5 Vetése.....	9
2.3.6 Öntözése	11
2.3.7 Növényvédelme	13
3. Anyag és módszer.....	15
3.1. A kísérlet bemutatása.....	15
3.2. Az öntözési kezelés bemutatása	16
3.3. A sós kezelés ismertetése	16
4. Eredmények kiértékelése	17
4.1. A kísérlet bemutatása.....	17
4.2. Az öntözési kezelés bemutatása	18
4.3. A sós kezelés ismertetése	18
5. Eredmények kiértékelése	19
5.1. Növénymagasság mérése.....	19
5.1.1 Alacsony vízádag (VKsz 40%).....	19
5.1.2. Közepes vízádag (VKsz 60%).....	21
5.1.3. Magas vízádag (VKsz 80%).....	23
5.2. Kukorica biomassa mérése.....	25
5.2.1. Alacsony vízádag (VKsz 40%)	25
5.2.2. Közepes vízádag (VKsz 60%).....	27
5.2.3. Magas vízádag (VKsz 80%).....	29
5.3. A kukorica gyökértömegének változása.....	31
5.3.1. Alacsony vízádag (VKsz 40%)	31
5.3.2. Közepes vízádag (VKsz 60%).....	33
5.3.3. Magas vízádag (VKsz 80%).....	35
6. Következtetések és javaslatok.....	37
7.Összefoglalás	39
8. Irodalomjegyzék	40

1. Bevezetés és célkitűzések

A kukorica (*Zea mays* L.) az egyik legfontosabb mezőgazdasági növény világszerte, jelentősége pedig hazánkban is kiemelkedő. Számos területen hasznosítják, beleértve az állati takarmányozást, az élelmiszeripart és az ipari alapanyagok előállítását. A terméshozam és minőség maximalizálása érdekében elengedhetetlen a megfelelő termőhelyi adottságok és agrotechnikai megoldások alkalmazása. A klimatikus változások következtében a mezőgazdasági termelők számára egyre nagyobb kihívást jelentenek az időjárási szélsőségek és a kedvezőtlen talajviszonyok, köztük a talaj sótartalmának növekedése. A sófelhalmozódás olyan problémát jelent, amely a termőterület csökkenéséhez, a terméshozam csökkenéséhez és a növények minőségének romlásához vezethet, különösen a szárazabb éghajlatú régiókban.

A kukorica sótűrésére vonatkozó vizsgálatok fontosságát tovább fokozza, hogy a globális vízhiány és a növekvő öntözési igény egyre gyakoribbá teszi az alternatív, akár sósabb vízforrások használatát is. Ezt az igényt tovább erősíti, hogy a mezőgazdasági öntözés több országban a rendelkezésre álló vízkészletek jelentős hányadát emésztí fel. Az öntözési lehetőségek szűkülése és a vízhasználat optimalizálására való törekvés a növénytermesztésben, beleértve a kukoricatermelést is, megköveteli az olyan hibridek nemesítését és termesztését, amelyek ellenállóbbak a sóstresszel szemben és képesek megtartani termésüket csökkentett vízellátás mellett is. A kukoricahibridek sótűrésének elemzése különböző vízellátási feltételek mellett így kulcsfontosságú szerepet játszik a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok kialakításában.

A sóstressz nemcsak a növény növekedésére, hanem fiziológiai folyamataira is hatással van. A fokozott sótartalom gátolja a vízfelvételt, amely tápanyaghiányhoz és a sejtek ozmotikus egyensúlyának felborulásához vezet. Emellett a só stresszt okozó ionok, például a nátrium- és kloridionok felhalmozódása toxikus hatást fejthet ki a növényi szövetekre, károsítva a fotoszintézis folyamatait és gátolva a növekedést. Az ilyen körülményekhez való adaptáció képessége alapvető fontosságú, különösen a hibrid növények esetében, mivel ez nagymértékben befolyásolja a termelési eredményeket és a gazdálkodás fenntarthatóságát.

A szakdolgozat célja, hogy a különböző kukoricahibridek sótűrését vizsgálja eltérő vízellátási körülmények között. A kutatás során azt elemzem, hogy a vízfelvétel és a sóstressz hogyan hatnak a növények növekedésére, fiziológiai reakcióira és termésmennyiségére.

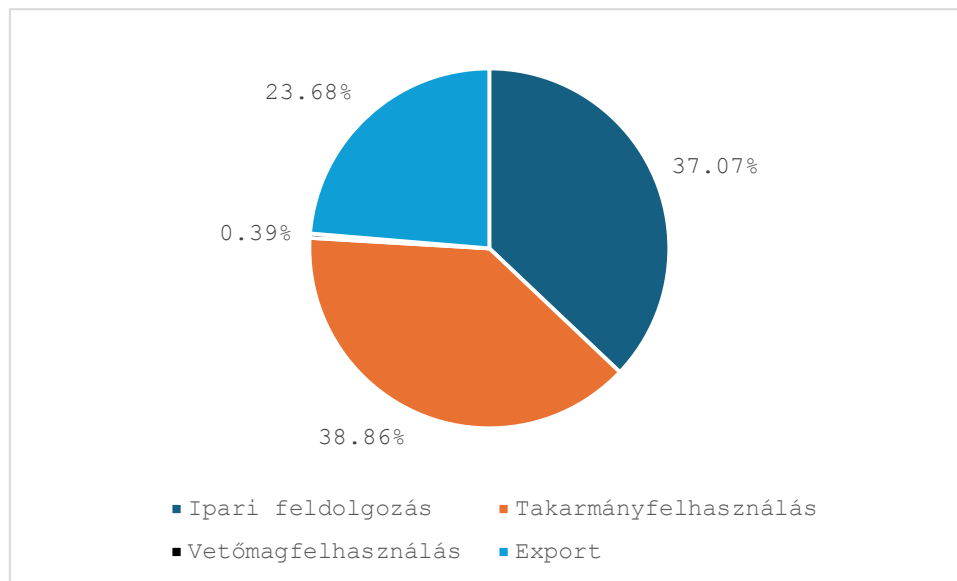
2. Irodalmi áttekintés

2.1 A kukorica hazai és nemzetközi jelentősége

A kukorica a búza után a második legszélesebb körben termesztett növény világszerte, és az állati takarmány kulcsfontosságú összetevője, amely jelentős szerepet játszik a globális agrár-élelmiszerrendszerekben és a táplálkozás biztosításában. A globális kukoricatermelés 197 millió hektárt tesz ki, főként Észak-Amerikában, Ázsiában és Afrikában a Szaharától délre fekvő területeken. A jelentések szerint Európa a világ kukoricatermelésének 11%-án is jól járul hozzá a kukorica terméshozamának növekedéséhez az elmúlt két évtizedben. A három fő növény, a búza, a kukorica és a rizs 94 fejlődő országban több mint 4,5 milliárd ember táplálékkalóriájának 30%-át adja. A világ népességének növekedésével, az élelmiszerek iránti kereslet növekedésével és a változó étreddel együtt kulcsfontosságú a kukorica terméshozamának, termésstabilitásának és minőségének növelése. A helyzetet bonyolítja a termőföldek elvesztése és a klímaváltozás miatti egyre szélsőségesebb környezeti viszonyok. (Széles et al., 2024)

A globális kukoricatermelés 2022-ben közel 1,2 milliárd tonna volt, ami 97%-os növekedést jelent 2000 óta. A növekedés a kukorica fontos szerepét mutatja az élelmiszertermelésben, az állati takarmányozásban és a bioüzemanyag-gyártásban. Azonban 2021 és 2022 között 4%-os visszaesés volt tapasztalható, amit többek között kedvezőtlen időjárási viszonyok, ellátási lánc kihívások és gazdasági bizonytalanságok okoztak. 2021-ben a kukorica a világ növénytermesztésének 13%-át tette ki, cukornád, búza és rizs mellett. Ezek a növények együtt a globális növénytermesztés felét adják, ami a kukorica jelentőségét hangsúlyozza. Magyarországon a kukorica továbbra is alapvető növény az élelmiszeripar, takarmányozás és ipari felhasználás miatt. 2022-ben az országban 1 millió hektáron 6,5 millió tonna kukoricát takarítottak be, ami 6,5 tonna/hektár átlaghozamot jelent. Az éghajlatváltozás, aszály és csapadékingadozások következtében mérsékelt hozamsökkenés tapasztalható, bár a termékeny síkságok és kontinentális éghajlat alapvetően kedvező környezetet biztosítanak a termesztéshez. (FAO, 2022)

1.ábra: Kukorica felhasználása 2023-ban (internetes forrás)



2.2 A kukorica szerepe a mezőgazdaságban

Az elmúlt húsz évben hazánk termőterületének nagy hányadát a búza, a napraforgó és a kukorica tette ki. 2013-ban a kukoricát 1243 hektáron termesztették, ennek ellenére 2023-ban mindösszesen 771 hektár területen volt kukorica, ami az elmúlt több mint 30 évben a legkevesebb (KSH, 2024a). Azonban a kukorica termésmennyisége közel 6.3 millió tonna volt, ami csak egy kicsivel marad el a 2013-as 6.75 millió tonnához képest (KSH, 2024b).

A kukorica elsősorban kontinentális és mediterrán éghajlati viszonyok között érzi magát a legjobban. Kémiai összetétele lehetővé teszi, hogy mind a szemtermését, mind a teljes növényt sokféleképpen felhasználják, akár takarmányként, akár más célokra. Termesztése és feldolgozása könnyen gépesíthető, és a termés biztonságosan tárolható. A kukorica fő- és melléktermékei nemcsak a mezőgazdaságban, hanem más iparágakban is felhasználhatók. A szemtermés alapanyaga lehet a takarmányozásnak, de az élelmiszeripar, a keményítő- és vegyipar, valamint a bioetanolgyártás számára is fontos. A melléktermékek hasznosíthatók a cellulóz-, energia- és vegyiparban is. A teljes növény betakarítása és tartósítása kiváló takarmányt biztosít a tejelő állatállomány számára. Magyarországon a kukoricatermesztés hosszú múltra tekint vissza, amelyet a sikeres nemesítési, termesztési és feldolgozási tevékenységek alapoznak meg. Ezt jól példázzák a XIX. században alapított keményítőgyárak, amelyek kukoricát is feldolgoztak, valamint a magyar kutatók jelentős szerepe a hibridkukorica nemesítésében. Az elmúlt 20-30 évben jelentős előrelépést értünk el a kukoricatermesztésben, amelynek köszönhetően a termés hozamok jelentősen nőttek. Ezek a mennyiségek nemcsak a

hazai igények kielégítésére szolgálnak, hanem fontos exportlehetőségeket is biztosítanak. (Győri and Győriné Mile, 2011)

2.3 Kukoricatermesztés

2.3.1 Termőhely igény

A kukorica nagy odafigyelést igényel, ha a termés hozamról és a termésbiztonságról van szó, még akkor is, ha képes termést hozni kevésbé intenzív körülmények között is. A szántóföldi területek ebből a szempontból kedvező, mérsékelten kedvező és kedvezőtlen kategóriákba sorolhatók. A legalkalmasabb talajok a kukoricatermesztésre azok, amelyek kiegyensúlyozott hő- és vízgazdálkodással rendelkeznek, például a közepesen kötött mezősegi és erdőtalajok, valamint a vízelvezetett réti és öntéstalajok. Ezek a talajok jó kapilláris vízemelő képességgel rendelkeznek, optimális talajvízmélységgel bírnak, és tápanyagban gazdagok, ezért kevésbé érzékenyek az időjárás változásaira. A mérsékelten kedvező talajok közé tartoznak a kötött réti talajok, a humuszos homoktalajok, valamint az enyhén erodált, lejtős területek, ahol a nyári csapadék egyenletes eloszlása kulcsfontosságú a termés szempontjából. A kedvezőtlen kategóriába sorolhatók a szikes talajok, a gyengén humuszos homoktalajok és a sekély termőrétegű, heterogén talajok. Ezeken a helyeken a termés hozam erősen függ az évszaktól, mivel a talaj víz- és hőgazdálkodása kedvezőtlen. A kukorica keléséhez és kezdeti növekedéséhez átlagosan 10 °C-os talajhőmérsékletre van szükség a vetés mélységében, valamint folyamatosan nedves magágyra. A növény májusi és júniusi fejlődéséhez egyenletes csapadékeloszlású, meleg napok ideálisak, míg vízigénye a címerhányás és szemkitelés idején a legnagyobb. Az éréshez meleg, viszonylag száraz időjárás kedvező. (Antal, 2000)

2.3.2 Biológiai jellemzés

A kukorica egyszikű növény, amely a Gramineae családba, a Maydeae alcsaládba tartozik, és a Zea nemzetség tagja. Tudományos neve: Zea mays L. (Sárvári, 2019)

A kukorica gyökérzete bojtos felépítésű, és három típusra bontható. Az elsődleges gyökerek a gyököcskéből indulnak ki, és fő- valamint mellékgyökerek alkotják. A másodlagos gyökerek, vagyis a csomó- vagy koronagyökerek, a hajtás föld alatti csomóiból több rétegben fejlődnek ki. A harmadik csoportot a harmat- vagy támasztógyökerek alkotják, amelyek a föld feletti csomókból erednek, és nemcsak a növény stabilizálásában, hanem a tápanyagfelvételben is fontos szerepük van. A gyökérzet fejlettsége meghatározó a víz- és tápanyagfelvétel

szempontjából, továbbá nagy szerepet játszik a kukorica megdőlésének megelőzésében. Száraz talajviszonyok között a gyökerek egy része akár 2 méter mélyre is lenyúlhat, azonban a gyökérzet nagy része általában a talaj felső, 30 cm-es rétegében található. (Radics, 2008)

A kukorica szára kóróyszerű, hengeres és tömött. A szár magassága és vastagsága több tényezőtől függ, amelyek közül a legfontosabb a fajta. A főhajtás talajközeli csomóiból gyakran erős mellék- vagy fattyúhajtások fejlődnek ki. A fattyasodás mértéke fontos fajtatulajdonság, de a környezeti tényezők, különösen az agrotechnikai beavatkozások is befolyásolják. (Radics, 2008)

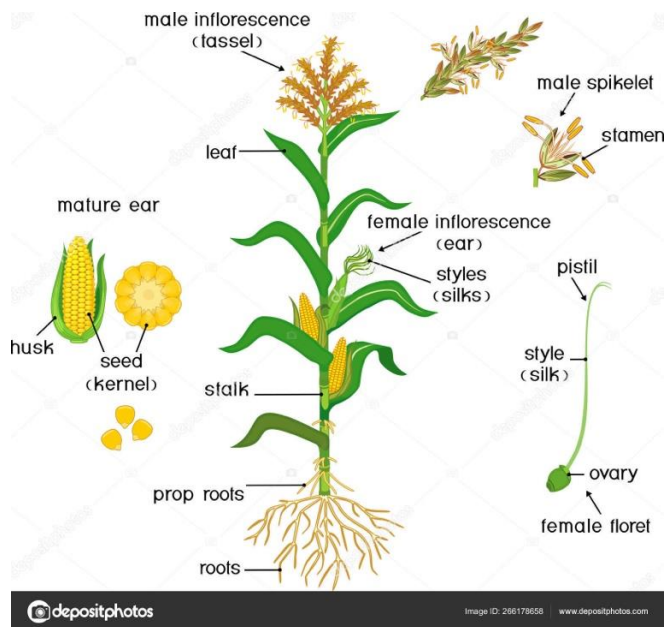
A kukorica levelei több szempontból hasonlítanak a kalászos gabonafélék leveleihez, de van néhány különbség is, például a kukorica levelei hosszabbak és szélesebbek. Pozitív összefüggés figyelhető meg a levéllemez szélessége, hosszúsága és a növény magassága között. Emellett a levélfelület mérete is összefüggésben van a szemterméssel: vízhiánymentes körülmények között a hektáronkénti szemtermés növekedése 5-5,5 m²/m² levélfelület-indexig (LAI) lineáris, majd 6-7 m²/m² értékig lassul. A különböző magasságban elhelyezkedő levelek különböző mértékben járulnak hozzá az asszimilációhoz. A kukoricának általában 8-14 levele van, ritkább esetekben akár 14-38 is lehet. (Sárvári, 2019)

A kukorica egylaki növény, ami azt jelenti, hogy a termős és porzós virágok külön helyezkednek el ugyanazon a növényen. A termős virágzat, amely alaktanilag torzsavirágzat, a főhajtás vagy a másodhajtások levélhónaljában található rügyekből fejlődő rövid hajtás csúcán helyezkedik el. A magház csúcsáról két szinte teljesen összenőtt bibe nő ki. Ezek a bibék, amelyeket népiesen "bajusznak" vagy "hajnak" neveznek, 5-10 cm hosszúak lehetnek, világossárgák, majd később megbarnulnak, miután a burokleveleken keresztül kibújnak. A porzós virágzat, más néven hímvirágzat vagy címer, a hajtás legfelső részén helyezkedik el, mint a szár folytatása. Alaktanilag ez egy erősen elágazó bugavirágzat, amely felfelé keskenyedik és mereven áll. A címer szintén csomókra osztott, ahonnan az oldalágak erednek. (Nagy, 2007)

A kukorica termése alaktanilag szemtermés, amely egy egymagvú, száraz termés, és nem nyílik fel. A felső állású magházból alakul ki, és a maghéj szorosan összeolvad a termés héjjal. A szemtermés alakja változatos: alsó részén hegyes, oldalról lapított, keresztmetszetben általában három-, néha négyoldalú. Fajtától függően lehet lapított, gömbölyű, zömök orsó, tojás, ék alakú stb. Mérete, tehát a hosszúsága, szélessége és vastagsága is változó, a fajta jellegzetességeitől függ. A szemtermés színét a háromrétegű terméshéj határozza meg, amely lehet fehér, sárga, barna, vörös, ibolyás, lilásvörös, illetve ezek

különböző árnyalatai és átmenetei. A szemtermés enyhén lapított, hasi oldalán egy világos folt, a pajzsocska látható, amelyen belül a csíra helyezkedik el. (Menyhért, 1985)

2.ábra: Kukorica felépítése (internetes forrás)



2.3.3 Éghajlatigény

A kukorica melegigényes szántóföldi növényeink csoportjába sorolható. Korábban a Kárpátoktól északra főként silókukoricát termesztettek, de a nagy formagazdagság és a nemesítés eredményeként a szemes kukorica is egyre északabbra terjed. Eredetileg rövidnappalos növény, de az évszázadok során jól alkalmazkodott mind rövid-, mind hosszúnappalos körülményekhez. A trópusi kukoricafajták mérsékelt övi viszonyok között későn virágoznak, míg a mérsékelt övi fajták trópusi környezetben gyors fejlődésűek és korán virágoznak. A kukorica termesztésének legfontosabb kritériuma a megfelelő hőmérséklet. (Bocz and Késmárki, 1992)

A kukorica hőigénye nyáron legalább 19 °C nappali és 13 °C éjszakai havi átlaghőmérséklet mellett teljesül. A legjobb terméshozam ott érhető el, ahol a legmelegebb nyári hónapok átlaghőmérséklete 21-27 °C között van. A címerhányástól a tejesérésig pedig az ideális 24-26°C közé tehető. Az érés szakaszában a kukorica hőigénye már alacsonyabb. Tavasszal és ősszel a nagy hőingadozások nem mindig kedveznek a növény fejlődésének, a késői felmelegedés pedig késleltetheti a vetést és a kelést. Magyarország hőmérsékleti

viszonyai leginkább a kelés és a címerhányás közötti időszakot befolyásolják, ami meghatározza a kukorica érési idejét is. (Bocz and Késmárki, 1992)

A kukorica fejlődését alapvetően a hőmérséklet határozza meg, de nagy terméspotenciálja miatt jelentős víz- és tápanyagigénye is van. Ezért a sikeres termesztéshez a hő, víz és tápanyag egyensúlyára van szükség. A trópusokon, bár bőséges a hő és víz, a tápanyaghiány miatt alacsonyabb a terméshozam. A kukorica hatékonyan hasznosítja a vizet, de nagy biomassza-termeléséhez 460-580 mm víz szükséges. Száraz évjáratokban is képes kielégíteni vízigényét, akár 100-130 cm mélyről is. A löszháti talajok jó víztartó képességgel rendelkeznek, és akár 220-270 mm hasznos nedvességet is tárolhatnak, ami a kukorica tenyészidő alatti vízigényének közel 40%-át fedezheti. Ha tavasszal 100-150 mm-nél kevesebb nedvesség van a talajban, az időjárás általi kockázat növekszik. A kukorica legnagyobb vízigénye a címerhányástól a szemtelítődésig tartó, kritikus időszakban jelentkezik, amely jellemzően július-augusztusra esik, amikor hazánkban gyakori az aszály. (Bocz and Késmárki, 1992)

2.3.4 Tápanyagigény

A talajromlás fő okai közé tartozik a szél- és vízerózió, amelyet helytelen talajművelés és rossz talajkezelés idéz elő. A savasodás a nem megfelelően használt nitrogénalapú műtrágyák miatt, valamint az ipari szennyvizek felelőtlen kibocsátása által okozott talajszennyezés. Ennek ellenére a leromlott és erodált talajok termelékenységére helyreállítható szerves javítóanyagok, például trágya és a javított növény- és talajkezelési technikák segítségével. További módszerek közé tartoznak a kémiai talajjavítók, a fitoremediáció, a bioremediáció és a természetes regenerálódás alkalmazása. A műtrágyák általánosan olyan ásványi anyagokként határozhatók meg, amelyeket a talajhoz adnak, hogy biztosítsák a növények növekedéséhez és termelékenységéhez szükséges elemeket. A három fő elem a nitrogén, kálium és foszfor, míg a másodlagos elemek közé tartozik a kalcium, kén és magnézium. További elemek még a bór, mangán, vas, cink, réz és molibdén. A műtrágyák fokozzák a talaj természetes termelékenységét, vagy pótolják a növénybetakarítás, legeltetés, kilúgzás vagy erózió révén kimerült kémiai elemeket. A kukoricáról bebizonyosodott, hogy pozitívan reagál a műtrágyázásra, ami növeli a terméshozamot. (Chukwuka et al., 2015) A kukorica megfelelő növekedéséhez és hozamához elegendő mennyiségű tápanyagra van szükség, különösen nitrogénre, foszforra és káliumra. A nitrogén, foszfor, kálium és más tápanyagok létfontosságú szerepet játszanak a klorofill, nukleotidok, foszfatidok és alkaloidok

képződésében, valamint számos enzim, hormon és vitamin szintézisében, amelyek elengedhetetlenek az optimális szemterméshez. (Odelana et al., 2017)

A talajba juttatott istálló- vagy műtrágya mennyiségét a talaj tápanyagtartalma, az agrotechnikai módszerek, a termőhelyi és klimatikus viszonyok határozzák meg. A különböző fajták eltérően hasznosítják a tápanyagokat, ezért a fajlagos tápanyagszükséglet változhat. A trágyaszükséglet megállapításakor a talaj tápanyag-ellátottságát, a növény igényeit és a várt termés hozamot vesszük figyelembe. A kukorica különösen hálás a szerves trágyára, mivel az javítja a talaj szerkezetét, biológiai aktivitását, és kedvező hatást gyakorol a talaj víz-, levegő-, hő- és tápanyaggazdálkodására. (Berényi and Szabó, 2001)

A kukorica tápanyagigényes növény, amely magas termés hozamot csak jól trágyázott talajon érhet el. A szemeskukorica fajlagos tápanyagigénye 100 kg terméshez 2,5 kg nitrogén (N), 1,1 kg foszfor (P_2O_5), és 2,2 kg kálium (K_2O), összesen 5,8 kg NPK. A tápanyagarány általában 1:0,4:0,9, ahol külterjes körülmények között a nitrogén dominál, belterjesebb viszonyoknál pedig a nitrogén és kálium aránya azonos, a foszfor kisebb mennyiségben szükséges. (Radics, 2003)

A kukorica tápanyagfelvételének és eloszlásának biológiája nem mutat változást a korábbi évekhez képest. A legújabb genetikai állományú hibridek magasabb hozama és biomassza termelése összefüggésbe hozható a megnövekedett növényi tápanyagfelvétellel és a talaj tápanyagtartalmának magasabb kihasználásával. Az optimális nitrogénellátásnak jelentős szerepe van a növények növekedési jellemzőiben, hiszen a növényi sejtkomponensek fő tényezője, elsősorban a fotoszintetikus apparátusban betöltött szerepe miatt. A kukorica nitrogénfelhasználási hatékonyságát globálisan 33%-ra becsülik, amit negatívan befolyásol a gyökérszóna alatti műtrágya kimosódás és a denitrifikáció. (Bojtor et al., 2021)

A nitrogén a növények számára alapvető tápanyag, és a kukoricatermesztés egyik legfontosabb tényezője. Kiemelkedő szerepet játszik a növekedésben, a növények szárazanyag-tartalmának 1-4%-át alkotja. A kukorica a vegetáció teljes időszaka alatt hasznosítja a nitrogént: kezdetben ammónia-, később nitrátformában. A nitrát a foszforhoz és káliumhoz képest könnyebben mozog a talajban. (Menyhért, 1985) A nitrogén elengedhetetlen a fehérjék és nukleinsavak szintéziséhez, így, ha nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségben, a növekedési ütem lelassul. A kukorica megfelelő fejlődéséhez a vegetációs időszakban elegendő nitrogénellátás szükséges. Továbbá, fontos szerepet játszik a fehérjék szerkezetében, és számos olyan vegyületben található meg, amelyek kulcsfontosságúak a növényi növekedési folyamatokhoz, mint például a klorofill és különböző enzimek. Emellett a nitrogén elősegíti a foszfor, kálium és más tápanyagok hatékony hasznosítását a növényekben. Ha nitrogénhiány

lép fel, vagy éppen túl sok van jelen a talajban, az a kukoricatermés jelentős csökkenéséhez vezethet. (Gul et al., 2015)

A foszfor szintén alapvető tápanyag, amely elengedhetetlen a kukorica terméshozamának növeléséhez. A foszforhiány hasonlóan kritikus, mint a nitrogénhiány, mivel korlátozza a kukorica fejlődését. A kukorica foszforigénye főként a kezdeti fejlődési szakaszban és a virágzás idején jelentkezik. Ez a két felvételi csúcs meghatározza a foszforműtrágyázás időzítését és módját. A kezdeti foszforigény hatékonyan kielégíthető, ha vetéskor jól oldódó, ún. starter műtrágyát juttatunk ki. (Menyhért, 1985) Ez az elem kulcsfontosságú szerepet játszik a növények különféle fiziológiai folyamataiban, különösen a fejlődés és az érés szakaszában. Részt vesz az enzimatikus reakciókban, és elengedhetetlen a sejtosztódáshoz, mivel a nukleoproteinek alkotórésze, amelyek a sejtek szaporodásában játszanak szerepet. Emellett a foszfor nélkülözhetetlen a szénhidrátok szintéziséhez és lebontásához, valamint hozzájárul a mag- és gyümölcsképződéshez és az érési folyamatokhoz. Segíti a termés gyorsabb érését, amely ellensúlyozza a talajban lévő túlzott nitrogén hatásait. Továbbá erősíti a növény szerkezetét, ami csökkenti a kidőlés kockázatát, valamint javítja a termés minőségét és növeli a növények ellenálló képességét a betegségekkel szemben. (Gul et al., 2015)

A kálium az egyik legfontosabb makrotápanyag a nitrogén és foszfor után. Hiánya jelentősen befolyásolja a növény növekedését és termését. A kálium-műtrágyázás során figyelembe kell venni, hogy a kukorica a teljes tenyészidő alatt egyenletesen nagy mennyiségű káliumot igényel. Vályogtalajon a kijuttatott kálium nagyrészt a szántott rétegben marad, és csak mérsékelten mozog a mélyebb rétegek felé, míg homokos, laza talajokon a téli csapadék hatására jelentős kimosódás is előfordulhat. (Menyhért, 1985) A kálium számos növényi enzim aktivátora, és fontos szerepet játszik a növény vízháztartásában, mivel szabályozza az ionegyensúlyt a sejtekben. A kálium szabályozza a levél pórusainak nyitását és ezáltal a párologtatás és a gázcsere ütemét. A növényeknek káliumra van szükségük a cukrok és keményítők képződéséhez, a fehérjeszintézishez és a sejtosztódáshoz. Káliumhiány esetén a fotoszintézis csökken a levelekben felhalmozódó szacharóz miatt. (Odelana et al., 2017)

2.3.5 Vetése

A kukorica terméshozamának növelésében kulcsfontosságú a megfelelő talaj-előkészítés, amely őszi talajművelésből, tavaszi magágyelőkészítésből és szervesztrágyázásból áll. A növény a jól szellőző, mélyen művelt talajt kedveli, amely optimális, 52-56%-os pórusterfogatú. Ezt megfelelő mélységű őszi vagy nyár végi mélyszántással lehet elérni, amely

emellett az évelő gyomok és rovarkártevők irtásában is segít. Ha az őszi mélyszántás elmarad, tavasszal szántani kell, de ekkor már nem szabad mélyen. (Radics, 2003)

A magágykészítés kulcsfontosságú a megfelelő tőszám, egyenletes növényállomány és hatékony vegyszeres gyomirtás érdekében. Tavasszal, amint lehetséges, el kell végezni a simítózást. A kombinátorral a talajt lezárják, és egyenletes felszint hoznak létre, biztosítva a vetőmag csírázásához alkalmas magágyat. A kombinátorozást a vetés mélységéig kell végezni. (Radics, 2003)

A vetésidő és vetésmélység szorosan összefügg. Korai vetésnél, amikor elegendő nedvesség van, de a talaj még csak alig érte el az optimális hőmérsékletet, a javasolt vetésmélység 4-6 cm. Kései vetésnél, amikor a talaj gyorsabban szárad, a vetőmagot 8-10 cm mélyre kell helyezni. Kötétt talajon 4-8 cm, laza homoktalajon pedig a nedvesség biztosítása érdekében 10-12 cm mélyen ajánlott vetni. Amikor a talaj hőmérséklete eléri a 10-12 °C-ot, általában április végén a vetést el lehet kezdeni. (Futó, 2006)

Hazánk szárazságra hajló kontinentális éghajlata miatt a megfelelő vetésváltás különösen fontos. Az elővetemények nagy hatással vannak a gyomosodásra, valamint a kórokozók és kártevők, különösen az amerikai kukoricabogár elszaporodására. Monokultúrás termesztés esetén csökken a talaj szervesanyag-tartalma, romlik a termés minősége, valamint a talaj és a szem cinktartalma is alacsonyabb lesz. Emellett romlik a talajélet, csökken a talaj baktériumainak, különösen az aerob nitrifikáló és cellulózbontó baktériumok száma, amely a vízellátottsággal is összefügg. (Futó and Sárvári, 2015)

Egyes tanulmányok szerint a takarmánynövényeket érintő kiterjesztett vetésforgó csökkenti a nitrogén bevitelt, növeli a kukorica hozamot, és agronómiailag fenntarthatóbb, mint a jelenlegi rövid távú vetésforgó. Ismeretes, hogy minden növény eltérő mértékben hasznosítja a talajból származó tápanyagokat, és a szója, mint hüvelyes növény, jelentős mennyiségű nitrogént hagy a talajban a következő növény számára. Ezért a szójabab termesztésénél kisebb mennyiségű nitrogén műtrágya szükséges. Ezen túlmenően a mikroflóra összetétele és mennyisége eltérő az egyes kultúrnövények között, ami befolyásolja a szerves és ásványi anyagok növények számára elérhető formákká történő átalakulásának mértékét. A rotáció és a nitrogén-műtrágyázás jelentősen befolyásolja a talajminták nettó nitrogén mineralizációját. A vetésforgó és a szermaradványkezelési gyakorlatok jelentősen befolyásolhatják a kukorica teljesítményét. A vetésrendszer szintje a gyomirtás szempontjából is nagyon fontos, tekintettel arra, hogy a gyomnövények nagy károkat okozhatnak a termésben, és csökkenthetik a termést. A növénytermesztési rendszerek diverzitásának növelését célzó kezelés különböző gyomirtó

szerek alkalmazásával hatékonyabb és fenntarthatóbb gyom- és növénygazdálkodási gyakorlatok kialakítását eredményezheti. (Zivorad Videnovic et al., 2013)

2.3.6 Öntözése

Az öntözés az emberi vízhasználat legnagyobb ágazata, és fontos lehetőség a növénytermesztés növelésére és az aszályhatások csökkentésére. A következő évtizedekben a világ népességének előre jelzett növekedése, valamint az állati és élelmiszertermékek iránti növekvő kereslet a globális növénytermesztés jelentős növelését teszi szükségessé. Mivel a termőterületek erdősült területeken történő terjeszkedése negatív ökológiai következményekkel jár, a növénytermesztési rendszerek fenntartható intenzifikációs pályáira van szükség a környezeti hatások minimalizálása érdekében. A terméshozam növelésének kihívását tovább bonyolítja az éghajlatváltozás, amely jelentősen befolyásolta a terméshozamot regionális és globális léptékben. Az öntözés javítása egy lehetséges lehetőség a magasabb terméshozam elérésére a víz által korlátozott régiókban, miközben javítja a növénytermesztési rendszerek ellenálló képességét az éghajlati változékonyságokkal szemben. Az öntözés hozamra gyakorolt haszna nagymértékben függ az éghajlati viszonyoktól. (Wang et al., 2021)

Az elmúlt néhány évtizedben az éghajlatváltozás hozzájárult a mezőgazdasági termelés észrevehető csökkenéséhez. Ez magában foglalja az aszály okozta vízstressz, a mezőgazdasági területek elárasztása és a megnövekedett hőmérséklet miatti termés csökkenést. Ezek a feltételek a hozamkülönbségek (potenciális és tényleges hozamok közötti különbség) számos tényezőjének egyike. Korábbi tanulmányok megállapították, hogy az öntözetlen kukorica (*Zea mays* L.) termése jellemzően 20-30%-kal elmarad a maximális potenciális terméshozamtól. Mivel ezeknek a szélsőséges éghajlati eseményeknek a gyakorisága valószínűleg növekedni fog, ez a hozamkülönbség növekedhet, ha nem történik jelentős módosítás a mezőgazdasági gazdálkodásban. (Ferin and Kucharik, 2024) Az öntözés csökkentheti a vízhiányt és növelheti a terméshozamot, különösen meleg, száraz körülmények között vagy alacsony víztartó képességű talajokon. (Huang and Hartemink, 2020)

A terméshozam az öntözés által biztosított hűsítő hatás miatt is növekedhet, melyben a megnövekedett párologtatás csökkenti a lombkorona hőmérsékletét és az evaporatív hűtés révén enyhíti a hőstresszt. Ezenkívül kimutatták, hogy az öntözés többféle körülmények között csökkenti a kukoricatermés változékonyságát, valamint növeli és potenciálisan maximalizálja a vízhasználat hatékonyságát. A mezőgazdasági rendszerek kiegészítő öntözése szintén hatással lehet a mezőgazdasági területek nitrogénvesztésére. Például a műtrágya kijuttatásának

mértékétől (azaz az optimális vagy ajánlott feletti) és a műtrágya kijuttatásának időzítésétől, a talaj nedvességtartalmától és állagától, valamint az éghajlattól függően a nitrát kimosódás fokozódhat, ha öntöznek egy táblát. (Ferin and Kucharik, 2024)

Megfelelő vízhasznosítási referenciaértékekre van szükség, amelyeket úgy határoznak meg, mint a termett szemhozam mennyisége az egy egységnyi vízellátásra vonatkozóan. Ezek a referenciaértékek segíthetnek az öntözött rendszerekben jelentkező hatékonysági hiányosságok azonosításában és elemzésében a növénytermesztés és a vízgazdálkodás területén. (Grassini et al., 2011)

A kukorica közepes vízigényű növény, a tenyészidőszak alatt 450-550 mm vizet igényel, amely a termőhely és a hibrid fajtájától függ. A legnagyobb vízigénye a címerhányástól a szemtelítődésig tartó időszakban van, amikor napi 4,5-5,5 mm vizet igényel, összesen 200-250 mm-t. A növény kezdeti fejlődési szakaszában (40-60 nap) és a szemtelítődés után alacsonyabb a vízigénye. Kiemelkedő vízfelvevő képessége révén jól hasznosítja a talaj nedvességtartalmát. Az aszályérzékenysége magas, mivel a legnagyobb vízigénye július-augusztusra esik. Általában a címerhányás előtt, június végén öntözik először 50-60 mm-rel, majd 12-14 napos gyakorisággal 2-3 alkalommal 30-40 mm-rel, végül a szemtelítődés időszakában ismét 50-60 mm-t juttatnak ki, esőszerű, hazánkban leggyakrabban Lineár rendszerű öntözéssel, de lehet még Center Pivot rendszerrel is. (Sárvári, 2019)

3.ábra: Center Pivot öntözőrendszer (internetes forrás)



Az öntözés előnyös a kukoricatermesztés szempontjából azokban az országokban, ahol kevés csapadék hullik és gyakoriak az aszályok. Az intenzív gabonatermesztési programok

keretében, különösen ott, ahol a környezeti feltételek indokolják, és rendelkezésre áll öntözési infrastruktúra, érdemes kihasználni ezt a lehetőséget. Az öntözés termésnövelő hatása jól ismert, hiszen maximális hozam csak megfelelő vízellátás mellett érhető el. Ugyanakkor az öntözés csak olyan területeken hatékony, ahol az összes többi szükséges tényező – hőmérséklet, tápanyag, szén-dioxid és fény – biztosított, és csak a vízhiány jelent problémát. Bizonyos kukoricafajták (hibridek) eltérően reagálnak az öntözésre, és a hozamot befolyásoló vízmennyiséget a talaj tápanyag-szolgáltató képessége, valamint a felvehető nitrogén mennyisége is befolyásolja. (Berényi and Szabó, 2001)

2.3.7 Növényvédelme

A kukorica terméspotenciálja a szántóföldi termesztés során különböző biotikus (betegségek, rovarok és gyomok) és abiotikus (hőmérséklet, nedvesség, szél stb.) korlátokkal szembesül, amelyek csökkentik a termés mennyiségét és minőségét, termésveszteséget okozva. Az ezek által okozott veszteségek nagymértékben változhatnak az alkalmazott fajtától, az évszaktól és a helyszíntől függően. Ha a termésveszteség időben előre jelezhető, kontrollintézkedéseket lehet hozni, és ezzel a veszteségek jelentős része megelőzhető. A növényvédelemben a termésveszteség felmérési módszereit használják annak megállapítására, hogy egy szervezet milyen kártevő státuszú, mi az okozott gazdasági károk szintje, és mikor kell beavatkozni. A termésveszteség felmérését gyakran úgy végzik, hogy egy mezőt vegyi növényvédő szerekkel megvédenek a biotikus stressztől, majd az ottani hozamot összehasonlítják egy védelem nélküli mező hozamával. A kár mértékének és a hozamparaméterek, például a csövek száma, a csövek súlya, a csövonkénti szemek súlya, az 1000 szem súlya közötti összefüggés képezi a termésveszteség felmérésének alapját. A legfontosabb annak az összefüggésnek a megállapítása, hogy a fertőzés mértéke milyen termésveszteséget okoz, amely alapján meghatározható a gazdasági károk szintje. Az utóbbi időben kifejlesztettek egy módszert, amely a levélsérülést hozza összefüggésbe a termésnövekedéssel, így a veszteség már korán felmérhető, ami segíti az időben történő kontrollintézkedések bevezetését és a további veszteségek megelőzését. (Kumar et al., 2018)

Az Európai Unióban (EU) politikai erőfeszítéseket tesznek a peszticidek használatának csökkentése és az integrált növényvédelem végrehajtásának fokozása érdekében. Számos gyom- és ízeltlábúfaj okoz egyre nagyobb problémákat, ami azt mutatja, hogy a vegyi peszticidek alkalmazásának visszaszorítása kihívást jelent. A peszticidek potenciálisan csökkenthetők a fajták kiválasztásával, beleértve a géntechnológiával módosított hibrideket, a

tenyésztési szabályozást, beleértve a vetésforgót, a biológiai védekezést, a vegyszerek optimalizált alkalmazási technikáit és a specifikusabb kezelések kidolgozását. A több, egyidejűleg kezelendő probléma összetettsége és a különböző védekezési intézkedések közötti kapcsolat azt mutatja, hogy integrált növényvédelmi megközelítésekre van szükség, ahol a kártevők elleni védekezés a növénytermesztési rendszer összefüggésében és regionális léptékben jelenik meg. (Meissle et al., 2010)

Az integrált növényvédelem a következőképpen definiálható: „Minden rendelkezésre álló növényvédelmi módszer gondos mérlegelése és a megfelelő intézkedések későbbi integrálása, amelyek elriasztják a károsító szervezetek populációinak fejlődését és fenntartják növényvédő szerek és egyéb beavatkozási formák olyan szintű használatát, amely gazdaságilag és ökológiailag indokolt, és csökkenti vagy minimalizálja az emberi egészségre és a környezetre gyakorolt kockázatokat. Az IPM az egészséges növénytermesztésre helyezi a hangsúlyt az agrár-ökoszisztémák lehető legkisebb megzavarásával, és ösztönzi a természetes kártevő-szabályozási mechanizmusokat. Ez a meghatározás abból a megfontolásból ered, hogy csak a technikák kombinációja, amelyek mindegyike részleges védekezést biztosítanak, csökkenthetik a peszticidektől való függőséget, és egy ilyen megközelítés jelentős változásokhoz vezethet a növénytermesztési rendszer természetében. (Vasileiadis et al., 2011)

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérlet bemutatása

A kísérlet során öt különböző kukorica hibrid sötürési reakcióit tanulmányoztuk tenyészedenyes kísérletben, amelyet csapadéktól elzárt, fóliaházas környezetben végeztünk. A kísérlet kezdetekor minden tenyészedenybe 11 kg termőtalajt helyeztünk, és meghatároztuk a talaj főbb kémiai és fizikai jellemzőit. Az edény átmérője 27,5 cm volt, ami 593,7 cm² talajfelszínt biztosított. A talaj homokos vályog textúrájú volt, Arany-féle kötöttségi száma (KA) 31, leiszapolható rész (Li%) 31,6, kémhatása pH H₂O = 6,54, és nem tartalmazott kimutatható mésztartalmat (CaCO₃%).

A kísérleti vetés 2024. április 5-én történt, és 2024. május 2-tól kezdődően indítottuk el a különböző öntözővíz adagolási kezeléseket, amelyeket a kísérlet során folyamatosan végeztünk. A betakarítás 2024. július 3-án zajlott. Az öntözést a hőmérséklet és a talaj nedvességtartalmának alakulása alapján végeztük: kezdetben hetente egyszer azonos vízmennyiséget alkalmaztunk, majd a hőmérséklet növekedésével az öntözések gyakoriságát is növeltük. Az öntözővíz forrása a Körös-holtág volt. A növények tápanyagellátása tápoldatozással történt az öntözések során. Minden növény azonos mennyiségű tápanyagot kapott; a tápoldat elkészítéséhez kétféle vízzoldható műtrágyát alkalmaztunk. A kezdeti szakaszban Péti Starter Plusz klórmentes komplex műtrágyát használtunk, amely 15% nitrogént (N), 30% foszfort (P₂O₅), 15% káliumot (K₂O) és 0,2% mikroelemet tartalmazott. A növények szárbaindulásától pedig a Volldünger Linz alacsony kloridtartalmú műtrágyát használtuk, amely 14-7-21%-os NPK aránnyal és 1% mikroelem-tartalommal rendelkezett. A magnézium- és vashiány megelőzésére néhány alkalommal Mikromix A oldatot is adtunk, amely magnézium-szulfátot és vaskelátot tartalmazott. A vegetációs időszak alatt kétszer szilárd Pétisó adagolásával támogattuk a nitrogén- és kalciumellátást.

A meteorológiai adatok közül csak a hőmérséklet alakulását követtük, mivel a tenyészedenyek csapadéktól elzárt környezetben voltak. A hőmérséklet változásai a növények párologtatására, ezáltal a szükséges vízmennyiség napi adagolására gyakorolták a legnagyobb hatást. A növekvő hőmérséklet nagyobb vízádagok kijuttatását indokolta az állandó vízellátottsági szint fenntartása érdekében.

3.2. Az öntözési kezelés bemutatása

A kísérlet során három vízellátottsági szintet állítottunk be. Első lépésként meghatároztuk a talaj természetes vízkapacitását (VKsz), amely azt a vízmennyiséget jelenti, amelyet a talaj gravitációval szemben vissza tud tartani. A kísérletben az alábbi kezeléseket alkalmaztuk:

- 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 víz kijuttatását tavasszal, a hűvösebb időszakban kétnaponta, a nyári melegebb időszakban pedig naponta végeztük a tenyészedényekbe. A kijuttatott vízmennyiséget rendszeresen feljegyeztük, és ha a hőmérséklet és a növényi párologtatás indokolta, a napi vízmennyiséget szükség szerint módosítottuk.

3.3. A sós kezelés ismertetése

A sótűrési kísérletek alapját a különböző vízellátottsági szintű kezelések beállítása adta (VKsz 40%, VKsz 60% és VKsz 80%). A különböző kukorica hibridek sótűrését a Na-tartalmú sók öntözővízhez való adagolásával vizsgáltuk. A sókezelést a kísérletben szereplő növények május elejétől kapták, amikor az öntözővízbe oldott sókeveréket adtunk, amely háromféle nátrium-sót (Na_2SO_4 , NaCl , Na_2CO_3) tartalmazott 1:1:1 arányban. Ezek a sók természetes módon is jelen vannak szikes talajokban, ahol a talaj nedvességtartalmától függően oldódnak vagy válnak ki a talajoldatban. A sókeverékből 10 liter öntözővízhez 1 evőkanál nyit (33 g) adagoltunk, így literenként 3300 mg nátriumsó jutott a növényekre az öntözések alkalmával.

A kísérletben a következő fenológiai paraméterek mérése történt:

- Növénymagasság (cm)
- Gyökértömeg (g)
- Biomasszatömeg

4. Eredmények kiértékelése

4.1. A kísérlet bemutatása

A kísérlet során öt különböző kukorica hibrid sötürési reakcióit tanulmányoztuk tenyészedenyes kísérletben, amelyet csapadéktól elzárt, fóliaházas környezetben végeztünk. A kísérlet kezdetekor minden tenyészedenybe 11 kg termőtalajt helyeztünk, és meghatároztuk a talaj főbb kémiai és fizikai jellemzőit. Az edény átmérője 27,5 cm volt, ami 593,7 cm² talajfelszínt biztosított. A talaj homokos vályog textúrájú volt, Arany-féle kötöttségi száma (KA) 31, leiszapolható rész (Li%) 31,6, kémhatása pH H₂O = 6,54, és nem tartalmazott kimutatható mésztartalmat (CaCO₃%).

A kísérleti vetés 2024. április 5-én történt, és 2024. május 2-tól kezdődően indítottuk el a különböző öntözővíz adagolási kezeléseket, amelyeket a kísérlet során folyamatosan végeztünk. A betakarítás 2024. július 3-án zajlott. Az öntözést a hőmérséklet és a talaj nedvességtartalmának alakulása alapján végeztük: kezdetben hetente egyszer azonos vízmennyiséget alkalmaztunk, majd a hőmérséklet növekedésével az öntözések gyakoriságát is növeltük. Az öntözővíz forrása a Körös-holtág volt. A növények tápanyagellátása tápoldatozással történt az öntözések során. Minden növény azonos mennyiségű tápanyagot kapott; a tápoldat elkészítéséhez kétféle vízzoldható műtrágyát alkalmaztunk. A kezdeti szakaszban Pétí Starter Plusz klórmentes komplex műtrágyát használtunk, amely 15% nitrogént (N), 30% foszfort (P₂O₅), 15% káliumot (K₂O) és 0,2% mikroelemet tartalmazott. A növények szárbaindulásától pedig a Volldünger Linz alacsony kloridtartalmú műtrágyát használtuk, amely 14-7-21%-os NPK aránnyal és 1% mikroelem-tartalommal rendelkezett. A magnézium- és vashiány megelőzésére néhány alkalommal Mikromix A oldatot is adtunk, amely magnézium-szulfátot és vaskelátot tartalmazott. A vegetációs időszak alatt kétszer szilárd Pétisó adagolásával támogattuk a nitrogén- és kalciumellátást.

A meteorológiai adatok közül csak a hőmérséklet alakulását követtük, mivel a tenyészedenyek csapadéktól elzárt környezetben voltak. A hőmérséklet változásai a növények párologtatására, ezáltal a szükséges vízmennyiség napi adagolására gyakorolták a legnagyobb hatást. A növekvő hőmérséklet nagyobb vízádagok kijuttatását indokolta az állandó vízellátottsági szint fenntartása érdekében.

4.2. Az öntözési kezelés bemutatása

A kísérlet során három vízellátottsági szintet állítottunk be. Első lépésként meghatároztuk a talaj természetes vízkapacitását (VKsz), amely azt a vízmennyiséget jelenti, amelyet a talaj gravitációval szemben vissza tud tartani. A kísérletben az alábbi kezeléseket alkalmaztuk:

- 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 víz kijuttatását tavasszal, a hűvösebb időszakban kétnaponta, a nyári melegebb időszakban pedig naponta végeztük a tenyészedényekbe. A kijuttatott vízmennyiséget rendszeresen feljegyeztük, és ha a hőmérséklet és a növényi párologtatás indokolta, a napi vízmennyiséget szükség szerint módosítottuk.

1.táblázat: Kijuttatott vízmennyiségek

	VKsz 40%			VKsz 60%			VKsz 80%		
	Víz	Tápoldat	Sóoldat	Víz	Tápoldat	Sóoldat	Víz	Tápoldat	Sóoldat
Összes (ml)	30750	5875	7875	43000	5875	7875	55500	5875	7875
Összes (mm)	521	99	133	729	99	133	940	99	133
Összesen (mm - víz+só+tápoldat)	753			961			1172		

4.3. A sós kezelés ismertetése

A sótűrési kísérletek alapját a különböző vízellátottsági szintű kezelések beállítása adta (VKsz 40%, VKsz 60% és VKsz 80%). A különböző kukorica hibridek sótűrését a Na-tartalmú sók öntözővízhez való adagolásával vizsgáltuk. A sókezelést a kísérletben szereplő növények május elejétől kapták, amikor az öntözővízbe oldott sókeveréket adtunk, amely háromféle nátrium-sót (Na_2SO_4 , NaCl , Na_2CO_3) tartalmazott 1:1:1 arányban. Ezek a sók természetes módon is jelen vannak szikes talajokban, ahol a talaj nedvességtartalmától függően oldódnak vagy válnak ki a talajoldatban. A sókeverékből 10 liter öntözővízhez 1 evőkanálnyit (33 g) adagoltunk, így literenként 3300 mg nátriumsó jutott a növényekre az öntözések alkalmával.

A kísérletben a következő fenológiai paraméterek mérése történt:

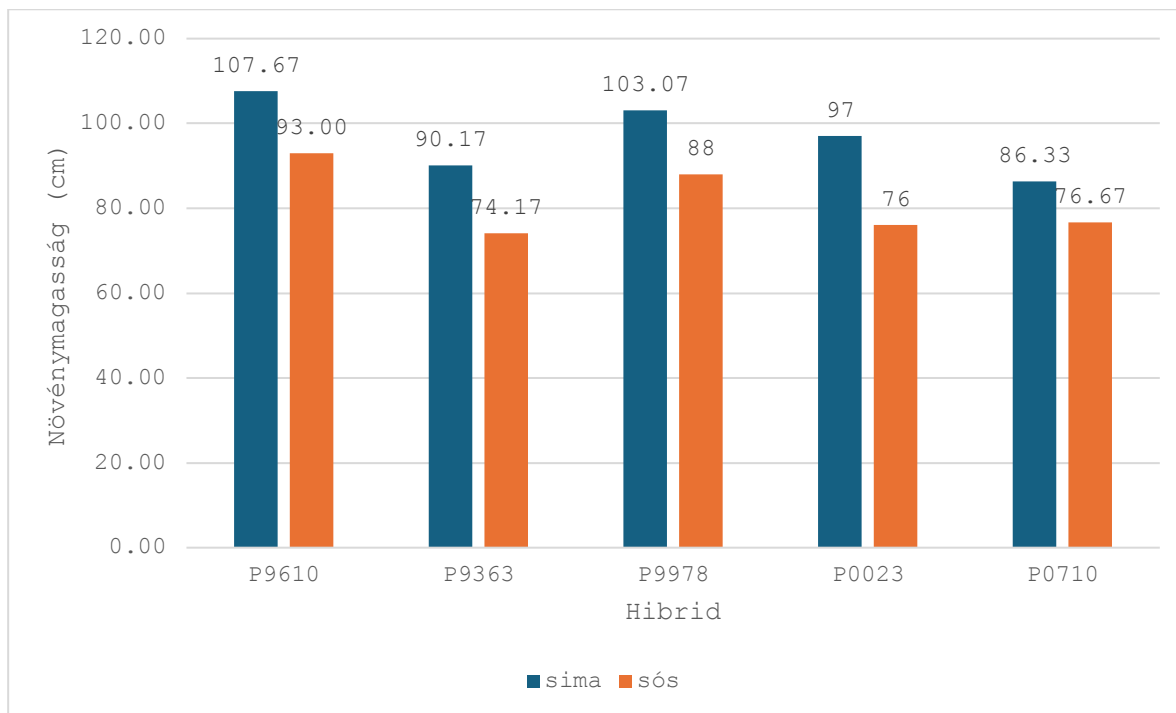
- Növénymagasság (cm)
- Gyökértömeg (g)
- Biomasszatömeg

5. Eredmények kiértékelése

5.1. Növénymagasság mérése

5.1.1 Alacsony vízadag (VKsz 40%)

4. ábra: Kukorica növényt magasságának változása sós és sima öntözés mellett alacsony vízadaggal (VKsz 40%)



Az alacsony vízadag (VKsz 40%) mellett végzett kísérlet eredményei azt mutatják, hogy a sós és sima öntözés jelentős hatással van a kukoricahibridek növényt magasságára. A diagramon jól látható, hogy mind az öt vizsgált hibrid esetében a növényt magasság kisebb volt sós öntözés mellett, mint sima öntözés esetén. Ez arra utal, hogy a sóstressz alacsony vízellátás mellett még hangsúlyosabb növekedési gátlást eredményez.

Hibridek részletes értékelése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a növényt magasság 107,67 cm, míg sós öntözés esetén 93 cm-re csökken. Ez 14,67 cm-es csökkenést jelent, ami mérsékelt érzékenységre utal a sóstresszre, bár az alacsony vízellátás mellett a növekedés mégis jelentős mértékben csökken.

2. P9363 hibrid:

- Ennél a hibridnél a növénymagasság sima öntözés mellett 90,17 cm, sós öntözés hatására pedig 74,17 cm. Ez 16 cm-es csökkenés, ami azt jelzi, hogy a P9363 különösen érzékeny a só jelenlétére alacsony vízszint mellett, ami gátolja a növekedést.

3. **P9978 hibrid:**

- A P9978 növénymagassága sima öntözésnél 103,07 cm, míg sós öntözésnél 88 cm, ami 15,07 cm-es csökkenést mutat. Ez is jelentős eltérés, bár a hibrid jobban megtartja növekedését, mint a P9363.

4. **P0023 hibrid:**

- A P0023 hibridnél a növénymagasság sima öntözés mellett 97 cm, ami sós körülmények között 76 cm-re esik vissza. Ez a 21 cm-es különbség a legnagyobb csökkenés az összes hibrid között, ami arra utal, hogy a P0023 kifejezetten érzékeny a sóstresszre, főleg alacsony vízellátás mellett.

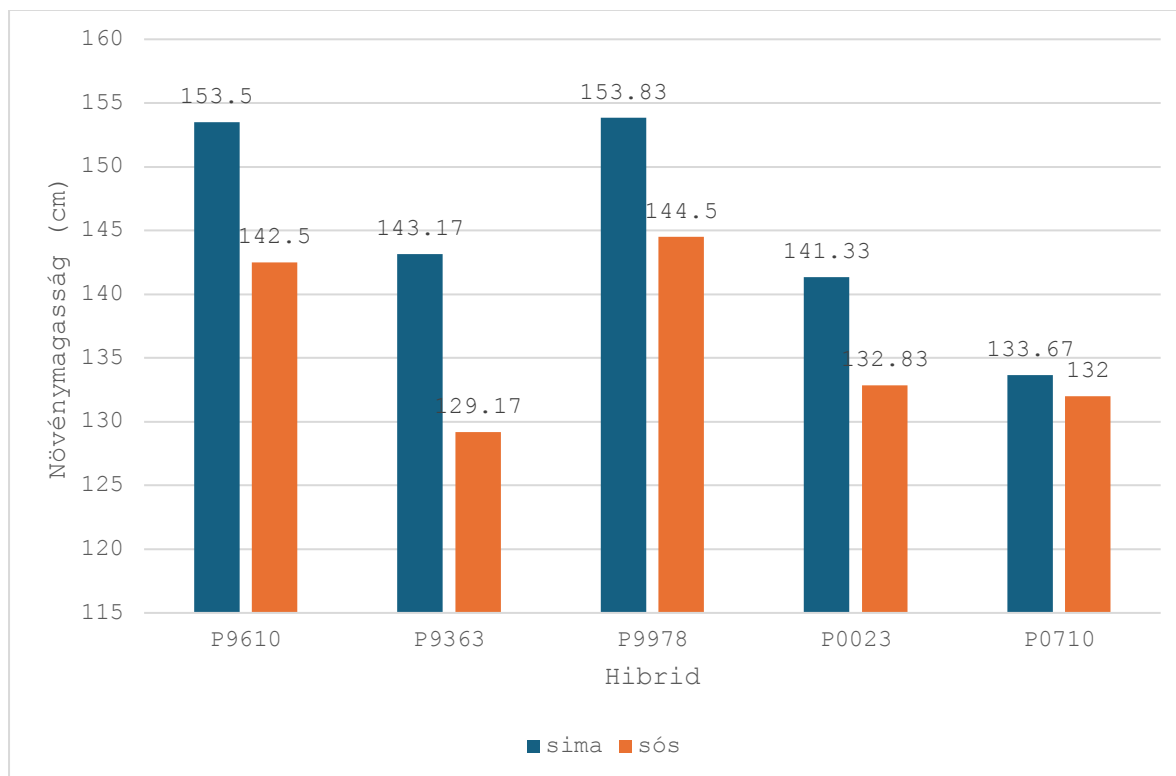
5. **P0710 hibrid:**

- A P0710 hibrid növénymagassága sima öntözés esetén 86,33 cm, míg sós öntözés esetén 76,67 cm, ami 9,66 cm-es csökkenést jelent. Ez a legkisebb eltérés, ami arra utal, hogy a P0710 a leginkább sótűrő a vizsgált hibridek között alacsony vízellátás mellett.

Az alacsony öntözési vízáradat mellett végzett kísérlet eredményei azt mutatják, hogy a sóstressz általánosan csökkenti a növénymagasságot minden hibrid esetében, de az érzékenység mértéke hibridenként változik. A P0023 hibrid a legérzékenyebb a sótartalomra, míg a P0710 hibrid mutatja a legnagyobb sótűrést, amely alacsony vízellátás mellett is viszonylag kisebb növekedéscsökkenést eredményez. Ez az eredmény különösen hasznos lehet olyan régiókban, ahol a vízellátás korlátozott és a talaj sótartalma magas, mivel a sótűrő hibridek (mint a P0710) nagyobb eséllyel biztosítanak stabilabb termést ilyen körülmények között.

5.1.2. Közepes vízadag (VKsz 60%)

5.ábra: Kukorica növénymagasságának változása sima és sós öntözés mellett közepes vízadaggal (VKsz 60%)



A közepes öntözési vízadag (VKsz 60%) mellett végzett kísérlet alapján megállapítható, hogy a sós és a sima öntözés jelentős hatással van a kukorica hibridek növénymagasságára. A diagram azt mutatja, hogy mind az öt hibrid esetében a növénymagasság kisebb a sós öntözés mellett, mint a sima öntözésnél, bár a csökkenés mértéke hibridenként változó.

Hibridek részletes értékelése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a növénymagasság 153,5 cm, míg sós öntözésnél 142,5 cm, ami 11 cm-es csökkenést jelent. Ez mérsékelt sóérzékenységre utal ennél a hibridnél, amely még közepes vízadag mellett is visszaesést mutat sós körülmények között.

2. P9363 hibrid:

- A P9363 hibrid növénymagassága sima öntözés mellett 143,17 cm, sós öntözésnél pedig 129,17 cm. Ez a 14 cm-es különbség közepes sóérzékenységet

jelez, mivel a sóstressz jelentős hatással van a növekedésére ebben az öntözési szintben.

3. P9978 hibrid:

- A P9978 hibridnél a növénymagasság sima öntözés mellett 153,83 cm, míg sós öntözés mellett 144,5 cm, ami 9,33 cm-es csökkenést jelent. Ez azt mutatja, hogy a P9978 viszonylag jól tűri a sóstresszt közepes vízadag mellett, bár némi növekedési csökkenés itt is megfigyelhető.

4. P0023 hibrid:

- Ennél a hibridnél a sima öntözés 141,33 cm-es növénymagasságot eredményezett, míg sós öntözés mellett 132,83 cm-re csökkent. A 8,5 cm-es különbség alacsonyabb sóérzékenységet jelez, ami azt mutatja, hogy a P0023 viszonylag jól teljesít közepes vízadag mellett sós környezetben.

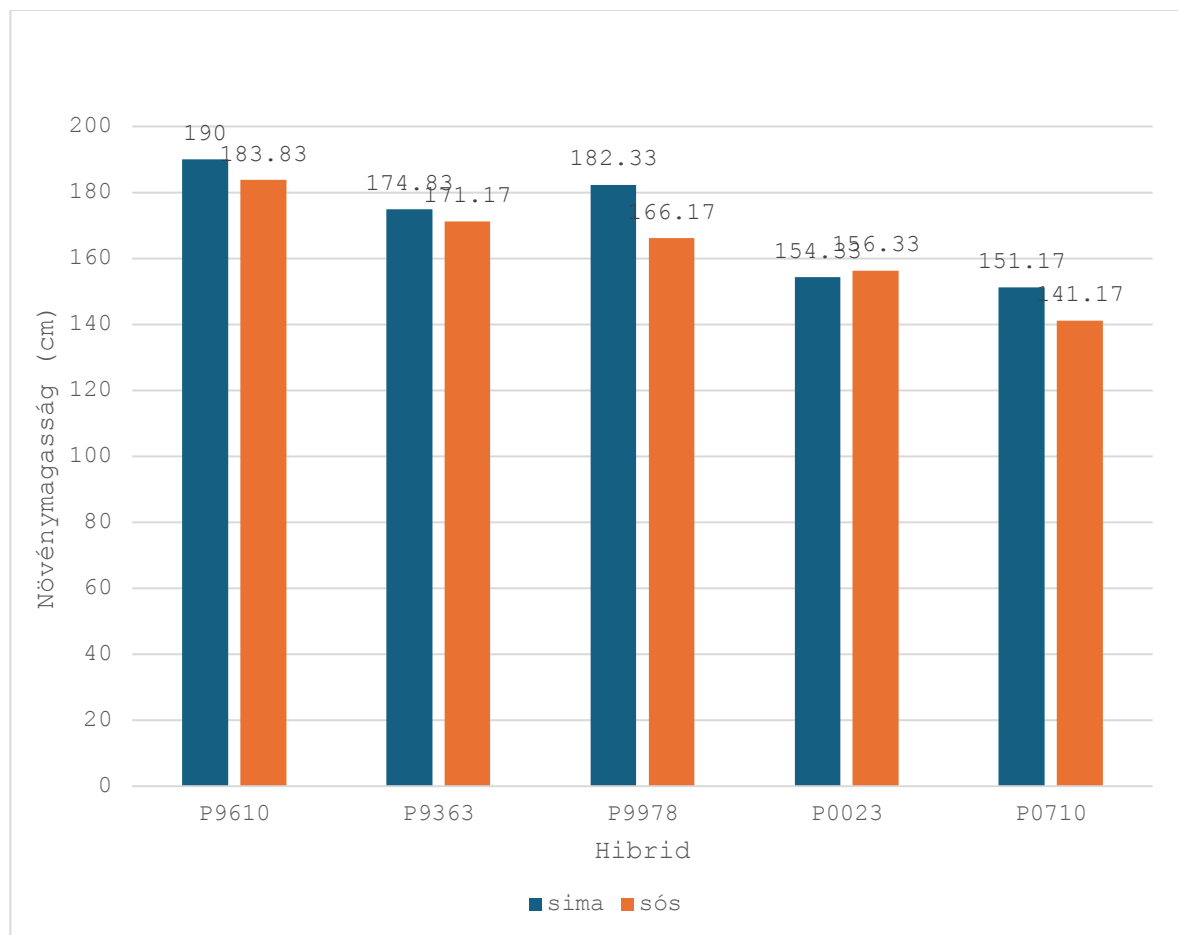
5. P0710 hibrid:

- A P0710 hibrid növénymagassága sima öntözés mellett 133,67 cm, sós öntözésnél pedig 132 cm. Az 1,67 cm-es különbség elhanyagolható, ami arra utal, hogy a P0710 hibrid rendkívül sótűrő ezen az öntözési szinten, és növekedésében szinte alig mutat visszaesést sós körülmények között.

Közepes öntözési vízadag mellett is elmondható, hogy a sóstressz csökkentette a növénymagasságot, de a csökkenés mértéke hibridenként eltérő. A P0710 hibrid mutatja a legnagyobb sótűrést, hiszen növekedése szinte változatlan marad sós öntözés mellett. Ezzel szemben a P9363 hibrid mutat jelentősebb érzékenységet, ahol a növekedés lényegesen csökken sós környezetben. Az eredmények hasznosak lehetnek olyan területeken, ahol közepes vízadagokkal történik az öntözés, mivel ezek alapján sótűrő hibrideket lehet választani a stabilabb terméshezam érdekében.

5.1.3. Magas vízadag (VKsz 80%)

6.ábra: Kukorica növénymagasságának változása sima és sós öntözés mellett magas vízadaggal (VKsz 80%)



A magas öntözési vízadag (VKsz 80%) mellett végzett kísérlet eredményei azt mutatják, hogy a sós és sima öntözés jelentős hatással van a kukoricahibridek növénymagasságára. A diagram alapján minden vizsgált hibrid esetében megfigyelhető, hogy a sós öntözés csökkenti a növénymagasságot a sima öntözéshez képest (egy kivétellel), viszont a csökkenés mértéke hibridenként változó.

Hibridek részletes értékelése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a növénymagasság 190 cm, míg sós öntözés mellett 183,83 cm, ami 6,17 cm-es csökkenést jelent. Ez a viszonylag kis eltérés arra utal, hogy a P9610 hibrid viszonylag sótűrő magas vízadag mellett, és a só jelenléte csak mérsékelten csökkenti a növekedését.

2. **P9363 hibrid:**

- Ennél a hibridnél a növénymagasság sima öntözés mellett 174,83 cm, míg sós öntözés hatására 171,17 cm-re csökken, ami 3,66 cm-es csökkenést jelent. Ez az egyik legkisebb eltérés, ami arra utal, hogy a P9363 hibrid magas vízadag mellett is jól tűri a só jelenlétét.

3. **P9978 hibrid:**

- A P9978 hibrid növénymagassága sima öntözésnél 182,33 cm, sós öntözésnél pedig 166,17 cm, ami 16,16 cm-es csökkenést jelent. Ez jelentős eltérés, ami arra utal, hogy a P9978 hibrid érzékenyebb a sótartalomra még magas vízadag mellett is, így növekedése erősen visszaesik sós környezetben.

4. **P0023 hibrid:**

- A P0023 hibridnél sima öntözés mellett a növénymagasság 154,33 cm, míg sós öntözés mellett 156,33 cm. Ez az érdekes eredmény azt mutatja, hogy a sós öntözés hatására enyhén nőtt a növénymagasság, ami szokatlan és arra utalhat, hogy a P0023 hibrid valamilyen mértékben tolerálja, vagy akár kedvezően reagál a sós környezetre magas vízadag mellett.

5. **P0710 hibrid:**

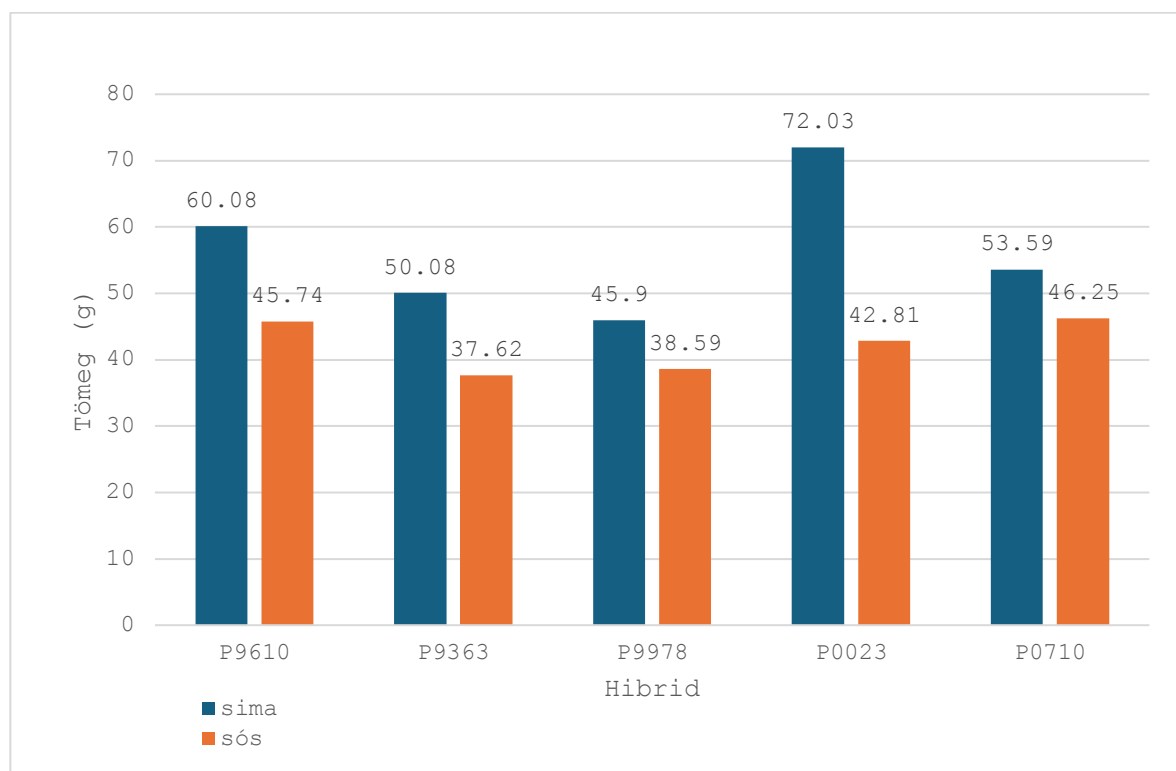
- A P0710 hibrid sima öntözés mellett 151,17 cm-es növénymagasságot ér el, míg sós öntözés hatására ez 141,17 cm-re csökken, ami 10 cm-es csökkenést jelent. Ez mérsékelt sóérzékenységet mutat magas vízadag mellett, de növekedése még így is csökken a só hatására.

A magas vízadag mellett a sós öntözés csökkenti a növénymagasságot, bár a csökkenés mértéke hibridenként eltérő. A P9363 hibrid mutatja a legnagyobb sótűrést, míg a P9978 hibrid a legérzékenyebb a só hatására ezen az öntözési szinten. Érdekes módon a P0023 hibrid esetében a növénymagasság enyhén nőtt a sós öntözés mellett, ami azt jelzi, hogy ez a hibrid pozitívan reagálhat a sóra, ha elegendő víz áll rendelkezésre. Az eredmények arra utalnak, hogy a P9363 és P0023 hibridek lehetnek a legalkalmasabbak magas sótartalmú környezetekhez, ahol bőséges víz áll rendelkezésre.

5.2. Kukorica biomassza mérése

5.2.1. Alacsony vízadag (VKsz 40%)

7. ábra: A kukorica biomassza tömegének változása sós és sima öntözés mellett alacsony vízadaggal



A diagramon látható, hogy a kukoricahibridek biomassza tömege jelentősen csökken sós öntözés mellett, különösen alacsony vízadag (VKsz 40%) körülmények között. A sóstressz hatása a biomassza csökkenésében nyilvánul meg, mivel a növényeknek kevesebb víz áll rendelkezésre, ami tovább fokozza a sóstressz káros hatásait. Az alábbiakban részletesen elemzem az egyes hibridek biomassza tömegének változását sima és sós öntözés mellett.

Hibridek részletes elemzése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a biomassza tömege 60,08 g, míg sós öntözésnél 45,74 g, ami 14,34 g-os csökkenést jelent. Ez mérsékelt sóérzékenységre utal, mivel a biomassza jelentősen csökken a só hatására, de még így is megmarad egy viszonylag magas szinten.

2. **P9363 hibrid:**

- A P9363 hibrid biomassa tömege sima öntözés mellett 50,08 g, míg sós öntözés hatására 37,62 g-ra csökken, ami 12,46 g-os csökkenést jelent. Ez a hibrid szintén érzékeny a sótartalomra, és a biomassa jelentős mértékben csökken, bár a visszaesés mértéke kisebb, mint néhány másik hibridnél.

3. **P9978 hibrid:**

- A P9978 hibrid biomassa tömege sima öntözés mellett 45,9 g, míg sós öntözés mellett 38,59 g, ami 7,31 g-os csökkenést jelent. Ez az egyik legkisebb eltérés a hibridek között, ami arra utal, hogy a P9978 valamivel jobb sótűréssel rendelkezik ebben a környezetben.

4. **P0023 hibrid:**

- A P0023 hibrid biomassa tömege 72,03 g sima öntözés mellett, míg sós öntözés hatására 42,81 g-ra csökken, ami 29,22 g-os csökkenést jelent. Ez a legnagyobb eltérés az összes hibrid között, ami arra utal, hogy a P0023 hibrid különösen érzékeny a sóstresszre alacsony vízáradag mellett, és drámai visszaesést mutat biomassa termelésében.

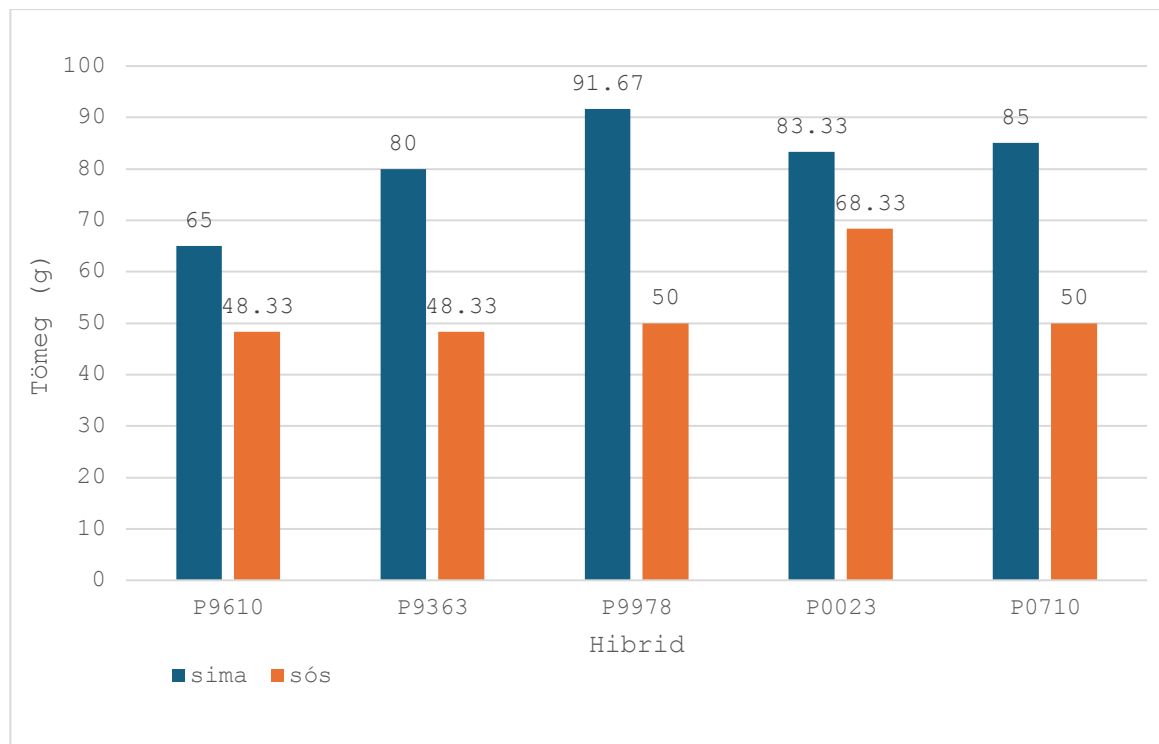
5. **P0710 hibrid:**

- A P0710 hibrid biomassa tömege sima öntözésnél 53,59 g, míg sós öntözésnél 46,25 g, ami 7,34 g-os csökkenést jelent. Ez szintén viszonylag kicsi csökkenés, ami azt jelzi, hogy a P0710 hibrid jó sótűréssel rendelkezik ebben a környezetben, és biomassa termelése kevésbé esik vissza a só hatására.

Alacsony öntözési vízáradag mellett a sóstressz általában jelentős biomassa-csökkenést okoz minden hibrid esetében, de az eltérés mértéke változó. A P0023 hibrid mutatja a legnagyobb érzékenységet, mivel biomassa tömege jelentősen csökken sós körülmények között. Ezzel szemben a P9978 és a P0710 hibridek jobban alkalmazkodnak a sós környezethez, mivel biomassa tömegük csak mérsékelten csökken.

5.2.2. Közepes vízadag (VKsz 60%)

8. ábra: A kukorica biomassa tömegének változása sós és sima öntözés mellett közepes vízadaggal



A közepes öntözési vízadag (VKsz 60%) mellett végzett kísérlet során kapott biomassa eredmények alapján a kukorica hibridek különböző mértékben reagálnak a sós és sima öntözésre. Általánosságban megfigyelhető, hogy a sós öntözés hatására a biomassa tömeg csökken, de bizonyos hibridek esetében ez a csökkenés mérsékelt, sőt, két hibridnél (P0023, P0710) a biomassa nőtt sós környezetben. Az alábbiakban részletesen elemzem az egyes hibridek biomassa tömegének változását.

Hibridek részletes elemzése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a biomassa tömege 116,03 g, míg sós öntözésnél 102,36 g, ami 13,67 g-os csökkenést jelent. Ez mérsékelt érzékenységre utal, mivel a biomassa tömege jelentősen csökken, de továbbra is magasabb marad más hibridekhez képest.

2. **P9363 hibrid:**

- Ennél a hibridnél a biomassa tömege sima öntözés mellett 100,55 g, sós öntözés mellett pedig 95,11 g, ami 5,44 g-os csökkenést jelent. Ez az egyik legkisebb csökkenés, ami arra utal, hogy a P9363 hibrid viszonylag jó sótűrő képességgel rendelkezik közepes vízádag mellett.

3. **P9978 hibrid:**

- A P9978 hibrid biomassa tömege sima öntözés mellett 100,12 g, míg sós öntözés mellett 92,7 g-ra csökken, ami 7,42 g-os visszaesést jelent. Ez mérsékelt sóérzékenységet jelez, de a hibrid teljesítménye kevésbé csökken, mint más hibridek esetében.

4. **P0023 hibrid:**

- A P0023 hibrid esetében érdekes módon a biomassa tömege sima öntözés mellett 104,24 g, míg sós öntözés mellett 114,61 g-ra nőtt. Ez 10,37 g-os növekedést jelent, ami arra utal, hogy a P0023 hibrid kifejezetten jól tolerálja a só jelenlétét közepes vízádag mellett, és növekedése kedvezően reagál a sótartalomra.

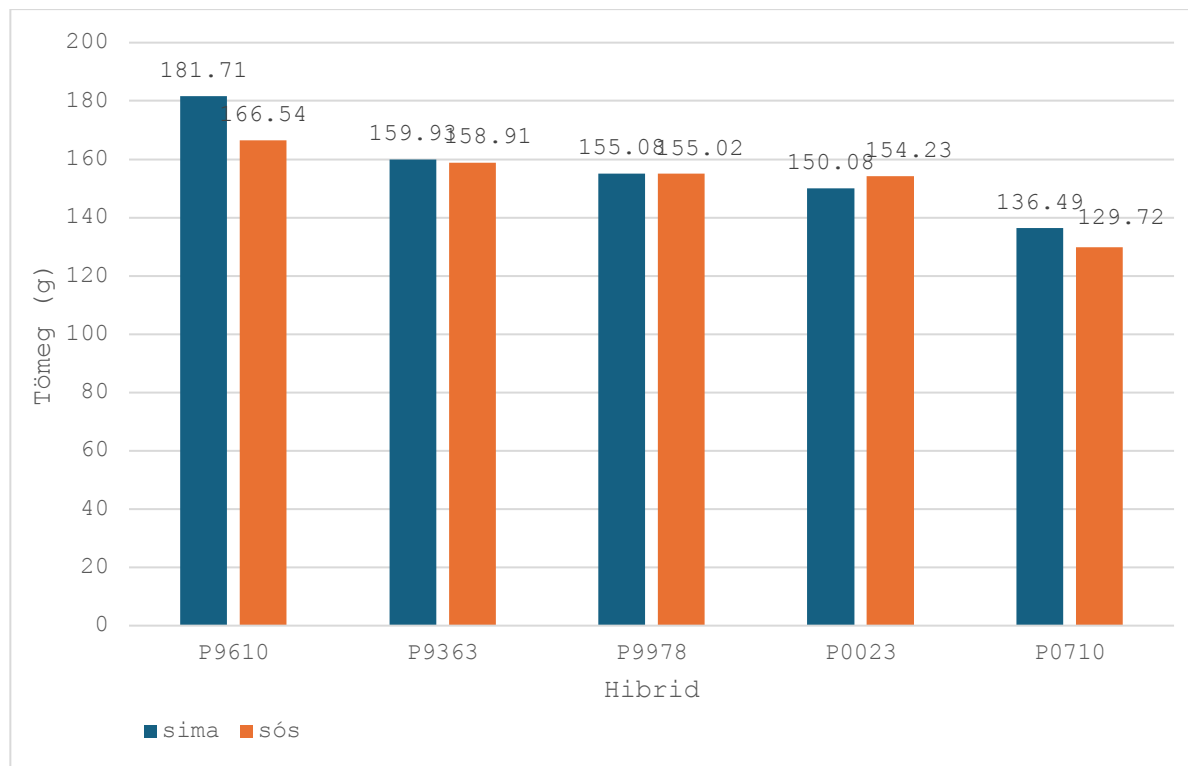
5. **P0710 hibrid:**

- A P0710 hibrid biomassa tömege sima öntözésnél 102,43 g, míg sós öntözés mellett 103,81 g. Ez kis, 1,38 g-os növekedést jelent, ami szintén arra utal, hogy a P0710 hibrid jól tűri a sót, és növekedése stabil marad sós körülmények között.

Közepes öntözési vízádag mellett a sós öntözés hatása hibridenként változik. A P0023 hibrid mutatja a legnagyobb pozitív választ a sóra, mivel biomassa tömege nőtt sós környezetben. A P0710 hibrid is jó sótűrő képességet mutat, mivel biomasszája enyhén nőtt sós öntözés mellett. A P9363 hibrid viszonylag jól alkalmazkodik a sóstresszhez, mivel biomassa csökkenése minimális, míg a P9610 és P9978 hibridek érzékenyebbek, és biomassa tömegük mérsékelten csökken a só jelenlétében.

5.2.3. Magas vízadag (VKsz 80%)

9. ábra: A kukorica biomassza tömegének változása sós és sima öntözés mellett magas vízadag (VKsz 80%) mellett



A diagramon látható biomassza tömegadatok alapján a különböző kukoricahibridek eltérő mértékben reagálnak a sós és sima öntözésre magas öntözési vízadag (VKsz 80%) mellett. Általában megfigyelhető, hogy a sós öntözés csökkenti a biomassza tömeget, de néhány hibrid esetében ez a csökkenés minimális, egy esetben még növekedést is megfigyelhetünk (P0023).

Hibridek részletes értékelése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a biomassza tömege 181,71 g, míg sós öntözésnél 166,54 g. Ez 15,17 g-os csökkenést jelent, ami viszonylag nagy eltérés, és arra utal, hogy a P9610 hibrid közepesen érzékeny a sóra, még magas vízadag mellett is.

2. P9363 hibrid:

- A P9363 hibrid biomassza tömege sima öntözésnél 159,93 g, míg sós öntözésnél 158,91 g, ami mindössze 1,02 g-os csökkenést jelent. Ez elhanyagolható különbség, és arra utal, hogy a P9363 hibrid kiválóan tolerálja a sót magas vízadag mellett, hiszen biomassza termelése szinte változatlan marad.

3. **P9978 hibrid:**

- A P9978 hibrid esetében a biomassa tömege sima öntözés mellett 155,08 g, sós öntözés mellett pedig 155,02 g, ami mindössze 0,06 g-os csökkenést mutat. Ez a minimális eltérés azt jelzi, hogy a P9978 hibrid gyakorlatilag teljesen sótűrő ebben az öntözési környezetben, mivel biomassa termelése lényegében változatlan.

4. **P0023 hibrid:**

- Ennél a hibridnél a biomassa tömege sima öntözésnél 150,08 g, míg sós öntözésnél 154,23 g, ami 4,15 g-os növekedést mutat. Ez érdekes eredmény, ami arra utal, hogy a P0023 hibrid sós környezetben, magas vízádag mellett még jobban teljesít, mint sómentes környezetben.

5. **P0710 hibrid:**

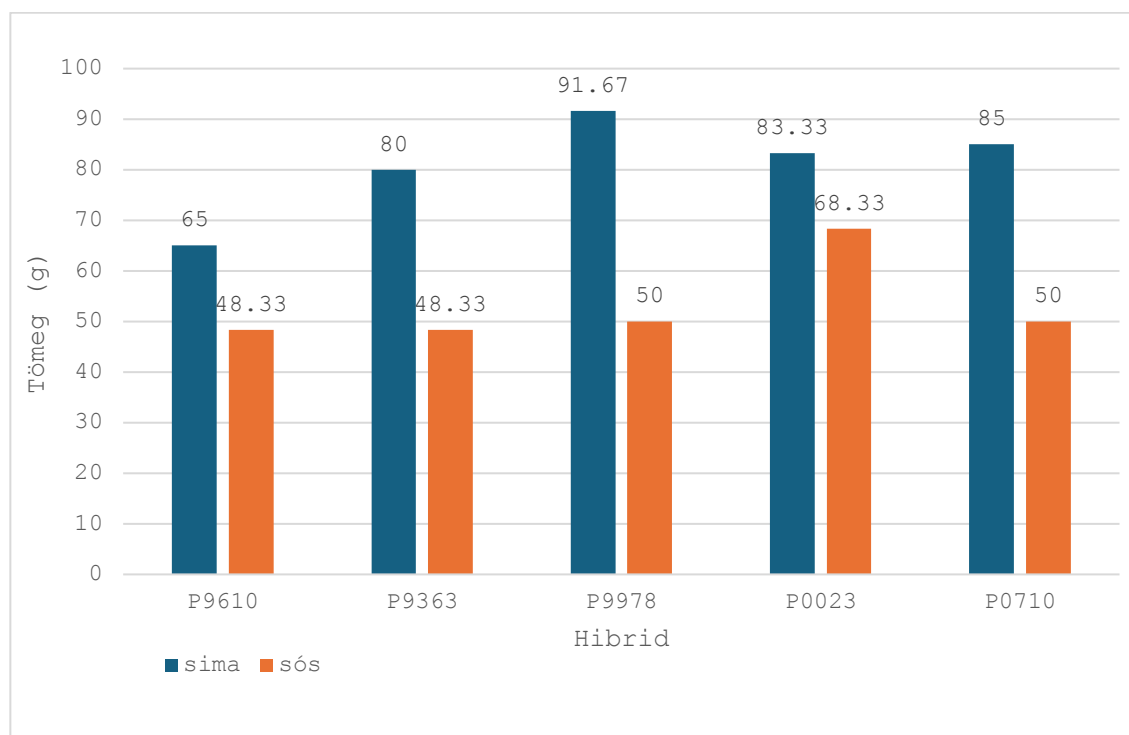
- A P0710 hibrid biomassa tömege sima öntözés mellett 136,49 g, míg sós öntözésnél 129,72 g, ami 6,77 g-os csökkenést jelent. Ez közepes mértékű sóérzékenységre utal, mivel a biomassa termelése csökken a só jelenlétében, de a visszaesés nem jelentős.

Magas öntözési vízádag mellett a só hatása hibridenként eltérő mértékben nyilvánul meg. A P9363 és P9978 hibridek szinte teljesen sótűrőnek bizonyulnak, mivel biomassa tömegük alig változik sós öntözés hatására. A P0023 hibrid esetében még növekedést is tapasztalunk a biomasszában, ami arra utal, hogy ez a hibrid kifejezetten jól tolerálja a sós környezetet magas vízádag mellett. A P9610 és P0710 hibridek közepesen érzékenyek a sóra, mivel biomassa tömegük csökken, de még így is viszonylag jó termést biztosítanak.

5.3. A kukorica gyökértömegének változása

5.3.1. Alacsony vízadag (VKsz 40%)

10. ábra: Kukorica gyökértömegének változása sós és sima öntözés mellett alacsony vízadaggal



Az alacsony öntözési vízadag (VKsz 40%) mellett végzett kísérlet gyökértömegre vonatkozó eredményei azt mutatják, hogy a sós öntözés negatív hatással van a gyökér fejlődésére minden vizsgált kukorica-hibrid esetében. A gyökértömeg minden hibridnél csökkent sós öntözés hatására, ami a sóstressz következtében fellépő növekedési gátlásra utal. Az alábbiakban részletesen elemzem az egyes hibridek gyökértömegének változását.

Hibridek részletes elemzése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a gyökértömeg 65 g, míg sós öntözésnél 48,33 g. Ez 16,67 g-os csökkenést jelent, ami jelentős visszaesést mutat. Ez arra utal, hogy a P9610 hibrid érzékeny a sóra alacsony vízadag mellett, mivel a gyökérfejlődés jelentős mértékben csökken sós környezetben.

2. P9363 hibrid:

- Ennél a hibridnél a gyökértömeg sima öntözés mellett 80 g, míg sós öntözésnél 48,33 g. Ez 31,67 g-os csökkenést jelent, ami a legnagyobb csökkenés az összes

hibrid között. Ez azt jelzi, hogy a P9363 hibrid különösen érzékeny a sóra ebben a környezetben, mivel a gyökérfejlődés erősen gátolt.

3. P9978 hibrid:

- A P9978 hibrid gyökértömege sima öntözés mellett 91,67 g, míg sós öntözés mellett 50 g, ami 41,67 g-os csökkenést jelent. Ez a legnagyobb abszolút csökkenés az összes hibrid között, ami azt mutatja, hogy a P9978 hibrid gyökérfejlődése különösen nagy mértékben visszaesik só hatására, ami súlyos sóérzékenységet jelez alacsony vízadag mellett.

4. P0023 hibrid:

- A P0023 hibrid esetében a gyökértömeg sima öntözés mellett 83,33 g, míg sós öntözés mellett 68,33 g, ami 15 g-os csökkenést mutat. Ez viszonylag kisebb mértékű csökkenés a többi hibridhez képest, ami arra utal, hogy a P0023 hibrid mérsékeltebb sóérzékenységgel rendelkezik ebben a környezetben.

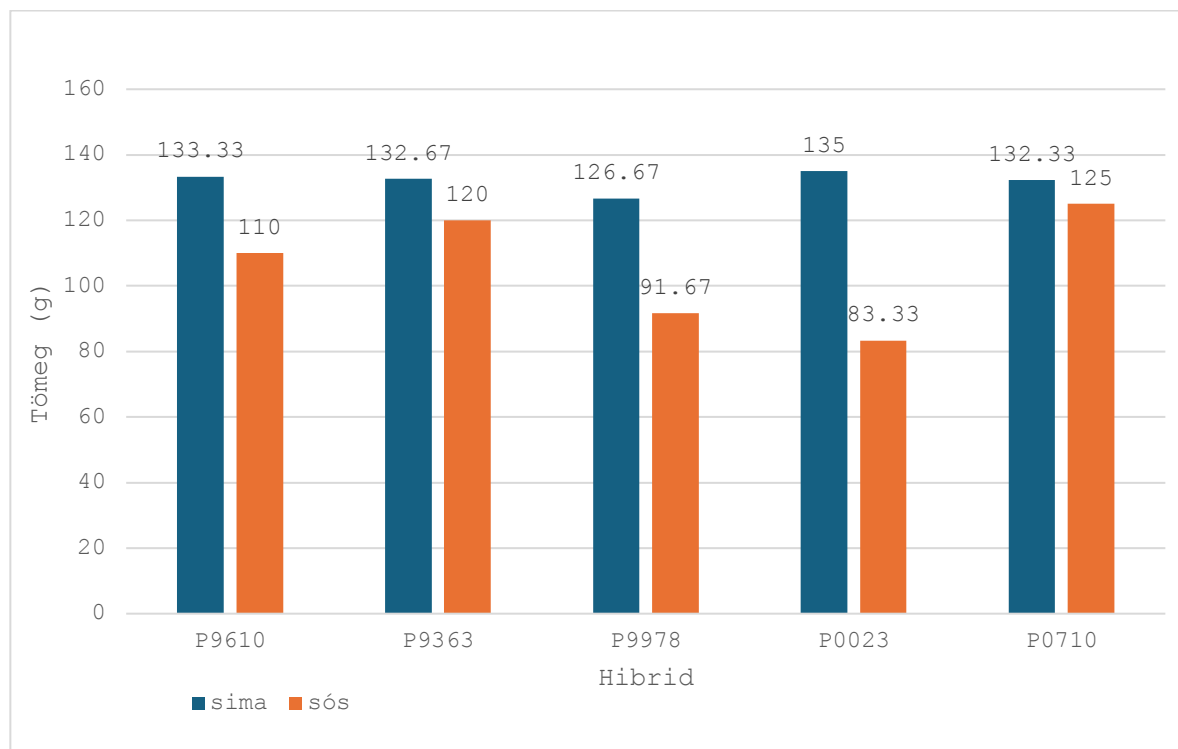
5. P0710 hibrid:

- A P0710 hibrid gyökértömege sima öntözés mellett 85 g, míg sós öntözés mellett 50 g, ami 35 g-os csökkenést jelent. Ez jelentős csökkenés, ami közepes sóérzékenységre utal, de még mindig nagy hatással van a gyökérfejlődésre.

Az alacsony öntözési vízadag mellett a sós öntözés minden kukoricahibrid esetében jelentős gyökértömeg-csökkenést okoz, bár az érzékenység mértéke változó. A P9978 és P9363 hibridek mutatják a legnagyobb gyökértömeg-csökkenést, ami arra utal, hogy ezek a hibridek különösen érzékenyek a sóra, és nem alkalmasak sóval terhelt környezetben, alacsony vízadag mellett. A P0023 hibrid a legkisebb csökkenést mutatja, ami viszonylag jobb sótűrésre utal ebben az öntözési környezetben.

5.3.2. Közepes vízadag (VKsz 60%)

11. ábra: Kukorica gyökértömegének változása sós és sima öntözés mellett közepes vízadaggal



A közepes öntözési vízadag (VKsz 60%) mellett végzett kísérlet gyökértömegre vonatkozó eredményei azt mutatják, hogy a sós öntözés minden vizsgált kukoricahibrid esetében csökkenti a gyökértömeget, bár az érzékenység mértéke eltérő. A sóstressz hatása enyhébbnek tűnik, mint az alacsony vízadag esetében, de a gyökérfejlődést így is befolyásolja. Az alábbiakban részletesen elemzem az egyes hibridek gyökértömegének változását.

Hibridek részletes elemzése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a gyökértömeg 133,33 g, míg sós öntözésnél 110 g, ami 23,33 g-os csökkenést jelent. Ez a viszonylag nagy csökkenés azt jelzi, hogy a P9610 hibrid sóérzékenyebb, és a só jelenléte jelentős visszaesést okoz a gyökérfejlődésben, még közepes vízadag mellett is.

2. **P9363 hibrid:**

- A P9363 hibrid gyökértömege sima öntözésnél 132,67 g, míg sós öntözésnél 120 g, tehát 12,67 grammal csökkent. Ez mérsékeltebb csökkenés, ami arra utal, hogy a P9363 hibrid jobban tűri a sót, és gyökérfejlődése kevésbé csökken, mint a P9610 esetében.

3. **P9978 hibrid:**

- A P9978 hibrid gyökértömege sima öntözés mellett 126,67 g, míg sós öntözés mellett 91,67 g, ami 35 g-os csökkenést jelent. Ez az egyik legnagyobb visszaesés, ami azt sugallja, hogy a P9978 hibrid különösen érzékeny a sóra, mivel jelentős gyökértömeg-csökkenést mutat sós környezetben.

4. **P0023 hibrid:**

- A P0023 hibrid esetében a gyökértömeg sima öntözés mellett 135 g, míg sós öntözésnél 83,33 g, ami 51,67 g-os csökkenést mutat. Ez a legnagyobb csökkenés az összes hibrid között, ami arra utal, hogy a P0023 kifejezetten érzékeny a sóra, és gyökérfejlődése jelentős mértékben csökken a sós öntözés hatására.

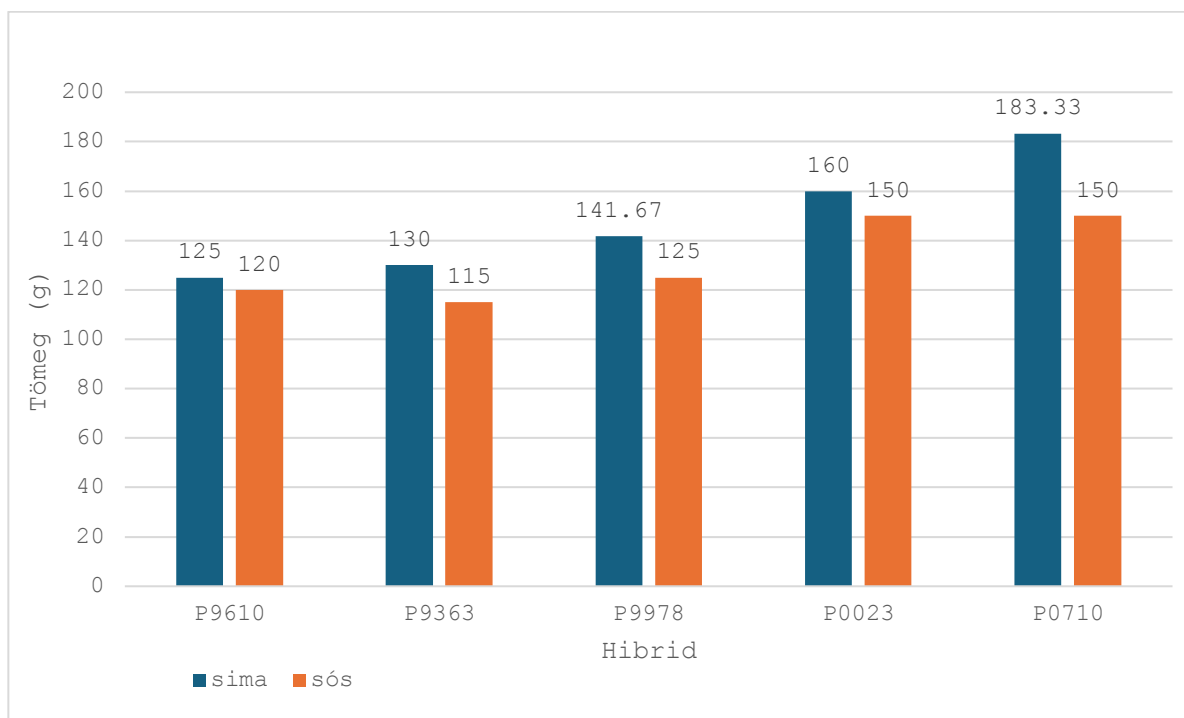
5. **P0710 hibrid:**

- A P0710 hibrid gyökértömege sima öntözés mellett 132,33 g, míg sós öntözésnél 125 g, ami 7,33 g-os csökkenést jelent. Ez a legkisebb eltérés az összes hibrid között, ami azt sugallja, hogy a P0710 hibrid a legjobban tolerálja a sót közepes vízáradag mellett, mivel gyökértömeg-csökkenése minimális.

Közepes öntözési vízáradag mellett a sóstressz minden hibrid esetében csökkenti a gyökértömeget, de a csökkenés mértéke változó. A P0023 és P9978 hibridek mutatják a legnagyobb gyökértömeg-csökkenést, ami magas sóérzékenységre utal. Ezzel szemben a P0710 hibrid mutatja a legkisebb csökkenést, ami azt sugallja, hogy ez a hibrid a leginkább sótűrő, mivel gyökérfejlődése viszonylag stabil marad a sós környezetben.

5.3.3. Magas vízadag (VKsz 80%)

12. ábra: Kukorica gyökértömegének változása sós és sima öntözés mellett magas vízadaggal



A magas öntözési vízadag (VKsz 80%) mellett végzett kísérlet gyökértömegre vonatkozó eredményei azt mutatják, hogy a sós öntözés minden vizsgált kukoricahibrid esetében csökkenti a gyökértömeget, de a csökkenés mértéke eltérő. A sóstressz hatása itt kisebbnek tűnik, mint alacsonyabb és közepes vízadag mellett, de a gyökérfejlődésre így is hatással van. Az alábbiakban részletesen elemzem az egyes hibridek gyökértömegének változását.

Hibridek részletes elemzése

1. P9610 hibrid:

- Sima öntözés mellett a gyökértömeg 125 g, míg sós öntözésnél 120 g, ami mindössze 5 g-os csökkenést jelent. Ez kis mértékű visszaesést jelez, ami arra utal, hogy a P9610 hibrid viszonylag jól tűri a sót magas vízadag mellett, és a só jelenléte csak mérsékelten csökkenti a gyökérfejlődést.

2. P9363 hibrid:

- A P9363 hibrid gyökértömege sima öntözésnél 130 g, míg sós öntözésnél 115 g, ami 15 g-os csökkenést jelent. Ez közepes mértékű sóérzékenységre utal, mivel

a gyökérfejlődés jelentős mértékben csökken, de a visszaesés még így is viszonylag mérsékelt.

3. P9978 hibrid:

- A P9978 hibrid gyökértömege sima öntözés mellett 141,67 g, míg sós öntözés mellett 125 g, ami 16,67 g-os csökkenést mutat. Ez arra utal, hogy a P9978 hibrid szintén mérsékelt sóérzékenységgel rendelkezik, mivel a gyökértömeg csökkenése mérsékelt, de észrevehető.

4. P0023 hibrid:

- A P0023 hibrid gyökértömege sima öntözés mellett 160 g, míg sós öntözés mellett 150 g, ami 10 g-os csökkenést jelent. Ez viszonylag kisebb visszaesést jelez, ami arra utal, hogy a P0023 hibrid jól tűri a sót, és a só hatása csak kis mértékben befolyásolja a gyökérfejlődését.

5. P0710 hibrid:

- A P0710 hibrid gyökértömege sima öntözés mellett 183,33 g, míg sós öntözés mellett 150 g, ami 33,33 g-os csökkenést jelent. Ez a legnagyobb csökkenés az összes hibrid között, ami arra utal, hogy a P0710 hibrid érzékenyebb a só hatására, még magas vízadag mellett is.

Magas öntözési vízadag mellett a sóstressz továbbra is csökkenti a gyökértömeget, de a sóérzékenység mértéke hibridenként változó. A P9610 és P0023 hibridek viszonylag jól tolerálják a sót magas vízadag mellett, mivel gyökértömeg-csökkenésük kicsi vagy mérsékelt. Ezzel szemben a P0710 hibrid mutatja a legnagyobb érzékenységet, mivel a gyökértömeg jelentős mértékben csökken sós öntözés hatására.

6. Következtetések és javaslatok

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a kukoricahibridek növekedésére és sótűrésére jelentős hatással van mind az öntözés mértéke, mind a sós víz alkalmazása. A kísérlet három különböző öntözési szintet (VKsz 40%, 60%, 80%) vizsgált, amelyek lehetővé tették a növények reakcióinak megfigyelését eltérő vízellátási feltételek mellett.

A legnagyobb öntözési szint (VKsz 80%) minden hibrid esetében javította a növekedést, különösen a sóstressz jelenlétében. Az alacsonyabb vízádagokkal kezelt növények esetében a só hatása jobban megmutatkozott, mivel ezeknél a kezeléseknél a növénymagasság és a biomassa is csökkent. A gyökértömeget illetően a magasabb vízellátottság szintén előnyt jelentett, mivel a növények nagyobb gyökértömeget értek el, ami hozzájárult a sóstressz elleni védekezéshez. A kísérlet során a P9610 és a P0023 hibridek mutatták a legjobb eredményeket magas vízádag mellett, így ezek a hibridek ajánlottak sóval terhelt környezetbe, ahol magas öntözési kapacitás biztosítható.

A kutatás eredményei alapján számos lehetőség mutatkozik a kukorica tápanyagellátásának optimalizálására és a termelési hatékonyság növelésére, kötött réti talajon, öntözött és öntözetlen körülmények között. Az alábbi javaslatok célja, hogy a kukorica termesztésében alkalmazott technikák továbbfejlesztésével növeljék a termés hozamot, javítsák a termésminőséget és támogassák a fenntartható gazdálkodási gyakorlatokat. Ezek a fejlesztések hozzájárulhatnak a termelési költségek optimalizálásához, a környezeti terhelés csökkentéséhez, valamint a kukorica jobb ellenálló képességéhez a szélsőséges időjárási viszonyok és a talajviszonyok között.

1. **Precíziós tápanyagellátás alkalmazása:** A talaj tápanyag-szolgáltató képességének részletes vizsgálata lehetőséget nyújt arra, hogy a tápanyagellátást a növény igényeihez és a talaj adottságaihoz igazítsák. A precíziós tápanyag-kijuttatás minimalizálja a felesleges műtrágyahasználatot, így csökkenti a költségeket és a környezeti terhelést, miközben javítja a termés hozamot.
2. **Öntözés optimalizálása az évszak és a talaj nedvességtartalma alapján:** Az eredmények azt mutatják, hogy az öntözés javítja a talaj vízellátottságát és támogatja a tápanyagok felvételét. Az öntözési rendszer optimalizálása (pl. időzítés, mennyiség) a hőmérsékleti és talajviszonyok figyelembevételével fokozná a tápanyagok hatékonyabb hasznosulását, és elősegítené a növények kiegyensúlyozott fejlődését.

3. **A talaj szerkezetének javítása szerves anyagokkal:** A kötött réti talajok tömörödési hajlama miatt a talajszerkezet javítása elengedhetetlen a gyökérfejlődés támogatásához és a tápanyagok hozzáférhetőségének növeléséhez. A szerves anyagok, például a komposzt vagy szerves trágya használata javítja a talaj vízmegtartó képességét és porozitását, ami hozzájárul a tápanyag-felvétel fokozásához.

7.Összefoglalás

A kukorica jelentős szerepet játszik mind hazai, mind nemzetközi szinten az agrár-élelmiszeriparban és a takarmányozásban. A világ népességének növekedésével és az egyre változatosabb étrendi igényekkel párhuzamosan a kukoricatermesztés fenntartása és fejlesztése kiemelkedő fontosságú. A kukorica a legfontosabb gabonafélék egyike, és a búza után a második legnagyobb területen termesztett növény, amelynek jelentős részét Észak-Amerikában, USA-ban és Kanada területein termesztik. Európában is jelentős kukoricatermelés folyik, ami a globális termelés mintegy 11%-át adja.

A kukoricatermesztés sikeressége nagymértékben függ a megfelelő éghajlati és talajfeltételektől, valamint a tápanyag- és vízellátottság egyensúlyától. A kötött réti talajokon történő termesztés speciális kihívásokat jelent, mivel ezek a talajok hajlamosak a tömörödéssé, ami gátolja a gyökérfejlődést és a tápanyagfelvételt. Az öntözés hatása kedvezően befolyásolja a kukorica tápanyagfelvételét azáltal, hogy javítja a talaj vízellátottságát és a tápanyagok mozgását a gyökerekhez. Az öntözetlen körülmények ezzel szemben korlátozhatják a növény tápanyagfelvételét, ami csökkentheti a terméshozamot, különösen száraz időszakokban. Az öntözés különösen fontos a változó klímakörülmények között, ahol a termés stabilitását segíti elő, különösen a száraz és forró időszakokban.

A sóstressz csökkentheti a növekedést és a hozamot, de egyes hibridek jobb sótűrővel rendelkeznek, amelyek képesek alkalmazkodni a sós környezethez. A különböző vízadagok hatására eltérő mértékben reagálnak a hibridek a sóstresszre, és az optimális vízadag beállításával csökkenthető a só káros hatása. A kutatás során a kukorica szárazságtűrését vizsgáltam különböző vízadagok mellett, sós és sima öntözési körülmények között. A kísérletek azt mutatták, hogy a sóstressz minden hibrid növekedésére kedvezőtlen hatást gyakorol, különösen alacsonyabb vízadagok mellett. A növénymagasság, biomassa és gyökértömeg mérések alapján kiderült, hogy a sós öntözés hatására a növekedési mutatók általánosan csökkennek, de a csökkenés mértéke változó, és függ az öntözési szinttől, valamint a hibrid sótűrő képességétől.

A magasabb öntözési szintek (VKsz 80%) csökkentették a sóstressz negatív hatását, így a gyökértömeg és biomassa szintje jobb eredményeket mutatott, mint alacsony vízadag esetén. A hibridek közül a P0710 különösen jól teljesített magas vízadag mellett, míg a P0023 hibrid különösen érzékenynek bizonyult a sóstresszre. Ezek alapján javasolt a sótűrőbb hibridek alkalmazása és a magasabb öntözési szint fenntartása a sótartalmú talajokon, mivel ez segíthet a stabil termés elérésében sós környezetben is.

8. Irodalomjegyzék

- Antal, J., 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda.
- Berényi, B., Szabó, L., 2001. Növénytermesztés trópusokon-szubtrópusokon. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Bp. 38–44.
- Bocz, E., Késmárki, I., 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó Bp. 887.
- Bojtor, C., Illés, Á., Nasir Mousavi, S.M., Széles, A., Tóth, B., Nagy, J., Marton, C.L., 2021. Evaluation of the Nutrient Composition of Maize in Different NPK Fertilizer Levels Based on Multivariate Method Analysis. *Int. J. Agron.* 2021, 5537549. <https://doi.org/10.1155/2021/5537549>
- Chukwuka, K.S., Ajala, S., Nwosu, P.C., Omotayo, O.E., 2015. Effects of NPK Single Fertilizers on Relative Growth Performances of Two Cycles of Maize (*Zea mays* L.) Grown in a Degraded Soil of Southwest Nigeria. *J. Agron.* 14, 203–211. <https://doi.org/10.3923/ja.2015.203.211>
- FAO, 2022. Crops and livestock products.
- Ferin, K.M., Kucharik, C.J., 2024. Irrigation expansion shows potential for increased maize yield and reduced nitrogen leaching in the Midwest US. *Agric. Syst.* 219, 104055. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.104055>
- Futó, Z., 2006. A VETÉSIDŐ ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE.
- Futó, Z., Sárvári, M., 2015. A kukoricatermesztés technológiájának fejlesztési lehetőségei. Gödöllő Szent István Egyetemi Kiadó.
- Grassini, P., Yang, H., Irmak, S., Thorburn, J., Burr, C., Cassman, K.G., 2011. High-yield irrigated maize in the Western U.S. Corn Belt: II. Irrigation management and crop water productivity. *Field Crops Res.* 120, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.09.013>
- 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. <https://doi.org/10.1155/2015/198575>
- Györi, Z., Györiné Mile, I., 2011. A búza és kukorica minősége és feldolgozása. Szaktudás.
- Huang, J., Hartemink, A.E., 2020. Soil and environmental issues in sandy soils. *Earth-Sci. Rev.* 208, 103295. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103295>
- KSH, 2024a. Fontosabb szántóföldi növények betakarított területe.
- KSH, 2024b. Fontosabb szántóföldi növények termés mennyisége.
- Kumar, P., Singh, R., Suby, S., Kaur, J., Sekhar, J., PL, S., 2018. An overview of crop loss assessment in maize. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11554.17606>
- Meissle, M., Mouron, P., Musa, T., Bigler, F., Pons, X., Vasileiadis, V.P., Otto, S., Antichi, D., Kiss, J., Pálkás, Z., Dorner, Z., Van Der Weide, R., Groten, J., Czembor, E., Adamczyk, J., Thibord, J.-B., Melander, B., Nielsen, G.C., Poulsen, R.T., Zimmermann, O., Verschwele, A., Oldenburg, E., 2010. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *J. Appl. Entomol.* 134, 357–375. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01491.x>
- Menyhért, Z., 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó.
- Nagy, J., 2007. Kukoricatermesztés.
- Odelana, T., Onasanya, O., Salami, O., Azeez, J., 2017. Growth and Uptake in Maize as Influenced by NPK Fertilizer in Green House Experiment. *Int. J. Plant Soil Sci.* 17, 1–10. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2017/34399>
- Radics, L., 2008. Növénytermesztő mester könyve.
- Radics, L., 2003. Szántóföldi növénytermesztés.

- Sárvári, M., 2019. Kukorica, in: Integrált Növénytermesztés 2., Alapnövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 59–92.
- Széles, A., Huzsvai, L., Mohammed, S., Nyéki, A., Zagyi, P., Horváth, É., Simon, K., Arshad, S., Tamás, A., 2024. Precision agricultural technology for advanced monitoring of maize yield under different fertilization and irrigation regimes: A case study in Eastern Hungary (Debrecen). *J. Agric. Food Res.* 15, 100967.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.100967>
- Vasileiadis, V.P., Sattin, M., Otto, S., Veres, A., Pálkás, 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.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.04.002>
- Wang, X., Müller, C., Elliot, J., Mueller, N.D., Ciais, P., Jägermeyr, J., Gerber, J., Dumas, P., Wang, C., Yang, H., Li, L., Deryng, D., Folberth, C., Liu, W., Makowski, D., Olin, S., Pugh, T.A.M., Reddy, A., Schmid, E., Jeong, S., Zhou, F., Piao, S., 2021. Global irrigation contribution to wheat and maize yield. *Nat. Commun.* 12, 1235.
<https://doi.org/10.1038/s41467-021-21498-5>
- Zivorad Videnovic, A., Zivota Jovanoviã, A., Dumanoviã, Z., Simiã, M., Srdiã, J., Spasojeviã, I., 2013. Effect of long term crop rotation and fertiliser application on maize productivity. *Turk. J. Field Crops* 18, 233–237.

Elektronikus források:

Internet1: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0021.html

Internet2: <https://depositphotos.com/hu/vector/parts-plant-morphology-corn-maize-plant-green-leaves-root-system-266178658.html>

Internet3: <https://www.agrarunio.hu/hirek/gepesites/8012-ontozes-a-szantofoldon-a-fejlesztési-lehetosegei-es-hatasa-a-termesre-es-termesbiztonsagra>

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom, témavezetőmnek Dr. Futó Zoltán tanszékvezetőnek és egyetemi docensnek, hogy szakmai tudásával és hasznos tanácsaival, illetve észrevételeivel segítette méréseimet és támogatott szakdolgozatom elkészítésében.

Valamint köszönetemet szeretném kifejezni az Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék munkatársainak odaadó munkájukat, mellyel segítették kísérletem megvalósítását, illetve, hogy a mérésekhez szükséges eszközöket és mintákat biztosították.

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Virág Bence (hallgató Neptun azonosítója: XCJESR) 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 nem³

Kelt: Szeptember 2024 év november hó 11 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

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

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: VIRÁG BENCE
A Hallgató Neptun kódja: XC FESR
A dolgozat címe: KUKORICA HIBRIDEK SÓTÚRÁSÉNEK A VIZSGÁLATA
A megjelenés éve: 2024 ELTÉRŐ VIZSGALÁSI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÉB
A konzulens intézetének neve: KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: ÖNTÖZÉSFELFELESTÉS 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 mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri 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 repozitóri rendszerében.

Kelt: 2024 év 11 hó 11 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.