



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Különböző tápanyag visszapótlási technológiák hatása a kukorica fejlődésére és hozamára

The effect of different fertilizers management for development and yields of mais.

Készítette:

Pitz András

CIXP30

Agrármérnök osztatlan képzés

Nappali tagozat

Kaposvári Campus

Témavezetők:

Dr. Hoffmann Richárd

Egyetemi docens

Növénytermesztési-tudományok Intézet,

Agronómia tanszék

Dr. Somfalvi-Tóth Katalin

Egyetemi adjunktus

Növénytermesztési-tudományok Intézet,

Agronómia tanszék

Kaposvár

2022.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Célkitűzés	4
3. Irodalmi áttekintés	5
3.1. A kukorica termesztésének volumene.....	5
3.2. A kukorica termesztésének agrotechnikai sajátosságai, különös tekintettel a tápanyag-gazdálkodási vonatkozásokra.....	6
3.2.1. A kukorica előveteménye	6
3.2.2. Talajelőkészítés rendszere.....	7
3.2.3. Tápanyaggazdálkodás	8
3.2.4. A kukorica vetési adatai	10
3.3. A kukorica éghajlattal szembeni igénye	13
3.3.1. A jégverés hatása a kukorica hozamára	16
3.4. A fotoszintetikus apparátus állapotának terepi vizsgálati lehetőségei	17
3.4.1. Relatív klorofill-tartalom mérése	17
3.4.2. Spektrális visszaverődés mérése (NDVI).....	19
4. Anyagok és módszerek.....	20
4.1. Kísérlet helyszínének bemutatása	20
4.2. A kísérlet beállítása, elrendezése	21
4.3. Kísérleti adatok gyűjtése, feldolgozásának módszere	23
5. Eredmények és értékelésük	25
5.1. Eredmények	25
5.2. Következtetések	36
6. Összefoglalás	39
7. Irodalomjegyzék.....	42
8. Köszönetnyilvánítás	47

1. Bevezetés

Világviszonylatban elmondható, hogy a klímaváltozás és a gyors demográfiai növekedés hatására egyre nagyobb nyomás van jelen a növénytermesztésben. Ezért a szélsőséges időjárási körülmények és a növekvő élelmiszerigény miatt a lehető legnagyobb hektáronkénti hozamot kell produkálnunk - mindezt gazdaságosan. Ehhez szükséges a megfelelő agrotechnika, okszerű és célzott növényvédelem, valamint a tudatos tápanyaggazdálkodás is. Az elmúlt években megnövekedett termelési költségek, mint pl.: üzemanyag, műtrágya és peszticid árak miatt, még fontosabbá vált a termelés hatékonyságának növelése.

A kukorica (*Zea mays L.*) sokoldalúságának köszönhetően az emberiség egyik legfontosabb kultúrnövényévé vált, aminek köszönhetően a legnagyobb termőterülettel rendelkező kultúrák közé sorolhatjuk. A nagy termelési volumene a korábban említett sokoldalúságával magyarázható. Fontos a szerepe, mint abrakakarmány, ipari nyersanyag, valamint az emberi ételmezésben is jelentős. Vetésterülete 2022-ben 203,16 millió hektárra volt tehető (USDA, 2022), míg hazánkban 1.048.084 hektáron termesztették. Az elmúlt években világviszonylatban, így hazánkban is csökkenő tendenciát mutat a termőterület nagysága. Ezt kiváltó egyik fő ok a globális klímaváltozás, mivel hatására megváltoznak a termesztési körülmények és egyre szélsőségesebb időjárási feltételekhez kell alkalmazkodnunk. Így elmondható, hogy a kukoricatermesztés kockázata megnőtt. A vetésterület mellett a termésátlagok esetében is jelentős ingadozás, csökkenés figyelhető meg, ami az ország különböző részein elérheti az akár 50-60%-ot is.

A Föld népessége folyamatosan növekszik, napjainkban megközelítette a 8 milliárd főt. Egyes kutatások szerint a növekedés még folytatódni fog, így a mezőgazdaságnak nem csak a népélelmezési problémát kell megoldania, hanem várhatóan az urbanizáció miatt a termőterületek csökkenésével is számolni kell.

A korábban említett okok szükségessé teszik, hogy a lehető legnagyobb hektáronkénti hozamot realizáljuk, mind a profit maximalizálása, mind az élelmezési problémák megoldása érdekében. Ez csak úgy érhető el, hogy a megfelelő agrotechnika alkalmazásával csökkentjük az időjárási szélsőségek okozta termés kiesést, valamint az okszerű és célzott hatóanyag kijuttatást tartjuk szem előtt mind a növényvédelemben, mind pedig a tápanyaggazdálkodásban.

2. Célkitűzés

A Somogy megyei Kaposfőn beállított nagyparcellás kísérletünkkel célunk az volt, hogy a különböző dózisú és időben is eltérő tápanyag-utánpótlási technológiák összehasonlításával lehetőség nyíljon a leghatékonyabb, egyben leggazdaságosabb megoldás kiválasztására. Vizsgálataink során a termésmennyiségen túl figyelembe vettünk olyan mennyiségi és minőségi tulajdonságokat is, mint például az NDVI érték, a klorofill tartalom, a csőhosszúság, vagy a sorok száma a csövön.

Mivel az általunk végzett kutatások nagyparcellán történtek, ezért a gyakorlat számára jól használható eredményeket kaptunk, így reményeink szerint eredményeink segítik azokat a termeszteket, akik hasonló körülmények között és egyben fenntartható módon kívánnak gazdálkodni.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A kukorica termesztésének volumene

Napjainkban a kukoricát szinte az egész világon termesztik a jó alkalmazkodó képessége és a széleskörű felhasználhatósága miatt. Ez abból is látható, hogy világszinten a búza és a rizs mellett a kukorica rendelkezik a legnagyobb termőterülettel (kb. 203,16 millió hektár), valamint a legnagyobb hektáronkénti termésátlaggal, amely 2021-ben 5,89 t/ha volt (USDA, 2022). Világviszonylatban ma a legnagyobb kukoricatermelő az USA. A termelés központja a középkéleti államokban alakult ki, ezek közül is a három legjelentősebb Iowa, Illinois és Idaho. Ezek az államok alkotják az úgynevezett „corn belt” (kukoricaöv) területet (Keszthelyi., 2014). Az Egyesült Államok a 2021-es évben 384 millió tonna kukoricát állított elő, hozzávetőlegesen 10-11 t/ha országos termésátlaggal. Ezek a kiváló eredmények az éghajlat, a megfelelő agrotechnika és a jó talajösszetételnek köszönhető.

Az egyes országokban megfigyelhető vetésterület csökkenés egyik legfőbb oka a klímaváltozás, mivel a termelésben kialakult bizonytalanságot más lehetséges alternatívákkal próbálják kiváltani.

Magyarország kiváló adottságokkal rendelkezik a kukoricatermesztés szempontjából. Korábban a szántóterületeink kb. 27%-án termesztettek kukoricát, ez megközelítőleg 1,1-1,2 millió hektár volt. Ahogy korábban is említésre került, napjainkban a kukorica vetésterületének nagysága ingadozóan, de csökkenni kezdett annak ellenére, hogy talajaink megfelelő adottságokkal rendelkeznek, valamint az éghajlatunk is megfelelő volt a kukorica intenzív módon történő termesztéséhez.

1.táblázat: A kukorica vetésterületének, termésátlagának és termésmennyiségének alakulása hazánkban (KSH, 2021)

Év	Termő terület ezer ha	Termés t/ha	Termés ezer t.
2014	1 191	7,82	9315
2015	1146	5,79	6633
2016	1012	8,63	8730
2017	989	6,82	6739
2018	939	8,49	7977
2019	1028	8,06	8278
2020	973	8,62	8382
2021	1043	6	6300
2022	1048		

A csökkenés főleg a 2014-es évtől figyelhető meg (1. táblázat). Míg a korábbi években a vetésforgótól, illetve az időjárástól függően ingadozott a termőterület nagysága, addig napjainkban főleg a negatív hatású klimatikus tényezőkre vezethető vissza a csökkenés. Igaz, hogy a 2021-22-es években valamelyest növekedett a vetésterület, de hosszútávon várhatóan további csökkenés lesz megfigyelhető (Kovács, 2021). Hatására a termelésünk előreláthatóan eltolódik a kalászos gabonák, illetve az olajos növények (napraforgó) irányába, mivel az egyre növekvő csapadékhiány és a jégesők gyakorisága leginkább ezt a termesztési ágazatot sújtja. Ennek az az oka, hogy sokszor már a vetés megkezdésekor sem áll rendelkezésünkre a szükséges talajnedvesség. Ezen túlmenően a virágzáskor fellépő aszály jelenti az egyik legnagyobb problémát, mivel ha ebben az időszakban nem áll rendelkezésre az optimális nedvesség, páratartalom akkor nem tud megfelelően végbe menni a termékenyülés, szemkötés (Allaga és Bódis, 2014). A vetésterülettel ellentétben a hektáronkénti hozam növekvő tendenciákat mutat, aminek a későbbi növekedésében szintén az előbb említett ökológiai tényezők szabnak gátat. Összességében elmondható, hogy míg az 1970-80-as években a klimatikus tényezők mindössze 10-20%-ban befolyásolták a termelést, addig napjainkban ez az érték elérte az 50-60%-ot (Kovács, 2020).

3.2. A kukorica termesztésének agrotechnikai sajátosságai, különös tekintettel a tápanyag-gazdálkodási vonatkozásokra

3.2.1. A kukorica előveteménye

Az elvetni kívánt kultúrnövény kiválasztása esetén fontos szempontként jelenik meg az elővetemény, mivel kóroktani, tápanyaggazdálkodási és agrotechnikai szempontból is beszélhetünk jó és rossz előveteményről. Ennek az az oka, hogy a termesztésben lévő növényeink sok esetben azonos kórokozókkal, kártevőkkel, illetve hasonló tápanyagigénnyel rendelkeznek. Az utóbbi figyelmen kívül hagyása a növények részéről a talajban fellelhető tápelemek egyoldalú kihasználásához vezethet, amit csak hosszadalmas és precíz munkával tudunk pótolni. Agrotechnikai szempontból figyelembe kell venni az elővetemény lekerülési idejét, a hátrahagyott növényi maradványok mennyiségét, valamint a vízfogyasztást is.

Esetünkben a kukorica nem igényes az előveteményére, így akár 2-3 évig is hatékonyan termeszthető önmaga után. Ebben az esetben fontos, hogy gondoskodjunk a megfelelő tápanyag-ellátásról és növényvédelemről. A monokultúrás jellegű termelés során ügyelnünk kell az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) megjelenésére, mivel kártétele tömegesen jelentkezhet. A jó elővetemények közé soroljuk a különböző pillangósokat,

kalászosokat. A pillangósok után (mint pl.: lucerna és herefélék) jó minőségben és tápanyagban gazdagon marad hátra a talaj, aminek következtében a kukorica szemtermése szignifikánsan meghaladja a más elővetemények esetén elért termést (Tóth, 2001). A kalászosok esetében nagy előnyt jelent a korai lekerülés, így elegendő időt biztosítva a talajelőkészítésre. Viszont fontosnak tartom megemlíteni, hogy nem megfelelő növényvédelem esetén nagyobb eséllyel ütheti fel a fejét fuzáriumos megbetegedés. Korábban említésre került, hogy bár az előveteményére kevésbé igényes növényről van szó, azonban a kukorica magasabb vízigénnyel rendelkezik (kb. 450-550 mm/vegetációs periódus), emiatt a szintén nagyobb vízigénnyel rendelkező kultúrnövényeket kerülni szükséges, ilyen a cukorrépa és a napraforgó is (Keszthelyi, 2014).

3.2.2. Talajelőkészítés rendszere

A talajelőkészítésnek minden esetben arra kell irányulni, hogy az elvetendő szem számára a lehető legjobb feltételeket biztosítsuk a csírázáshoz, keléshez. Ez magába foglalja a tömörödött rétegek felszámolását is, mivel a kukorica kedveli a mélyebben átmunkált talajokat. A megfelelő szerkezetet periodikus mélyműveléssel tudjuk biztosítani. Azaz évente különböző mélységben végezzük az alpművelést, valamint legalább 4-5 évente mélylazítást végzünk megszüntetve az esetlegesen kialakult tömör rétegeket. Csernozjomon végzett kísérletek szerint a kukorica esetében az optimális talajtérfogat 1,1-1,2 g/cm³, míg a levegő tartalom 50-55% (Kiver és Onopriyenko, 2019). A megfelelő minőségű talaj előkészítése már az elővetemény lekerülésével megkezdődik, majd a folytatását a lekerülési idő és a tarlómaradványok mennyisége határozza meg. A korán lekerülő elővetemények esetében (pl.: kalászosok, repce stb.) már a nyári hónapokban megkezdődik a talaj előkészítése a következő kultúra számára. A betakarítást követően a beárnyékolási nedvességet kihasználva tarlóhántást végzünk 6-10 cm mélyen. Ennek hatására a talajfelszín porhanyítása, lazítása megy végbe, valamint a növényi maradványok aprítódnak és a talajba kerülnek. Mivel minden talajbolygatást gyomosodás követ, szükség van a tarló további ápolására egészen az alpművelés elvégzéséig. Fontos, hogy az egyre csapadékszegényebb időjárás miatt minden munkaművelet után lezárjuk a talajfelszínt, ezzel csökkentve az elpárolgó talajnedvességet (Birkás, 2006).

A későn lekerülő elővetemények (pl.: kukorica, napraforgó stb.) általában nagy mennyiségű szármарadványt hagynak maguk után, így betakarítást követően szükségessé válhat egy szárzúzás beiktatása, tarló tárcsázása annak érdekében, hogy megkönnyítsük az alpművelés elvégzését.

Mind a korán, és mind a későn lekerülő elővetemény esetében beszélhetünk forgatásos és forgatás nélküli alpművelésről. Klasszikus értelemben az alpművelést egy őszi mélyszántással végezzük el, ekkor a talaj mélyebb rétegeit is fellazítjuk, átforgatjuk. A tavaszi vetésű növények nagy része a mélyre hatoló gyökérzetükből adódóan kedvelik a mélyebben átmunkált talajokat. Az őszi szántások lezárását a tél vége felé minden esetben szükséges elvégezni, annak érdekében, hogy elejét vegyük az esetleges párolgásnak. Ha a talajszerkezet lehetővé teszi, akkor a lezárás során olyan minőséget hagyunk hátra, hogy ezt követően csak a magágykészítést kell elvégezni. Abban az esetben, ha ez nem lehetséges, akkor további ápoló munkálatokat kell elvégezni. A forgatás nélküli alpművelést a kevésbé gyomos, lazább és megfelelő szerkezetű talajok esetében végzünk, általában nehéz kultivátorral (Jóri, 2017).

A két eltérő alpművelést összehasonlítva elmondható, hogy míg a szántás nélküli művelés során növeljük a teljesítményt, csökkentjük az üzemanyag felhasználást és az eketalp betegség kialakulásának lehetőségét, addig a megfelelően végzett szántásos műveléssel jelentősen mérsékeljük a gyomosodást, és a kórokozók jelenlétét. Így véleményem szerint bizonyos esetekben, megfelelő időközönként szükségünk van a szántás adta előnyökre.

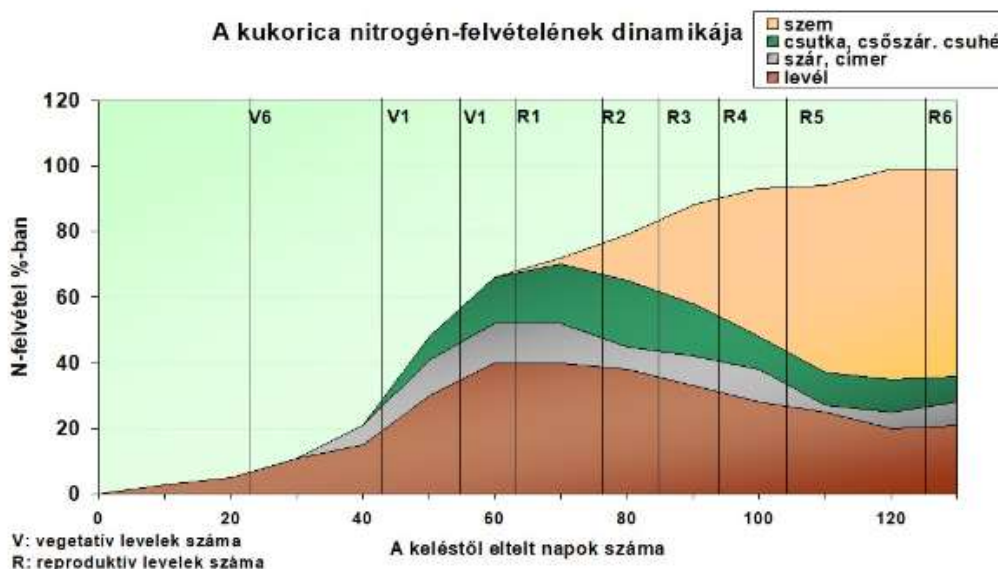
A magágy előkészítés során figyelemmel kell lennünk arra, hogy a vetés időpontjára a talaj kellően apró morzsás, üledett és tápanyagokkal jól ellátott legyen, de mindenekelőtt rendelkezésre kell, álljon a keléshez szükséges vízmennyiség. A csírázástól egészen a kezdeti fejlődésig a magágy állapota az egyik legnagyobb befolyással bír a növény fejlődésére. A kialakításkor figyelembe kell venni a növényre jellemző gyökérnövekedést, valamint a mélyítés módját. A csírázáshoz és a keléshez általában a termesztett növények 19-22 térfogat%-os levegőigény optimumot igényelnek. A túlzottan tömörödött talaj esetén (<11 térfogat%) az életműködések lelassulnak, míg levegőtlen állapot kialakulása következtében a fiatal növények elpusztulnak (Birkás, 2006).

3.2.3. Tápanyaggazdálkodás

A tápanyaggazdálkodás megtervezése során figyelembe kell vennünk a termőhelyi adottságokat, különböző ökológiai szempontokat és mindemellett a fenntarthatóságot (Pepó, 2007). Az utóbbi szempontot úgy tudjuk megvalósítani, ha a környezeti és termelési igényeket összehasonlítjuk, és ennek megfelelően dolgozzuk ki a technológiánkat (Láng és Csete, 1992). Németh szerint (1995) környezetvédelmi szempontot képvisel az a feladat, hogy a tápanyag-utánpótlást a növény igényei, a felvétel dinamikája és a termőhelyi adottságok együttes figyelembevételével tervezzük meg. Hasonló gondolatokat fogalmaztak meg Bruulsema és munkatársai is (2012), miszerint a szükséges tápanyagmennyiség meghatározásához

figyelembe kell vennünk, hogy a tenyészidőszak során mennyi a teljes tápanyag felvétel, illetve az elővetemény betakarítása során mennyi tápanyagot távolítottunk el a terméssel.

A megfelelő nemesítésnek köszönhetően a korszerű hibridek terméseredményei jelentősen megnöttek, míg a műtrágya-hatóanyag igények a korábbiakhoz képest jelentős csökkenést mutatnak. Ebből adódóan a jelenlegi és a korábban kidolgozásra került „gyakorlatok” nem biztos, hogy megegyeznek, így a korábban említett szempontok alapján a termelési évek előrehaladtával el kell végezni a szükséges változtatásokat a termés maximalizálása érdekében. R. R. Bender és munkatársai által (2013) végzett vizsgálatok szerint a teljes tenyészidőszak alatt a kukorica 286,9 kg N-t, 113,2 kg P-t és 201,7 kg K-t használ fel. A hazai adatok alapján 10 t szemtermés és a hozzátartozó szalmatermés eléréséhez kb. 250 kg N, 110 kg P és 220 kg K hatóanyag szükséges (Keszthelyi, 2014). A két adatsort összehasonlítva elmondható, hogy azonos arányt képviselnek a különböző hatóanyagok (esetünkben 1:0,4:0,9). A kukorica számára fontos makroelemek közül a 10,5 kg/ha S, míg a mikroelemek közül 0,5 kg/ha Zn és 0,1 kg/ha B szükséges tonnánként. R. R. Bender és munkatársai (2013) a tápanyagfelvétel eloszlását is vizsgálták. Az eredmények szerint a tápanyagfelvétel maximális sebessége a vegetatív fejlődés azon szakaszában volt a leggyorsabb, amikor a legnagyobb volt a szárazanyag felhalmozódás. A N és K felvétel hasonló dinamikát mutatott, mivel a virágzásig végbement a felvétel 2/3-a. Ahogy az 1. ábrán is látható a N-felvétel jelentős része a virágzásig végbemegy, így egy szigmoid görbével jól ábrázolható.

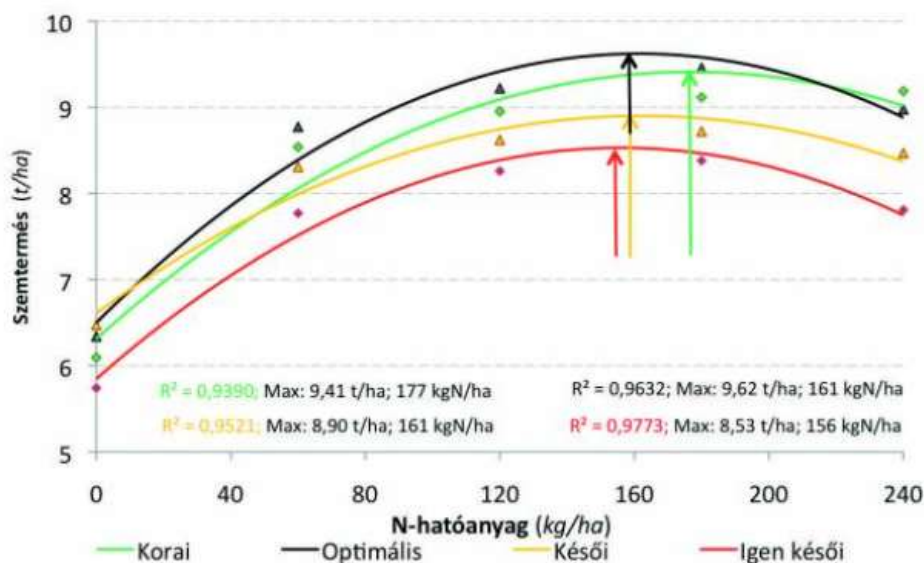


1. ábra: A kukorica nitrogénfelvételének dinamikája a vegetatív és a generatív fejlődés függvényében (Hoeft és mtsai, 2000)

A kukorica P, S és Zn felvétele a virágzást követő berakódás időszakában volt a legnagyobb, még a vegetatív fázisban felvett mennyiségeket is meghaladta. A Bór esetében az összes felvett mennyiség 65%-át rövid idő alatt, a tenyészidőszak mindössze 1/5-ben vette fel a növény. A mikroelemekről összességében elmondható, hogy sokkal szűkebb tápanyag-felvételi periódussal rendelkeznek, mint a makroelemek. Ezen rövid időszakok kezdete pedig a reproduktív levelek megjelenéséhez köthetők, így elmondhatjuk, hogy a mikrotápanyagok egyértelműen befolyásolják a termés mennyiségét, minőségét.

3.2.4. A kukorica vetési adatai

Hazánkban a kukorica vetésideje általában április 15-től május 30-ig tart. Ezt az időpontot az időjárás, a termőhely és a választott hibrid befolyásolja a leginkább. Azonban a klímaváltozás hatására ez az időszak az év egy korábbi szakaszára tolódott, emiatt sok helyen már április első napjaiban megkezdődik a vetés. A vetésidő meghatározása fontos tényező a kukorica termelésében, amiben fontos szerepet játszik a növény biológiai nullpontjaként meghatározott 10°C-os küszöbhőmérséklet is. Abban az esetben, ha a talaj hőmérséklete a vetés mélységében a küszöbhőmérséklet alatt marad, akkor korai vetésről beszélhetünk, amelynek következményei lehetnek az elhúzódó csírázás és az egyenetlen kelés. Ennek következtében lassul a növény fejlődése, ami tápanyaggazdálkodási és növényvédelmi problémákat egyaránt maguk után vonhatnak. Fontos megemlíteni, hogy nem csak a korai, hanem a kései vetés is lehet hátrányos. A meleg talaj hatására szemben a korai vetéssel gyors csírázás, fejlődés figyelhető meg. A felgyorsult növekedés következtében megnyúlt állományok is kialakulhatnak, amelyek nagyobb megdőlési hajlammal rendelkeznek. Ez a későbbiekben szintén növényvédelmi, de akár betakarítási problémákat is okozhat. Továbbá a megcsúszott vetés következtében megrövidül a tenyészidőszak, aminek hatására a növény nem érkezik be megfelelően, ami termés kiesést okoz, továbbá romlik a vízleadás és a minőség is. Martonvásáron 14 évig tartó szántóföldi kísérletben vizsgálták, hogy a vetésidő miként befolyásolja a kukoricatermés mennyiségét. A vetésidőt korai, optimális (április közepe), kései, valamint igen kései időszakokban határozták meg.



2. ábra: A kukorica vetésidejétől függő N-hatóanyag reakciója (Martonvásár, 2001-2014)

Ahogy a 2. ábrán is látható a korai vetés esetén minimálisan csökkent a termés, azonban a maximális hozam eléréséhez a növény N-hatóanyag igénye 10%-kal nőtt a kedvezőhöz képest. A későbbi vetések esetén a korábban már említésre került problémákat tapasztalták. Abban az esetben, ha a vetés 10 napot késett, akkor 65 kg/ha, míg 20 napos csúszás esetén több mint 1 t/ha termés kiesést tapasztaltak. A vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a megnövelt N-hatóanyag nem tudja mérsékelni a termés kiesés mértékét (Árendás, 2019).

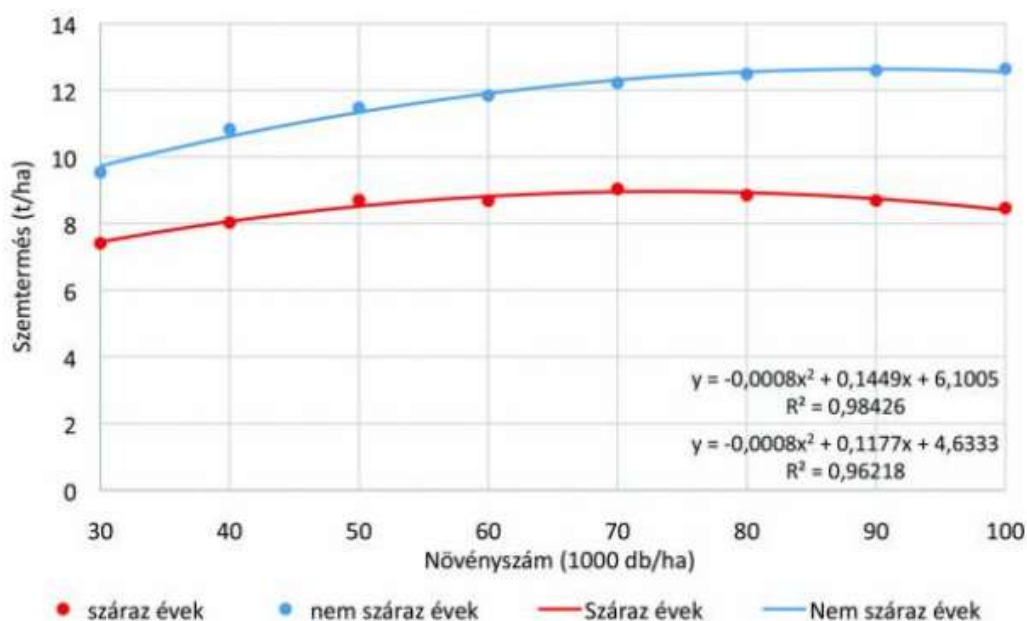
A hibrid kiválasztása során az éréscsoportot mindenképp figyelembe kell venni (FAO számot). A FAO szám 0-999-ig tartó értékekkel csoportosítja a hibrideket, figyelembe véve a vetéstől az érésig tartó időszakot és az effektív hőmérsékleti összeget. Hazánkban a korai (300-399), közép (400-499) és a késői érésű (500-599) hibridek terjedtek el, de ezek közül is a korai éréscsoportba tartozók dominálnak a megfelelő termésbiztonság miatt. Fontos megemlíteni, hogy a rövidebb csoportok kevesebb terméssel, jobb vízleadással rendelkeznek, míg a hosszabb érésűek nagyobb termést adnak. Napjainkban a növekvő hőmérséklet hatására a magasabb FAO számmal rendelkező éréscsoportok is sikeresen termesztethetők (Somfalvi-Tóth, 2020).

A vetés mélységét alapvetően a talaj állapota és a vetőmag mérete határozza meg. Ezek közül is a talaj tulajdonságai dominálnak leginkább, mint például a nedvességtartalom, a tömörödöttség, vagy a felszín homogenitása. Ha figyelembe vesszük ezeket a tényezőket, akkor az optimális és általánosságban elterjedt vetésmélység 4-7 cm között mozog, ezen belül pedig a talajnedvesség határozza meg a megfelelő mélységet. Ahogy a vetésidepnél, itt is beszélhetünk szélsőségekről, mint a túl sekély vagy a túl mély vetés. Ha aszályos időszakban 3-4 cm-re történik a vetés, akkor a talaj gyorsan kiszárad és elveszíti a csírázáshoz szükséges nedvességet,

ami a magok elhalásához és gyenge, egyenetlen keléshez vezet. A korai nedvesség hiány és a rossz növekedés hatására a gyökér nem tud megfelelően fejlődni, így tápanyag-, és vízfelvételi problémák jelentkezhetnek, továbbá a fejletlen, gyenge gyökér megdőlést okozhat a kultúrában. Viszont ha a vetést túl mélyen végezzük el, akkor az alacsonyabb hőmérséklet mellett esetlegesen oxigénhiány alakulhat ki. Ez a körülmény, a sekély vetéshez hasonlóan egyenetlen keléshez vezet azzal a különbséggel, hogy míg a sekély vetés esetén inkább a nedvességhiány okozza, addig a mélyen történőnél a korábban említett oxigénhiány, vagy magas nedvességtartalom mellett a berothadás okozza az egyenetlen kelést (Barta és Bódi, 2021). Ha a vetés átcsúszik a száraz periódusba, akkor a vetésmélység változtatása indokoltá válik, aminek mértéke hetente elérheti a +1 cm-t is. (Árendás, 2019) Összességében elmondható, hogy a gyorsan felmelegedő, lazább talajok esetén a 6-7 cm, míg kötöttebb, lassabban átmelegedő talajoknál a 4-5 cm vetésmélység az optimális.

A vetés során fontos elemként jelenik meg az optimális tőszám meghatározása. Györffy által 1961-ben elindított tartamkísérlet szerint a növényszám jó megválasztása a termésnövekedés 20%-ával hozható kapcsolatba. Az 1900-as évek közepétől folyamatosan nyomon követhető a kukorica hektáronkénti tőszámának a növekedése. A század eleji 35-40 ezerről, a '70-es évekre 55-60 ezerre nőtt a kivetett csíraszám, de napjainkban ez a tendencia lassulni látszik, az egyre gyakoribbá váló aszályos periódusok növekvő száma és intenzitása miatt (Árendás, 2019). A jelenleg elterjedt csíraszám 200-as FAO érték felett 65000-80000 db/ha, míg 400-as FAO érték felett 55000-65000 db/ha-ra tehető (Keszthelyi, 2014). A beállított állománysűrűség szempontjából megfigyelhető, hogy a korábban említett lelassult növekedés a globális klímaváltozáshoz köthető, azonban a nemesítők olyan újabb szárazságtűrő hibrideket nemesítenek ki, amelyek sűrű állományban is stabilan tudják biztosítani a nagy termőképességet.

Egy Martonvásáron végzett vizsgálat során 4 eltérő éréscsoport tőszámreakciós vizsgálatát végezték el. A kapott eredmények is bizonyítják, hogy a szélsőséges vízellátottság nagymértékben befolyásolja a kivetett tőszám által elérhető eredményeket.



3. ábra: A kukorica növényszám-reakciója száraz és nem száraz évjáratokban (Martonvásár, 2001-2018)

A 3. ábra alapján megállapítható, hogy az átlagosnál szárazabb években a 73.500 db/ha-os növény számmal 8,96 t/ha-os hozam érhető el, ezzel szemben csapadékosabb években 12,41 t/ha-os termés hozam realizálható. A nagy átlagsűrűségű (90.200 db/ha) kukorica esetén aszályos évben 8,74 t/ha-ra volt tehető a hozam, míg csapadékos években ez 12,63 t/ha (Árendás, 2019). A kísérletből levonható az a következtetés, hogy optimális és szélsőséges körülmények között is a 65.000-80.000 db/ha-os töszámmal szinte azonos hozamot érhetünk el, mint egy jelentősen megnövelttel (90.000-).

3.3. A kukorica éghajlattal szembeni igénye

A hazánkban termesztett kultúrnövények közül leginkább a kukorica fejlődését érintik a klímaváltozás okozta szélsőségek, mint pl.: aszály, szélsőséges csapadékeloszlás, jégesők gyakorisága.

A termesztés során egyik legjelentősebb tényező a hőmérséklet. Ennek egyik oka lehet, hogy a kukorica szubtrópusi származású, így melegkedvelő növény, ami a viszonylag magas bázishőmérsékletében is megmutatkozik. Már a korábbi publikációk (Keszthelyi, 2014; Árendás, 2019) is leírták a melegigényességét, miszerint a csírázás minimum értéke a korábban már említett 10 °C, míg az optimális hőmérséklete 31,5-35 °C között alakul. Így elmondható, hogy a hőmérséklet növekedése serkentőleg hat a kukorica csírázására (Grafe, 1914). Ha a kelés fázisában a biológiai küszöbhőmérséklet alá esik a hőmérséklet, akkor fokenként 1-2 napos

fázistartam-változás figyelhető meg, ami a kelés elnyúlásához vezethet (Pletser és munkatársai, 1980a). Az alacsonyabb hőmérséklet jelentősen lassítja a kukorica növekedését, egyenletes fejlődését. A fagyok hatására károsodott fiatal növény kezdetben jól átvészeli a fagy okozta sérüléseket. Ennek az az oka, hogy a tenyészőkúp a levelek ölelésében helyezkedik el, ami bizonyos fokú védelmet biztosít a káros hatásokkal szemben. Az említett ellenállóképesség a kukorica növekedésével fokozatosan csökken (Surányi, 1957). A hőmérsékleti viszonyok a csírázás-kelés időszakán kívül a címerhányás, virágzás időszakát érintik a legjelentősebben. Ebben az időszakban fellépő hőstressz hatására romlik a termékenyülés, ami annak a fehérjének a hiányára vezethető vissza, ami biztosítaná a kukorica pollenjének hőállóságát. Ennek következményeként magas hőmérsékleten a pollen elhal. A legkedvezőbb termékenyülési hőmérsékletet Usztimento és Bakumovszkij (1980) 24-26 °C között határozták meg. A hőmérséklet emelkedésének hatására a nyáron előforduló forró napok száma jelentősen emelkedett az elmúlt időszakban, így nagy eséllyel előfordulnak a virágzás idejében (Somfalvi-Tóth, 2018). A hőmérséklet emelkedés okozta negatív hatásokat legjobban a hibrid választással és megfelelő agrotechnikával tudjuk mérsékelni.

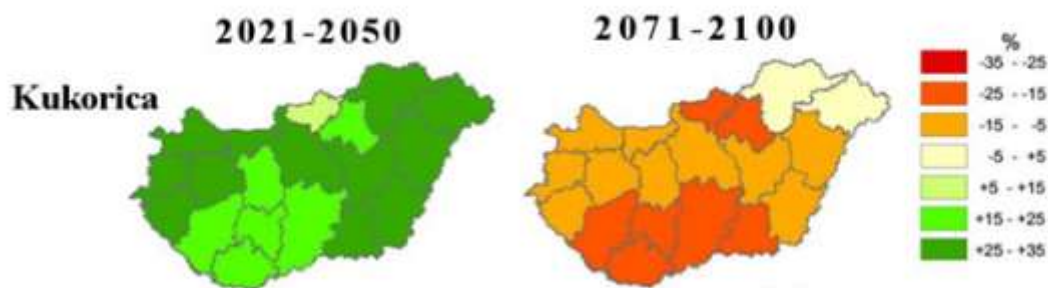
A melegigény mellett rendkívüli fényigényről is beszélhetünk, mivel a tartósan borult idő csökkenti a vegetatív növényi részek fejlődését és rontja a termés mennyiségét, és minőségét. A megvilágítás mennyisége és intenzitása hatással van a vegetatív, generatív növekedésre is, mivel egy tipikus C4-es növényről beszélhetünk. Emiatt a megvilágítás erőssége és a CO₂-asszimiláció között egyenes arányosság figyelhető meg.

A származása alapján rövidnappalos növényként viselkedő kultúrák esetében az évszázadok során és nem utolsó sorban a nemesítő munka hatására kialakultak a hosszúnappalos változatok is. Azonban, ha ezeket a változatokat nem a számukra megfelelő fényviszonyok között termesztjük, akkor a vegetatív és a generatív fejlődés is zavart szenved. Azaz, ha rövidnappalos körülményekhez alkalmazkodott kukoricát hosszúnappalos termőhelyen termesztünk, akkor a növények addig növekednek, míg meg nem kapják a virágzáshoz szükséges rövidnappalos megvilágítást. Ennek következtében a virágzás és a kötés ideje a tenyészidőszakon túlra tolódik. Fordított esetben a virágzás sokkal korábban megy végbe, mint az előző esetben, de ekkor is jelentős mennyiségű termés kiesés tapasztalható (Varga és mtsai 2001).

Az abiotikus tényezők közül napjainkban a víz jelenti a kukoricatermesztés egyik legfontosabb limitáló tényezőjét. Az optimális csapadék mennyiséget Berényi (1945) 375 mm-ben határozta meg, míg Bocz (1988) mérései alapján ez az érték 420 és 440 mm között mozog. Az eltérés oka lehet, hogy az első mérés idejében, hazánkban még szabad levirágzású fajtákat

használtak, míg Bocz esetében már rendelkezésre álltak beltenyésztéses hibridek és ezek a nagyobb hozam mellett nagyobb vízigénnyel is rendelkeztek. Az első jelentősebb vízigény a vetést követően a csírázás, kelés időszakában lép fel. A kelés megkezdéséhez a szem méreteihez képest nagy mennyiségű vizet vesz magához, megduzzad és megkezdődnek a nedves közegben lejátszódó kémiai folyamatok. Ezt követően a címerhányás ideje alatt jelentkezik nagy mennyiségű vízigény. Ha ebben az időszakban alakul ki aszály, akkor nem tud megfelelően kötődni a pollen és elmarad a termékenyülés. Ennek hatására szemhiányos csövek alakulnak ki, valamint a kirakódás nem tud megfelelően végbe menni, így jelentős mértékben visszaesik a várt termés mennyisége. Megállapíthatjuk, hogy az elmúlt években a tenyészidőszak jelentős részében vízhiány állt fenn (OMSZ, 2022). Ezen hatás csökkentésére már a növekedés korai szakaszaiban is megfigyelhetők „furulyázó” kukoricatáblák. Mivel a kukorica gyökerei nagyobb mélységekből is képesek felvenni a vizet (150-240cm), ezért a megfelelően végzett mélyítő műveléssel elősegíthetjük a kukorica gyökérzetének gyorsabb és mélyebbre történő lehatolását.

Fontos megjegyezni, hogy a termelés során a korábban említett összes tényező együttes hatásának van kitéve az állomány, így egységesen befolyásolják annak növekedését. Azonban a klímaváltozás miatt kialakult időjárási szélsőségek várhatóan negatív irányú hozamváltozást fognak eredményezni.



4. ábra: A terméshozam várható változásai (%) 2021-2050 és 2071-2100 közötti időszakokra.
Referencia időszak: 2002-2011. (Gaál és mtsai., 2013)

Ahogy a 4. ábrán is látható, a becslések alapján 2050-ig kb. 10-15%-os növekedés tapasztalható a magasabb CO₂ koncentráció hatására, míg 2100-ra 15-30%-os csökkenés várható a kukorica hozamában. A problémát mérsékelné az öntözési rendszerek kiépítése, valamint a megnövelt műtrágya felhasználás, azonban ez is csak átmeneti megoldást biztosítana (Kemény mtsai., 2019).

3.3.1. A jégverés hatása a kukorica hozamára

Az elmúlt években egyre gyakrabban előforduló tavaszi jégesők jelentős problémákat okoznak a növénytermesztés összes ágazatában. Általában a kalászosok esetében megközelítőleg a kalászosítás idejétől, az őszi káposztarepcét a zöldérés és a második technikai érettség generatív szakaszától, míg a többi tavaszi vetésű kultúrnövényeket a vegetatív fejlődés kezdeti szakaszaiban érinti leginkább.

Ahogy a későbbiekben látható lesz a kísérletünk során több alkalommal is gondot okozott a vizsgált állományunknak a jég, így fontosnak tartom megemlíteni a jégeső kukoricára gyakorolt hatását. Battaglia és munkatársai szerint (2018) a kukorica levélveszteségétől és az aktuális fenológiai stádiumától függ a súlyosság mértéke. A kukorica károsodását elsősorban a fotoszintetikus felület elvesztése okozza, mivel a jégeső leggyakrabban a levéllemezek felaprításával, elvesztésével jár (Dungan, 1934). Fiatal növények esetén a jégverés hatására csökken a kialakult tőszám, mivel a jég eltöri a növényi szárakat. Azonban a nagyobb méretű jég a fejlettebb növények szárait is megsértheti, így növelve a szél hatására kialakult megdőlést (Dungen, 1934; Eldredge, 1935). A virágzáskori jégeső súlyosan károsíthatja a címert és a bibeszálakat, így rontva a megtermékenyülést. Az ezt követően kialakult viharok a levélfelület csökkenése miatt rontják a szemek telítődését és a minőségét. Ennek az az oka, hogy a megsérült csöveken könnyen megtelepednek a kórokozók (mint pl.: *Fusarium Spp*, *Ustilago maydis* stb.), valamint növekedés figyelhető meg a mikotoxin mennyiség szempontjából is (pl.: DON, ZEA).

Mivel a jégesők intenzitása, a jégdarabok mérete kis területen belül is jelentősen eltérhet, ezért a vizsgálatokhoz szükséges azonos hatású és mértékű kártételt nem lehet szántóföldi körülmények között biztosítani. Így a levelek termésre gyakorolt fotoszintetikus hatását különböző levél eltávolítási módszerekkel vizsgálták (mint pl.: csak a cső alatti/feletti levelek eltávolítása, összes levél eltávolítása stb.). Egharevba és munkatársai (1976) megállapították, hogy a régebb óta termesztésben lévő hibridek esetében a cső alatti és feletti levelek elvesztése egyaránt fontosak a termésképzés szempontjából. 2005-ben Adee és munkatársai megismételték a kísérletet modern hibridekkel, azonban a korábbi eredményekkel szemben azt állapították meg, hogy a felső levelek jelentősebben hozzájárulnak a termésképzéshez. Mivel a bibe virágzáskor eltávolított felső levelek 88%-os termésveszteséget okoztak, míg az alsók esetében ez a veszteség csupán 12% volt.

Ahogy már korábban is említésre került a fiatal növények által elszenvedett jégkár mértéke a kelést követő 3 hétig általában csak minimális. Mivel ekkor a tenyészőkúp még a talajfelszín

alatt található, így védve van a sérülésektől (Lee, 2007). A V10-es fejlettségi stádium körül megkezdődik a növény tápanyag- és szárazanyag-felhalmozódása, ennek következtében növekszik a tápanyag és víz szükséglete, ezáltal a korábbiakhoz képest jelentősen sebezhetőbbé válik a jégveréssel szemben (Abendroth és mtsai., 2011; Vorst, 1993). Ezt követően a sebezhetőség fokozatosan növekszik, míg meg nem kezdődik a virágzás, elérve a legérzékenyebb pontot. Többen is vizsgálták a jégeső okozta hatást ebben az időszakban és azt az eredményt kapták, hogy a levélfelület veszteségének növekedésével fokozatosan csökken a termés mennyisége. Végül az összes levél eltávolítás esetén 100 %-os termésveszteség alakul ki (Eghareva és mtsai., 1976; Adey et al., 2005). Ezt követően az érés felé közeledve fokozatosan csökken a jég termésre gyakorolt hatása. Azonban az R3-as (tejesérés) és az R4-es (viaszerés) fázisoknál a teljes levélvesztés még eredményezhet 40%-os terméskiesést (Adey és mtsai., 2005). Ennek az lehet az oka, hogy ezeknél az érési fázisoknál a szemtermés még az intenzív kitöltődés szakaszában van.

A 3-4-5 és 6 leveles állapotban kapott jégverés nagy eséllyel vezet a szár töréséhez. Ennek hatását vizsgálták Cloninger és munkatársai 1974-ben, amikor is az utóbbi fejlettségiállapotokban lévő növényeket a talajszinttel egyvonalban elvágták és így vizsgálták a termésre gyakorolt hatást. A kapott eredmények szerint 11-46% között csökkenti a termésmennyiséget, ha a talajszinttel egyvonalban törik el a szár. Míg a V7-V8-as növények esetében, ha a felszíntől számított 5 cm-re történik a szár levágása, akkor a várható veszteségek 44% körül alakulnak. Mivel a jégverés ellen közvetlenül nem igazán tudunk védekezni, így csak az állományra gyakorolt káros hatását tudjuk mérsékelni a megfelelő hibridek kiválasztásával és a szűkebb sortávolságra történő vetéssel.

3.4. A fotoszintetikus apparátus állapotának terepi vizsgálati lehetőségei

3.4.1. Relatív klorofill-tartalom mérése

A szántóföldi növénytermesztés egyik legfontosabb tápanyaga a nitrogén. A felhasználásának mértékét több tényező befolyásolja, ezért nehéz pontosan meghatározni azt a hatóanyag mennyiséget, ami a termés maximalizálásához szükséges. Továbbá a napjainkban megemelkedett műtrágya árak hatására is fontos a megfelelő dózis meghatározása, valamint a túlzott N-kijuttatás magas környezeti, közegészségügyi kockázattal jár (Singh és mtsai, 1995). Ezen okok miatt a gazdáknak szüksége van egy olyan megbízható, de elérhető árfekvésű műszerre, amely segítségével precízebb műtrágya kijuttatás érhető el. 2018-ban Sowiński és Głąb a vizsgálataik alapján alkalmasnak találták a SPAD-502 (SPAD = Soil Plant Analysis

Development) eszközt a növény relatív klorofill tartalmának a mérésére. A mérőkészülék a működése során kiszámítja a növény levelei által elnyelt vörös fény mértékét. Ennek köszönhetően megfelelő információt kaphatunk a növény N ellátottságáról, aminek segítségével meghatározhatjuk az optimális N szükségletet. A műszer működésének alapelve arra vezethető vissza, hogy a levél klorofiltartalma szorosan összefügg a növény N tartalmával, így hiány esetén alacsony SPAD értéket kapunk (Tóth és mtsai., 2014).

A SPAD adatok megfelelő leolvasása érdekében 2 tényezőt kell figyelembe venni:

- a mérési módszert (abszolút vagy relatív),
- a kukorica növekedési fázisát, mivel ez a szempont nagyban befolyásolja a kapott SPAD értékeket.

2. táblázat: N-kijuttatás hatásának meghatározása kukoricában SPAD mérő használatával (Rhezali és Aissaoui., 2021)

Mérési módszer	Mérés ideje	Értékelés
Abszolút	Nem meghatározott	• A SPAD képes kimutatni a N-hiányt korai növekedési szakaszban • A SPAD mérések a növény N-tartalmát tükrözték a kijuttatott mennyiség mértékében • A SPAD értékek és levél N-koncentrációja között lineáris kapcsolat van • Szoros kapcsolat van a SPAD érték és klorofilltartalom között • A mérés ideje, a növény nedvességtartalma és a besugárzás befolyásolja a SPAD értéket
Abszolút	V7-V8	• A SPAD értékek a N-dózis növekedésével emelkedtek
Abszolút	V6-V10	• Szignifikáns korreláció állapítható meg a növény N-tartalma és a SPAD érték között
Relatív	V6 után	• Erős lineáris kapcsolat van a relatív hozam • és a SPAD érték között
Relatív	V12-V14	• Az NDVI eredmények a levél N-tartalmának az előrejelzéséhez ugyanolyan jók voltak, mint a SPAD
Relatív	V6-V8	• A mérési adatokat a mérés helye és a levél helyzete befolyásolja • A klorofill mérő nem pontos a kukorica 6 leveles vagy annál kisebb állományában
Relatív	V6-V7	• A SPAD értékek nem voltak jó indikátorok az optimális N-dózis előrejelzésére

Ahogy az 2. táblázat is mutatja, az előbb említett 2 tényező nagymértékben befolyásolja a kapott eredményt és az abból levonható következtetéseket. Azonban van olyan eset is, ami nincs fenológiai stádiumhoz kötve, ilyen pl. a táblázatban található első abszolút méréses értékelések. Ezek a jellemzők az egész tenyészidőszak alatt igazak a növény N-tartalma szempontjából.

A SPAD adatokat varianciaanalízisnek és egy Duncan-féle többszörös tartománytesztel lehet összehasonlítani. A N-kijuttatás mennyiségét, a szemtermés és a levelek N-tartalmát, valamint a szemek N-tartalma közötti összefüggést a Michaelis-Menten egyenlet módosított változatával lehet meghatározni. Az egyenlet előnye, hogy minden talajművelési rendszerhez jól illeszkedik, így biztonsággal használható. Az NDVI és a SPAD értékeinek időben történő változását egy másodrendű polinomiális egyenlet segítségével lehet meghatározni (Edalat és mtsai., 2019).

A SPAD mérés képes az NDVI-hoz képest a műtrágya nélküli kontroll és a 80 kg/ha, valamint a 160 és a 320 kg/ha N dózis közötti különbséget kimutatni. A műszer érzékenysége kiemelkedő, ugyanis már a kelést követő 7. naptól megbízhatók a mérési eredmények. Ezzel szemben az NDVI mérőműszer csak a kelést követő 28. naptól képes kimutatni a kialakult N-hiányt. Ezzel az bizonyítható, hogy a SPAD technológia hatékonyabb a korai N-hiány kimutatásában (Rhezali és Rabii., 2020).

3.4.2. Spektrális visszaverődés mérésére (NDVI)

Az NDVI (Normalized Difference Vegetative Index) egy széles körben elterjedt szkennerek alapú rendszer, melyet napjainkban a kultúrnövények vegetációjában használnak termésbecslésre. Az eszköz működése során a vörös (R) és az infravörös (IR) fényspektrumot kapcsolja össze, mivel egy egészséges, magas klorofill tartalmú növény levele több R-t szív fel és több IR-t ver vissza, egy beteg növényhez képest. Mivel a klorofill tartalmat leginkább a N határozza meg, ezért a mérésekből származó adatok alkalmasak a N-koncentráció meghatározására (Havlin és mtsai, 2013).

Egyes vizsgálatok szerint a kukorica hozamának és a N-tartalmának a becslésére a V8-as fenológiai stádiumban lévő kukorica a legalkalmasabb, ekkor a két érték közötti kapcsolat erőssége nagy ($R^2 = 0,92$) (Islam és mtsai., 2011). Amerikában Martin (2002) megállapította, hogy a V8-as stádiumban a legnagyobb az NDVI és a termésbecslés kapcsolata ($R^2 = 0,66$). Az NDVI értékek és a N-koncentráció között alacsony korreláció figyelhető meg. Ebből arra lehet következtetni, hogy nem a legjobb eszköz a fejlődés korai szakaszában végzett N-felvétel

becslésére, főleg a 6-8 leveles állapotban. Azonban a 8 leveles állapottól egészen a bibevirágzásig lehetővé teszi a termésbecslést és a fejlődés során felhasznált összes N-szükséglet becslését (Bastres, 2019).

4. Anyagok és módszerek

4.1. Kísérlet helyszínének bemutatása

A kísérletet a Kaposmező Kft. Kaposfőn található egyik területén állítottuk be. A céget 1993-ban alapították, majd 2014-ben tulajdonosváltáson esett át és jelenleg megközelítőleg 1100 ha-on gazdálkodnak. Az elmúlt években megkezdtek a géppark precíziós irányba történő fejlesztését, amely a későbbiekben még hatékonyabbá fogja tenni a termelést.

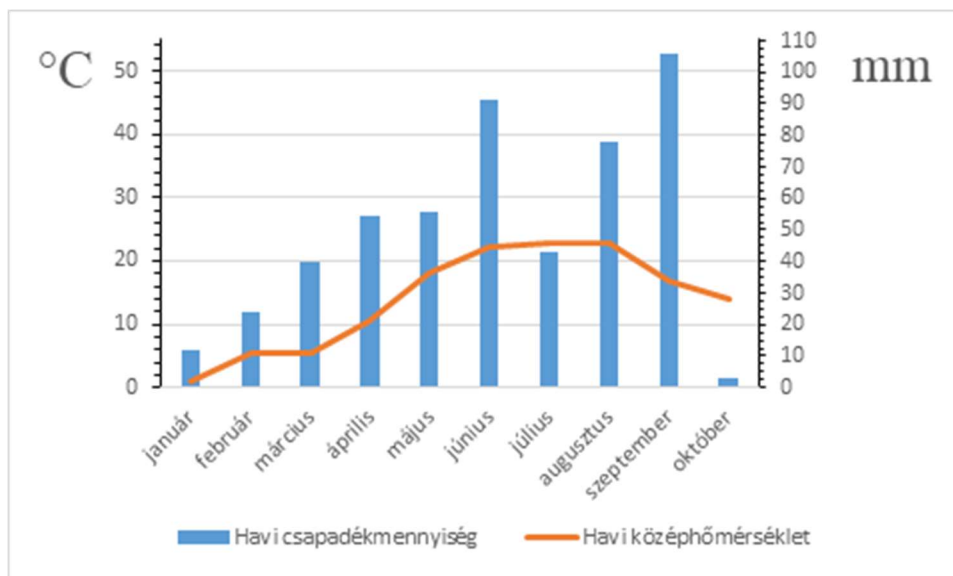
A termőterület Kaposfő külterületén található a 069/22 és 069/23 helyrajzi számon. A talajt tekintve a IV. szántóföldi termőhelyi kategóriába tartozik, így humuszban gyenge-közepes (0,8%), foszfor ellátottsága közepes (83 ppm), kálium tartalma jó (126 ppm), míg a mechanikai összetétele alapján homok (K_A : 27) fizikai féleségű.

A vizsgálat során figyelemmel kísértük a hőmérséklet és a csapadék alakulását, mivel e tényezők jelentősen befolyásolják a kukorica termését, így az elvégzett méréseket is. Mivel az áprilisi hónap első dekádját alacsonyabb hőmérséklet jellemezte, ezért a vetés ideje a hónap második felére tolódott. Ennek köszönhetően a vetés utáni néhány napban 22 mm csapadék esett, ami jótékony hatással volt a kelés alakulására. A havi középhőmérséklet 10,4 °C volt, viszont a legmelegebb időszak a vetés környékére volt tehető, aminek hatására a talaj még jobban felmelegedett, ezzel megfelelő környezetet biztosítva a kukoricának. Az első méréseket május 25-én végeztem. Ezen időpont előtti időszakban csupán 10,1 mm csapadék hullott a területen, azonban a növényeken nem mutatkoztak a vízhiány jelei. Az első mérésnap végén nagy mennyiségű eső és jég esett, így a méréseket (SPAD, NDVI) nem tudtam maradéktalanul befolyásolni. Az utolsó mérésre június 25-26-án került sor. A mérés előtt lehulló nagy mennyiségű csapadék (32,1 mm) megfelelően bemosta az 1 héttel korábban kijutatott műtrágyát, így a hatása jól tudott érvényesülni.

A virágzáskori időjárásra nagymértékű aszály és magas hőmérséklet volt a jellemző. Ebben az időszakban csupán 6 mm csapadék esett, míg a havi középhőmérséklet 22,8 °C volt. A magas hőmérséklet és a kevés csapadék hatására nem alakult ki olyan körülmény, amely a terméskötés számára kedvező lett volna.

Az egyenlőtlen és kevés csapadék hatására a kukorica hamarabb beérlelte a csöveket, ami a berakódásban és a minőségben okozhatott problémákat. A szeptember közepe-végére érkező

csapadék hatására a betakarítás tervezett időpontja eltolódott, azonban a meleg, száraz időszakban kialakult szemnedvességet nem befolyásolta.



5. ábra: A kaposfői hőmérséklet és csapadék alakulása 2022 októberig. (Saját szerkesztés)

Ahogy az 5. ábra is mutatja az idei évben július kivételével minden hónapban leesett a megfelelő mennyiségű csapadék, ez összesen 506,7 mm-t jelent. Azonban ahogy a gyakorlatban is látható volt a különböző növénykultúrák inkább aszályra utaló jeleket mutattak. Habár Kaposfőn az eddigi éves csapadékmennyiség megfelelőnek tekinthető, annak szélsőséges eloszlása főként az év első felében vízhiányként jelentkezett. Ekkor több alkalommal is előfordult, hogy huzamos ideig tartó csapadékmentes időszakot hirtelen lehulló nagy mennyiségű csapadékos esemény zárta. Jellemzően a száraz időszakok azoknál a fejlettségi szinteknél léptek fel, ahol szükséges lett volna a nagyobb nedvesség és páratartalom (pl.: virágzás, berakódás). Az időjárási adatsorokat a területen üzembe helyezett kültéri automata meteorológiai állomás rögzítette.

4.2. A kísérlet beállítása, elrendezése

A kísérletben 9 kezelést állítottunk be véletlen blokk elrendezésben 4 ismétléssel (4x8 sor) (3. táblázat). A tervezéskor figyelembe kellett venni, hogy minden kezelésnél eltérő mennyiségű hatóanyag kerüljön kijuttatásra, ami komoly odafigyelést igényelt a gazdaság részéről is.

3. táblázat: A Kaposfőn beállított kísérlet kezelései (Saját szerkesztés, 2022)

kezelés	Alapt. kg/ha	Starter(folyékony)	StarterN kg/ha	1Tápkult. kg/ha	2Tápkult. kg/ha	Hatóanyag kg/ha	Levéltrágya
1	200	van	150	0	0	94,5	Solvitis
2	200	van	100	0	100	111	Solvitis
3	200	van	200	150	0	153	Solvitis
4	200	van	100	150	100	156	0
5	0	van	100	150	100	102	Solvitis
6	0	van	150	150	100	115,5	Solvitis
7	0	van	200	0	100	84	Solvitis
8	0	van	200	150	100	129	Solvitis
9	0	van	200	150	0	99	Solvitis

A 4-es kezelés kivételével mindegyik átesett egy Solvitis[®] Mg+Zn+SK levéltrágyás kezelésem, 2:2:1 literes arányban. Az így kijuttatásra került „fontosabb” mikroelemek dózisa: MgO: 124,8g; SO₃: 900,4g; Zn: 207,8g, valamint ezek mellett 43g Karbamid és 350g K₂O. Mindemellett figyelembe kellett vennünk a cégnél rendelkezésre álló gépeket, valamint az általuk alkalmazott technológiát is. A hibrid kiválasztása során fontos szempont volt, hogy jó szárazságtűrő képességgel rendelkezzen. Így esett a választás a Pioneer[®] 9363-as hibridjére, mely 350-es FAO számával a korai éréscsoportnak a közepét képviseli. Továbbá jó szárazságtűréssel és erőteljes gyökérzettel bír, ezért az egyre gyakoribbá váló aszályos években is nagyobb biztonsággal termesztethető.

Az alaptrágyázás előtt a 10 ha-s területet 2 részre osztottuk. A tábla É-i része 200 kg/ha 27%-os MAS-t kapott (48 kg/ha N-dózis), míg a tábla másik felére (D-i) nem juttattunk ki alaptrágyát. Ezt követően ment végbe a magágykészítés, majd a vetés. A vetés egy 8 soros Väderstad[®] Tempo vetőgéppel történ, így starter kijuttatás mellett lehetőség volt ismételt MAS 27% N kijuttatásra, melyet a sor mellé tettünk ki. Továbbá a különböző talajkártévkök ellen talajfertőtlenítő is kijuttatásra került. Starter trágyának Kitestart[®] Liquid NP 10:34 került kijuttatásra. Ebben az esetben nem volt lehetőség változtatni a dózisokon, így egységesen 15 l/ha-t kaptak a kezelések. Azonban a vetéssel kijuttatott MAS mennyiségét kezelésként tudtuk módosítani, így a 27-48 kg/ha-os N-dózissal kerültek kijuttatásra. A kukorica növények a vetést követően kb. 12-14 nap alatt keltek ki. A következő kezelés az 1. tápkultivátorozás volt V5-V6-os fejlettségi állapotban, ahol Nitrosol (30%) került kijuttatásra. Egységesen 45 kg/ha N-dózisnak megfelelő mennyiséggel (150 kg/ha), míg a Nitrosolt nem kapott kezelések kizárólag sorközművelő kultivátorozáson estek át. Az ezt követő ismételt kezelés sajnos az időjárási szélsőségek miatt megcsúszott, mivel május 25-én bekövetkező jégverés hatására az állomány nagy része elvesztette a levélfelületének jelentős részét. Ezért a következő tápkultivátorozásra június 18-án került sor, annyi eltéréssel, hogy az akadozó műtrágya ellátás miatt a tervezett 150 kg/ha Nitrosol helyett csak 100 kg/ha került kijuttatásra, ami 30 kg N-

hatóanyagának felelt meg. A betakarításra 2022. október 03-án került sor. Mivel a cég a rendelések megcsúszása miatt csak 6 soros kukorica adapterrel tudta betakarítani a kísérletet, lehetőség adódott arra, hogy a 8 sorból a középső 6 sor kerüljön betakarításra, majd mérésre. Ezzel a megoldással mérsékelni tudtuk a szomszédos kezelések egymásra gyakorolt hatását.

4.3. Kísérleti adatok gyűjtése, feldolgozásának módszere

A mérések minden kezelésben azonos módon és azonos fenológiai stádiumban történtek. Mivel a kísérletben a trágyázás és a növény egészségi állapota közötti kapcsolatot vizsgáltuk, a vegetációs időszak alatt NDVI és SPAD méréseket végeztünk. Az elvégzett méréseknél nem vettük figyelembe a dűlőket annak érdekében, hogy a kapott eredményeket a szegélyhatás ne befolyásolja.



6. ábra: Az állomány eltérő fejlettségi állapotokban: A) Az állomány 6-8 levelesen; B) Jégverést követően; C) Virágzáskori állapot; D) Betakarításkori állapot (Saját ábra)

Az első méréseket 2022. május 25-én végeztem PSI Polypen RP410 levélre csíptethető integrált fényforrást használó spektrális visszaverődést (NDVI) mérő készülékkel. Ezzel egy

időben a klorofilltartalom mérésére a Konica-Minolta SPAD-502 mérőműszert használtam, ahogy a 6. ábra A) képén is látható ekkor az állomány 6-8 leveles állapotban volt. Az NDVI mérést kezelésenként 40 alkalommal (40 egymást követő tövön) végeztem el a legfelső kifejtett leveleken, míg a SPAD-502-vel kezelésenként 4 átlagértéket kaptam. Mivel az utóbbi mérést aznap nem tudtam befejezni, az alaptrágyázatlan kezeléseket (5-9. kezelések) másnapra hagytam volna, azonban még az este jégverésen esett át az állomány és a levélzet súlyos sérülése miatt a mérést nem tudtam befejezni (6. ábra B kép). A jégverés mértéke szükségessé tett némi várakozási időt, mivel el kellett gondolkozni az állomány esetleges újravetésén. Ez okból 10 nap elteltével ismét egy állomány szintű SPAD mérést végeztem annak érdekében, hogy képet kapjunk a levél jégverés utáni klorofill tartalmáról és így közvetetten a növény N-tartalmáról is.

A következő mérésükre 7-8 nappal a második tápkultivátorozás után került sor (2022. június 25-26), hogy képet kapjunk a kijuttatott N hatásáról az állományban. A vizsgálat során figyelemmel követtem a jégeső által okozott esetleges változásokat és azok mértékét a kezelések között, annak érdekében, hogy a későbbiekben pontosabb eredményt kapjunk a stresszhatás vonatkozásában.

Az érést követően szeptember 19-én termésbecslést végeztem. Mivel 75 cm-s sortávra történt a vetés, ezért 13,3 méteren határoztam meg a tőszámot, majd véletlenszerű csőgyűjtést végeztem. A kezelésenként szedett 60 cső esetében mértem a csőhosszt, valamint a csővön található sorok számát. A morzsolást követően kemencés nedvességmérést végeztünk, valamint ezerszemtömeget számoltunk. A nedvességméréskor kezelésenként 10g kukoricadarát helyeztünk 1 órára a 150 °C-os kemencébe annak érdekében, hogy megvizsgáljuk, hogy a különböző N-dózisok befolyásolták-e az érés során a kukorica nedvességeleadását.

A betakarításkor (2022. október 03.) kezelésenként mértük a kukorica termésmennyiségét szántóföldi talpasmérleggel. Erre azért volt szükség, hogy felgyorsítsuk és megkönnyítsük a betakarítás folyamatát, mivel a mérleg segítségével nem kellett ürítésenként szerelvényt cserélni.

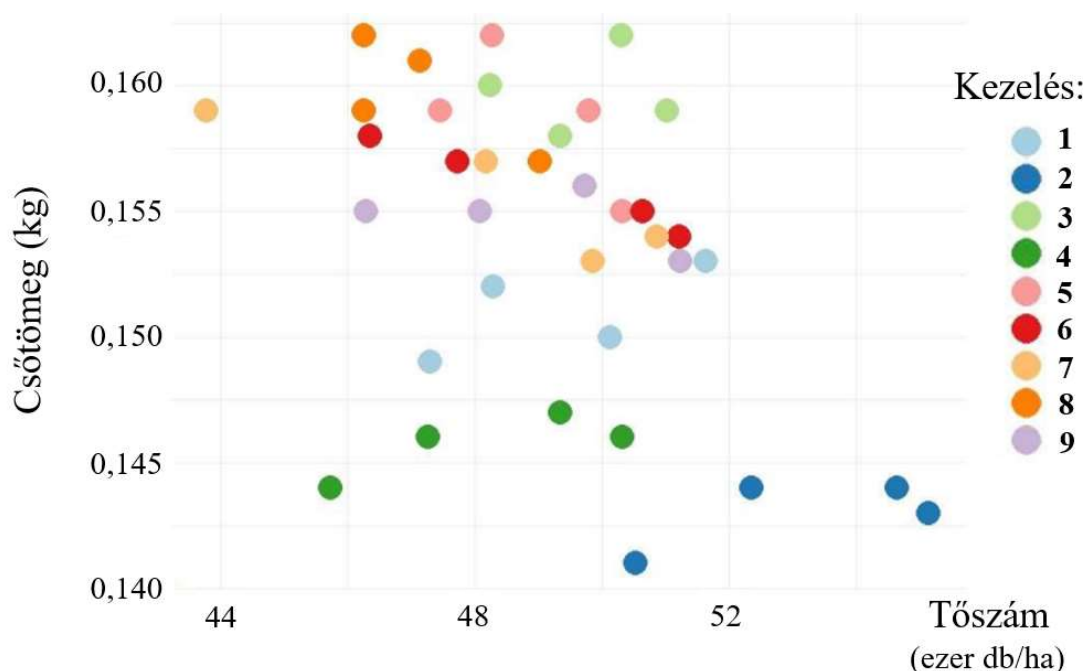
A mérések során kapott eredmények, összefüggések az Eredmények bekezdésben kerülnek kifejtésre.

A vizsgálatokat és az ábrák egy részét az R statisztikai program (R Core Team, 2017) segítségével végeztem el.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Eredmények

A kapott eredményeken minden esetben statisztikai analíziseket végeztünk, annak érdekében, hogy megfelelő pontossággal tudjuk elvégezni a kiértékelésüket. A statisztikai adatokat helytálás érdekében több esetben is alátámasztottuk a kezelések általi hatások értékelésével. Az eredmények értékelését az egyes vizsgált paraméterek közötti kapcsolatok elemzésével kezdem.

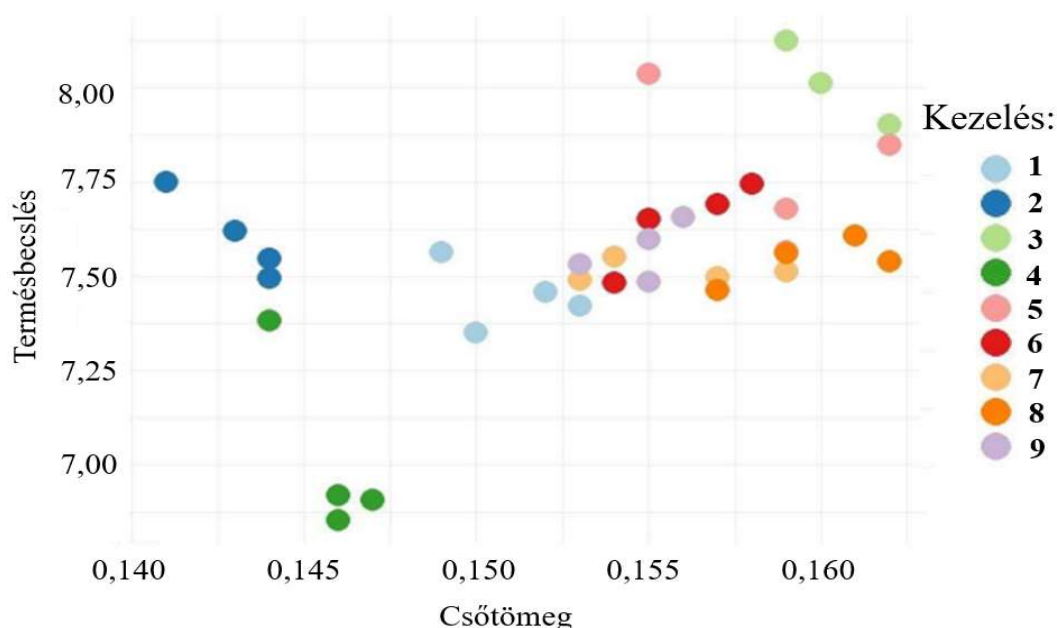


7. ábra: A tőszám és a csőtömeg kezelésenkénti kapcsolata (Saját ábra, 2022)

A 7. ábra mutatja a tőszám és az érés végére kialakult csőtömeg közötti kapcsolatot. Átlagosan 46 és 51,2 között alakultak a tőszámok, míg a csőtömeg 0,152 és 0,162 kg között mozog. A 2-es és 4-es kezelés esetében hasonlóan csökkent csövek tömege. Viszont a 2-es kezelés magasabb tőszáma valamelyest kompenzálta az alacsony csőtömeget. A 4-es technológia esetében hiába került kijuttatásra több hatóanyag, az állomány nem tudta megfelelő mértékben hasznosítani. A korábbi fejezetekben említett műtrágya ellátási problémák miatt a 3-as kezeléshez hasonló hatóanyag mennyiség került kijuttatásra, annyi eltéréssel, hogy a 3-as kezelés nem kapta meg a 2. tápkultivátoros kezelést, viszont 100 kg-val több N került kijuttatásra StarterN formájában. Ugyan erre a matematikai vizsgálat nem tért ki, de a kapott eredmények azt mutatják, hogy a csőtömeg alakulására hatással lehet az egyszeri lombtrágyázás. A kezelések közül a 2-es rendelkezett a legnagyobb átlag tőszámmal, míg 8-as a legkisebbel. Jól megfigyelhető, hogy a nagyobb tőszám hatására csökkent a csőtömeg, ennek

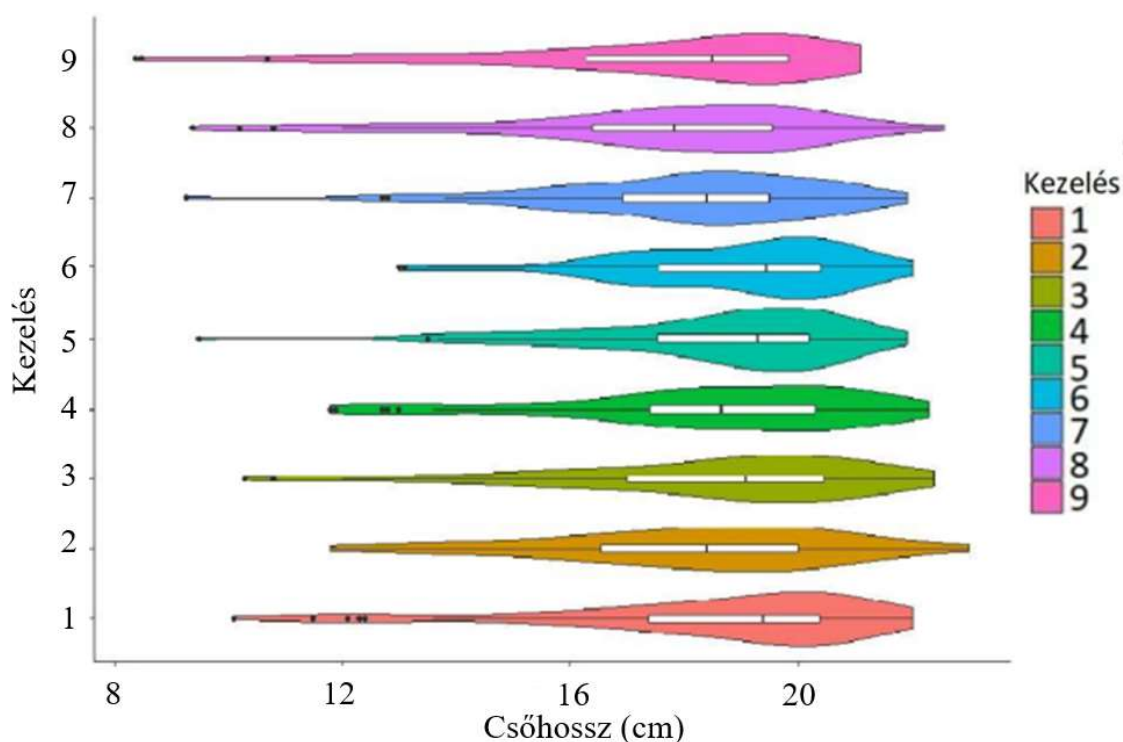
háttérben az állhat, hogy kisebb volt az egy növényre jutó tenyészterület. Ebből adódóan a 8-as kezelés esetében a nagyobb tenyészterület okozhatta a nagyobb csőtömeget. Az 1-es technológiánál megfigyelhető kisebb csőtömeget a tápkultivátoros kezelések teljes hiánya okozhatta.

A csőtömeg és a tőszám kapcsolatának vizsgálatára elvégzett statisztikai elemzések szerint a tőszám hatással van a csőtömegének az alakulására, mivel a $p\text{-érték}=2,1E-83$. Ezzel is igazolva az ábrán látható kiugró adatokat. A tőszám és a kezelések, valamint a csőtömeg és a kezelések kapcsolatát a későbbiekben szeretném ismertetni.



Ellenben a szinte azonos mennyiségben kijuttatott hatóanyaggal rendelkező 3-as kezelés a legnagyobb csőtömeggel rendelkezők közé sorolható.

A 8. ábrán szembetűnően látható, hogy a nagyobb csőtömeg pozitív irányba befolyásolja a termésbecslés eredményét. Az elvégzett ANOVA vizsgálat is igazolja a csőtömeg és termésbecslés kapcsolatát, mivel a p -érték = 0,00154. A kezelések csőtömegre gyakorolt hatását a későbbi ábráknál szeretném ismertetni, míg a termésbecslés esetében a kapott p -érték szerint ($p=0,957$), nincs kapcsolat közte és a kezelések között.

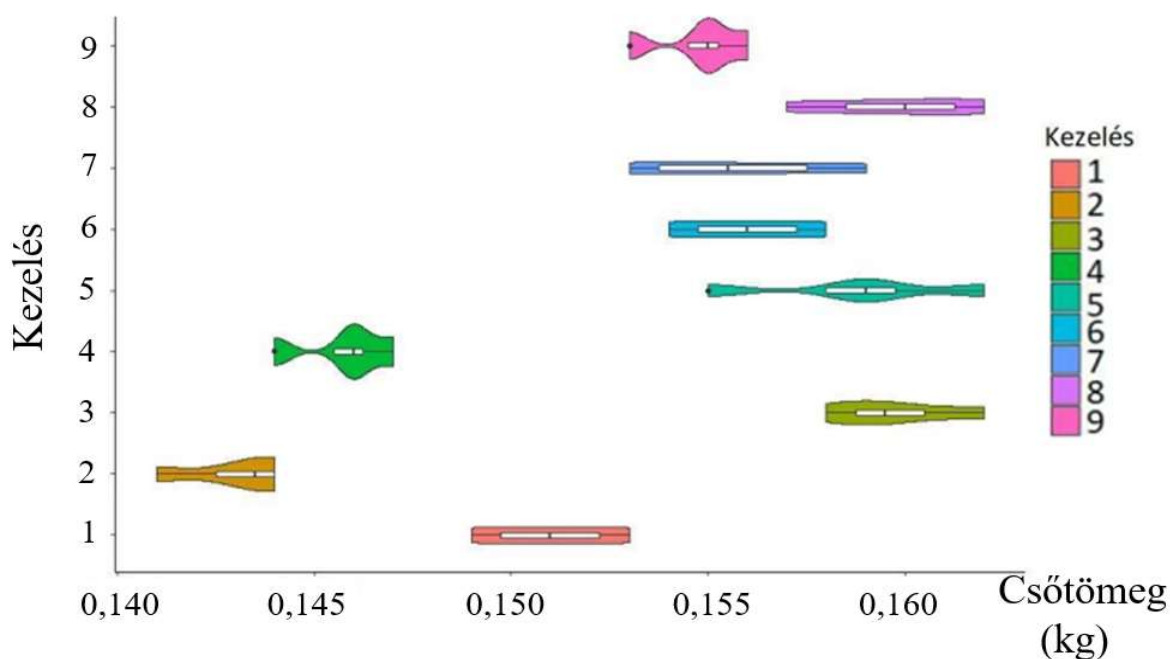


9. ábra: A kezelés hatása a csőhossz alakulására (Saját ábra, 2022).

A 9. ábra tartalmazza a kezelésenként kapott csőhossz adatait violindiagram formájában. Általánosságban megfigyelhető, hogy a maximum értékek szinte megegyeznek, valamint a kezelések jelentős részénél az adatok nagy része a medián érték és a felső kvartilis között oszlanak meg. Azoknál a kezeléseknél, amelyek nem estek át alaptrágyázáson (5-től 9-ig) a kiugróértékek kisebb csőhosszt mutatnak, mint az alaptrágyázott területen. A 9-es kezelés esetében a méretek eloszlásában jelentős szórás figyelhető meg, aminek az lehet az oka, hogy a jégverést követően itt nem végeztünk tápkultivátoros kezelést, így az újra sarjadáshoz nem kapott N-tápanyagot a tő mellé. Hasonló eloszlás figyelhető meg az alaptrágyázott területen található 1-es, 4-es kezelés esetében is. Azonban az 1-es kezelés egyik sorközművelésnél sem kapott műtrágyát, így csak az alaptrágyával és a vetéssel kijuttatott nagyobb N-dózis hatása jelentkezett. Mivel az átlag csőhossz a 9-es kezeléshez viszonyítva nagyobb volt, ezért

megítélésem szerint az alaptrágyával kijuttatott hatóanyag jelentősen kompenzálta a tápkultivátorozások hiányát. A 4-es kezelés esetén ismételt a lombtrágyázás hiánya figyelhető meg, mivel a fejlődés során minden trágyázási időpontban kapott N-t, azonban ennek ellenére nagyobb számban fordulnak elő rövidebb csövek.

Az egytényezős ANOVA vizsgálat eredménye szerint nem túl szorosan, de befolyásolják a trágyázási kezelések a csőhosszt, mivel a kapott p-értéket ($p=0,021$) nem sokkal haladja meg a $p=0,05$ -s határt. A varianciaanalízis során meghatározott SzD5% alapján a kezeléseknél kialakult csőhosszokat a minimális eltérés ellenére azonosnak tekinthetjük.



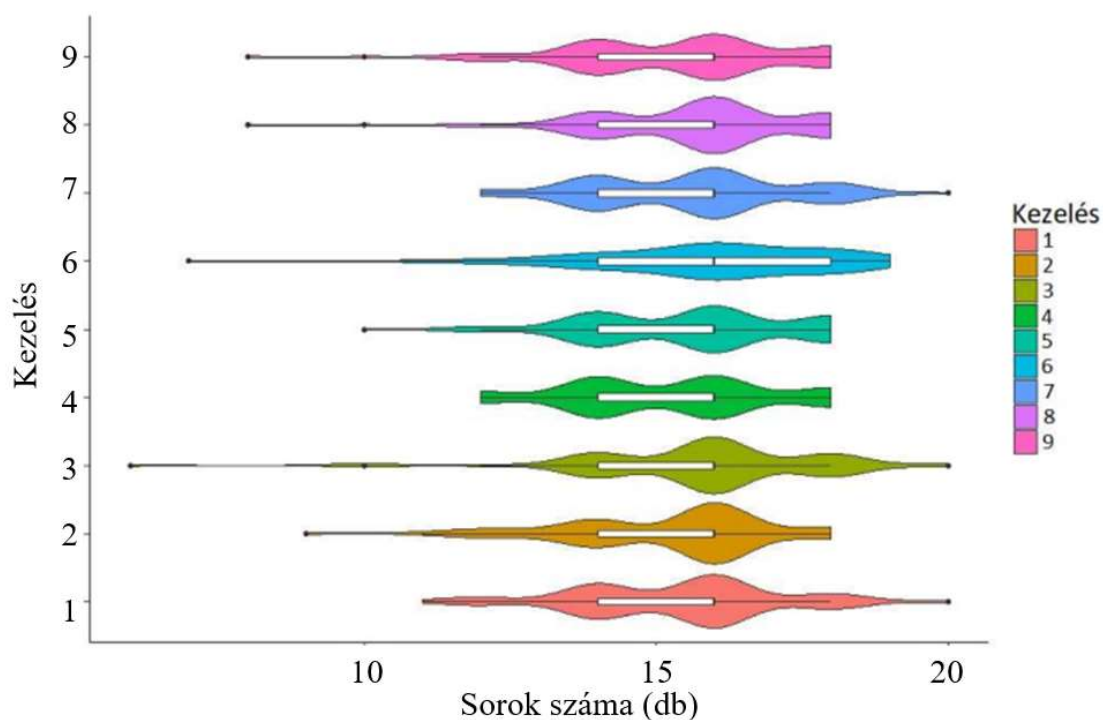
10. ábra: A kezelések hatása a csőtömeg alakulására (Saját ábra, 2022)

A 10. ábráról leolvasható, hogy az eltérő N kijuttatás hatással volt a csőtömeg alakulására. A kiugró értékek és a kezelésenként látható egyenlőtlen eloszlású csőtömegekből arra következtettünk, hogy kimutatható hatása van a kezeléseknél a csőtömegre. Ezt a feltételezést az elvégzett statisztikai vizsgálat is bebizonyította. A kapott p-érték szerint igen szoros kapcsolat figyelhető meg ($p=0,00262$).

Jól leolvasható, hogy a nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló N, az alaptrágyázástól és a kijuttatás időpontjától függetlenül jelentősen hozzájárult a csőtömeg kialakulásához. Mivel a 3-as, 5-ös és a 8-as kezelés rendelkezik a legnagyobb átlag csőtömeggel, azonban a három kezelésből az 5-ös csupán 102 kg N-hatóanyagot kapott, míg a másik két kezelés 129 kg-t és 153 kg-t. Ennek ellenére is nagyobb csőtömeget produkált, annyi eltéréssel, hogy a mért adatok jelentősen szélesebb intervallumban oszlanak el. A 4-es kezelés esetében állt a rendelkezésére

a legnagyobb mennyiségű N-hatóanyag, azonban a többi kezeléstől jelentősen elmaradt a csőtömeg tekintetében. Viszont a mért csövek tömege kisebb szórást mutatott, aminek a rendelkezésre álló nitrogén mennyisége lehet az oka. A jelentős eltérés okozója lehet a korábban említett Solvitis®-es lombtrágyás-kezelés hiánya is, míg a 2-es kezelés esetében a magasabb tőszám. Az 1-es kezelés esetében került kijuttatásra a legkevesebb hatóanyag (94,5 kg/ha), aminek köszönhetően a többi kezeléshez képest jelentősen csökkent a csőtömeg, de az adatok eloszlása egyenletesnek mondható. A 9-es kezeléssel összehasonlítva szinte nem figyelhető meg hatóanyagbeli különbség (4,5 kg/ha). Mindezek ellenére az 1-es technológia elmarad a 9-esétől. Ennek hátterében az állhat, hogy a csökkenő N-dózis hatására előtérbe kerül a kijuttatás időpontja. Az első esetben a vetést követően az 1. kezelés nem kapott műtrágyát, míg az utolsó kezelés esetében csak vetéskor és egy fejlettebb fenológiai állapotban (V6-V7) került N kijuttatásra.

Az SzD5% alapján az 1-es kezelés csőtömege eltér a többi kezelés értékeitől. A 2-es és a 4-es azonosnak tekinthetők, ezzel együtt a 3-as, 5-ös és a 8-as, valamint a 6-os, 7-es és a 9-es technológia csőtömege is. Ebből látható, hogy az egyes kezelések hatása jelentőséggel bír a csőtömeg alakulásában.

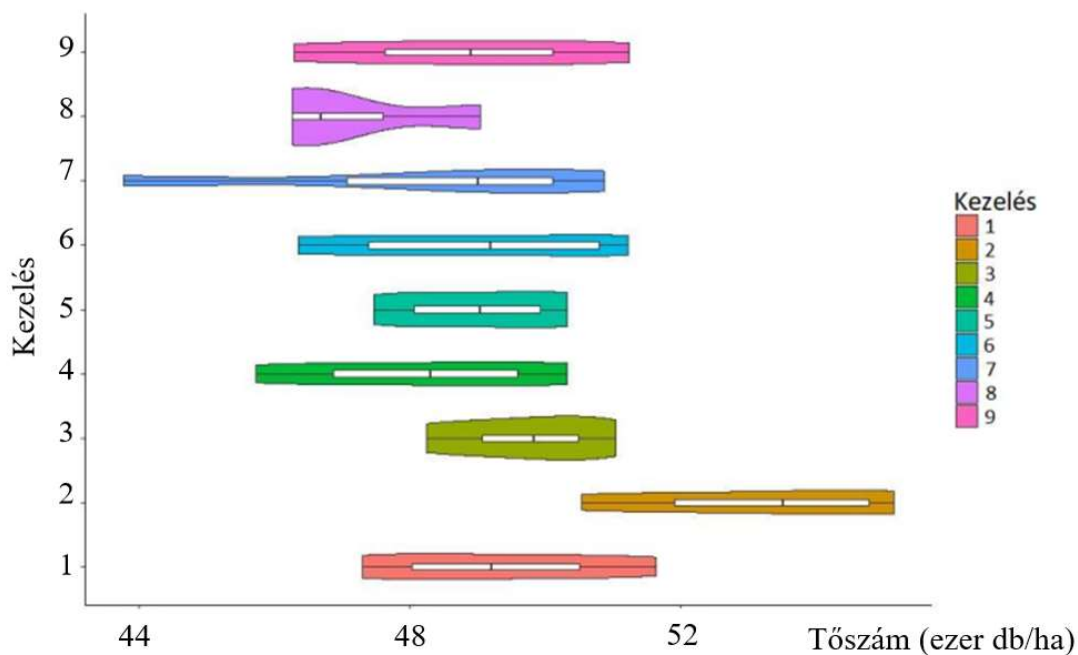


11. ábra: A kezelés hatása a sorok számának alakulására (Saját ábra, 2022).

A 11. ábra a sorok számát és a kezelések közötti kapcsolatot mutatja be. Jól leolvasható, hogy egy kezelés kivételével szinte az összes azonos interkvartilis tartománnyal és eloszlással

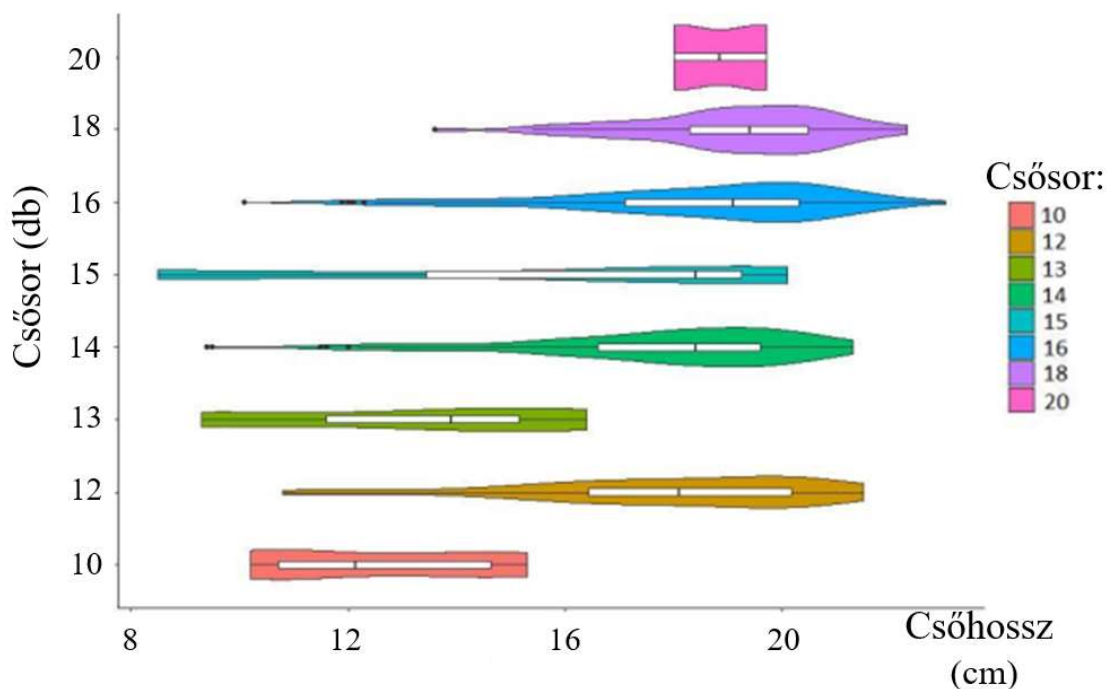
rendelkezik, valamint a legnagyobb számban előforduló csövek 14 és 16 sorosra tehetők, mindez jelentősen eltérő hatóanyag kijuttatás mellett (84-156 kg/ha). Az 1. technológiánál megfigyelhető, hogy nagyobb számban fordultak elő olyan csövek, ahol a sorok száma az alsó és felső kvartilis határain kívülre esnek. A 3-as, 9-es kezeléseknél a 10 sorral rendelkező csövek jelenléte megnövekedett. A két technológiában közös volt, hogy az utolsó műtrágyakijuttatás a jégverés előtt elvégzett tápkultivátorozással történt, viszont jelentős különbséggént jelenik meg, hogy a hektáronkénti hatóanyag mennyisége eltér az alaptrágyázásnak köszönhetően (54 kg/ha). A 6-os kezelésnél az adatokban nagyobb szórás figyelhető meg, mivel nagyobb terjedelmű az interkvartilis (középső 50%). A többivel ellentétben nem rendelkezik 2 „csúcsponttal”, hanem legnagyobb számban a 16 soros csövek fordultak elő, ezt követően mind 2 irányba fokozatos csökkenés megy végbe. A N-adagolása szempontjából elmondható, hogy csak vetéskor és a 2 sorközműveléskor kapott műtrágyát, de akkor is a dózisok közül a középérték került kijuttatásra.

Ahogy a 11. ábrán is látható, a sorok számának alakulására nincsenek különösebb befolyással a kezelések. Ezt az egytényezős ANOVA vizsgálat is alátámasztja, mivel a $p=0,516$. A varianciaanalízis során kapott SzD5% érték alapján is belátható, hogy a kezeléseknek nincs különösebb befolyása a kialakult sor számra, mivel e minimális különbségek statisztikailag nem tekinthetők eltérésnek.



12. ábra: A kezelés hatása a tőszám alakulására (Saját ábra, 2022).

A 12-es ábrán látható adatokkal elvégzett egytényezős ANOVA alapján a kezelések hatással voltak a tőszámok alakulására, mivel a $p=0,0141$. A kapott SzD5% érték szerint a tőszámot csak bizonyos kezelések befolyásolják, mivel az 1-es, 2-es és a 8-as technológia tőszámai különböznek egymástól, míg a maradék hat kezelés statisztikailag nem különböztethető meg az 1. és a 8. technológiától.



13. ábra: A csőhossz hatása a sorok alakulására (Saját ábra, 2022).

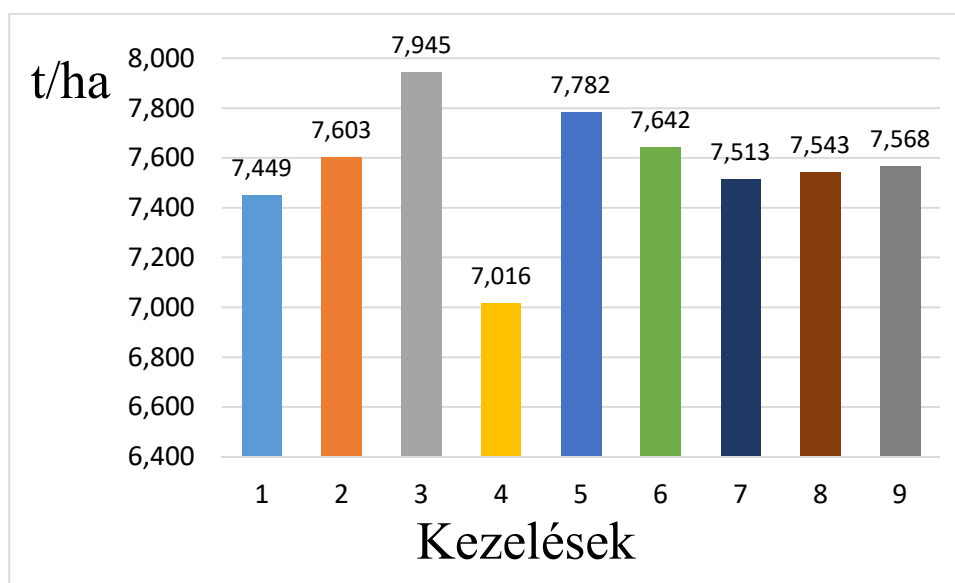
A csőhossz és sor kapcsolata esetében jól látható a 13. ábrán, hogy a magasabb sor szám nagyobb csőhosszhoz társul. A 20 sorral rendelkező csövekről elmondható, hogy az összes eset beleesik az interkvartilisbe, ennek az az oka, hogy a mérések során, csak kisebb mértékben voltak fellelhetők. Jól látható, hogy nem a leghosszabb csövek rendelkeznek a legtöbb sorral, így elmondható, hogy vagy nagyobb átmérővel vagy kisebb méretű szemekkel rendelkeznek. A 18 sorral rendelkezők esetében általánosságban elmondható, hogy a hosszabb csöveken fordultak elő, ami abból látható, hogy az alsó kvartilistől kezdődően a maximum értékig cső mérettartományban fordultak elő a legnagyobb számban. A leggyakoribb értékek a 16 és 14 sor, szinte a mérés során felmerülő összes hosszúságnál előfordultak. Mivel az alacsony hosszúságú csövektől egészen a leghosszabb csövekig is előfordultak, így elmondható, hogy a csőhossz és a sor kapcsolata befolyással van a szemek méretére. Ennek az az oka, hogy ha a rövid cső azonos számú sorral rendelkezik, mint egy hosszú, akkor nagy valószínűséggel kisebb, apadtabb szemekkel találkozunk. Azonban, ez a folyamat igaz fordítva is, erre jó példa az ábrán látható 12 sorral rendelkező csövek, mivel az esetek több, mint 75%-ában az átlagnál

hosszabb (15,47cm <) csöveken fordultak elő. Viszont, ha a csövek kevesebb sorral rendelkeznek és ezzel együtt rövidebbek is voltak, akkor a szemek mérete megfelelően alakult. Ilyen tulajdonságok érvényesülhetnek a 10 soros csöveknél, mivel a hosszukat tekintve az előbb említett átlag alatt maradtak. A mérések során szerzett tapasztalataim alapján azok a csövek rendelkeztek páratlan számú sorral (13, 15), amelyeken csőhossztól függetlenül nagyobb méretű területen nem ment végbe megfelelően a termékenyülés, kötés.

A statisztikai számítások alapján is hasonló eredményeket kaptunk, miszerint a csőhossz és a sorok száma közötti kapcsolat rendkívül szoros, mivel a p -érték = $1,23e-15$. Ez az eredmény matematikailag is alátámasztja az ábra elemzése során kapott észrevételeket.

További statisztikai vizsgálatok szerint a tőszám hatással volt a csőhossz alakulására is, mivel a p -érték = 0,00665.

A kéttényezős ANOVA vizsgálatok során a kezelések és a sorok számának együttes hatását vizsgáltuk a csőhosszra. A hosszúság külön-külön szorosan függ a sorok számától, valamint a kezelésektől is, míg a kezelés és a sorok száma együttesen is befolyásolja a csőhossz kialakulását ($p=0,0411$).



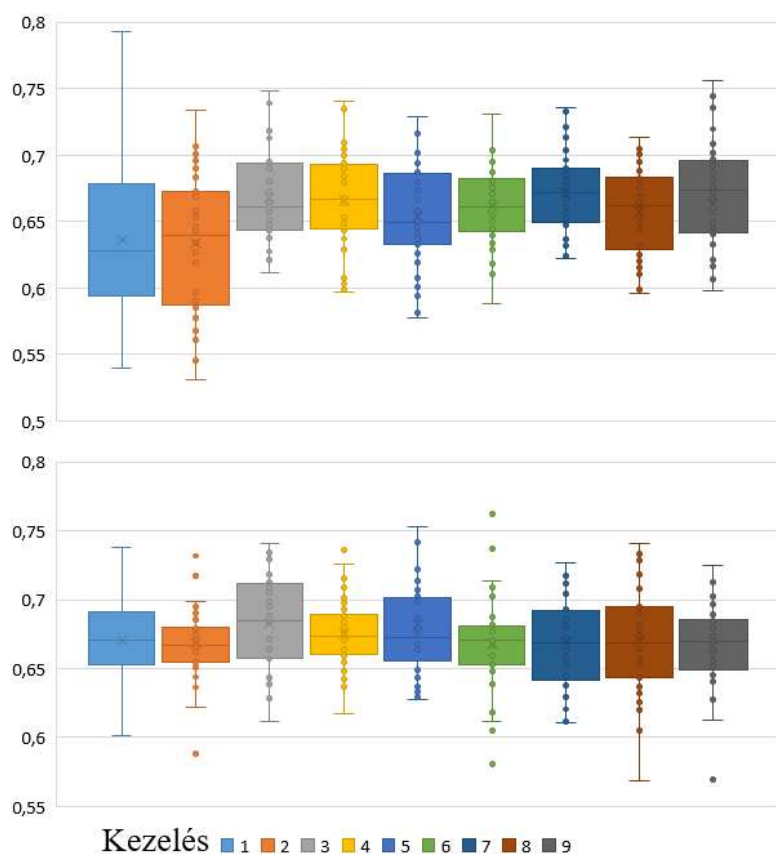
14. ábra: A termés alakulás kezelésenként (Saját ábra, 2022)

Ahogy a 14. ábrán is jól látható, a terméseredményekből a legnagyobb hozamot a 3-as kezeléssel értük el (153 kg/ha). Ez abból adódhat, hogy a legnagyobb olyan mennyiségű N-hatóanyaggal rendelkezett, amely a kezelések során átesett lombtrágyázáson. A 4-essel összehasonlítva jól látható, hogy a magas N-kijuttatás ellenére (156 kg/ha) lombtrágya nélkül jelentősen elmaradt a várt eredménytől. A 6. és a 2. kezeléseknél szinte azonos termést értünk el, így ebből is látszik, hogy a kijuttatott hatóanyag mennyisége befolyásolja a hozamot.

Az 1. tápkultivátorozás kihagyásának hatása is kimutatható, mivel az első 2, valamint a 7-es kezelés esetében erre nem került sor, ezzel együtt alacsonyabb terméshozammal is rendelkeznek. A 2-es 100-150 kg-val többet termet a másik kettőhöz képest, aminek hátterében a nagyobb mennyiségű N-kijuttatás állt. A jégverés utáni N-kijuttatás azoknál az alaptrágyázatlan területeknél volt nagyobb fontosságú, amelyek alacsonyabb dózisban kaptak tápanyagot.

A két legalacsonyabb terméssel az 1-es és a 4-es kezelés rendelkezett. Az 1-es esetben csak vetésig történt N-kijuttatás (94,5 kg/ha), majd Solvitis®-es kezeléssel esett át, míg ezzel szemben a 4-es kezelésnek folyamatosan rendelkezésre állt a N-hatóanyag (156 kg/ha), viszont lombtrágyát nem kapott. Ebből kifolyólag jól látható, hogy a jégverést követően a lombtrágyázás kevesebb N mellett is jobb termésképződést eredményez, mintha csak műtrágyát juttatnánk ki.

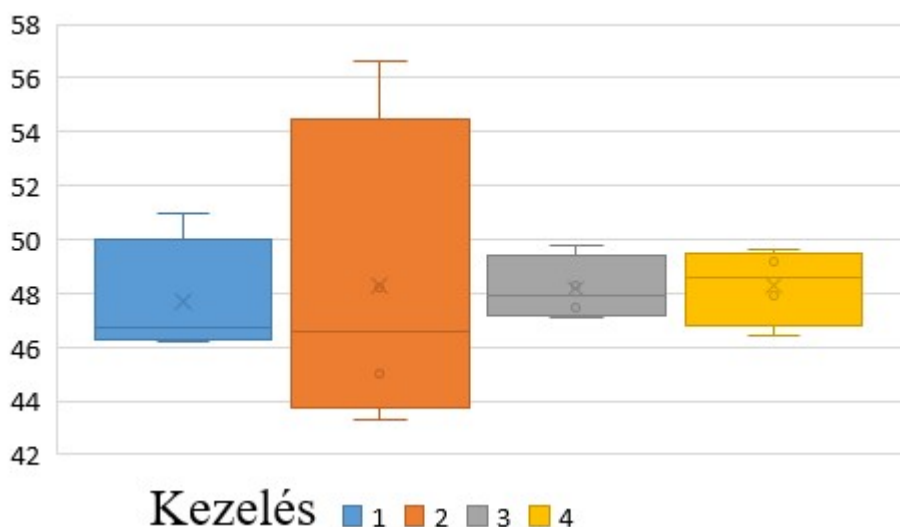
Az ANOVA vizsgálatok eredményeiből is jól látható, hogy a kezelések és a termés között szoros korreláció figyelhető meg (p -érték = $1,2E-07$).



15. ábra: Az NDVI kezelésenkénti alakulása a május 25-ei (felső), június 25-ei (alsó) mérési napokon (Saját ábra, 2022)

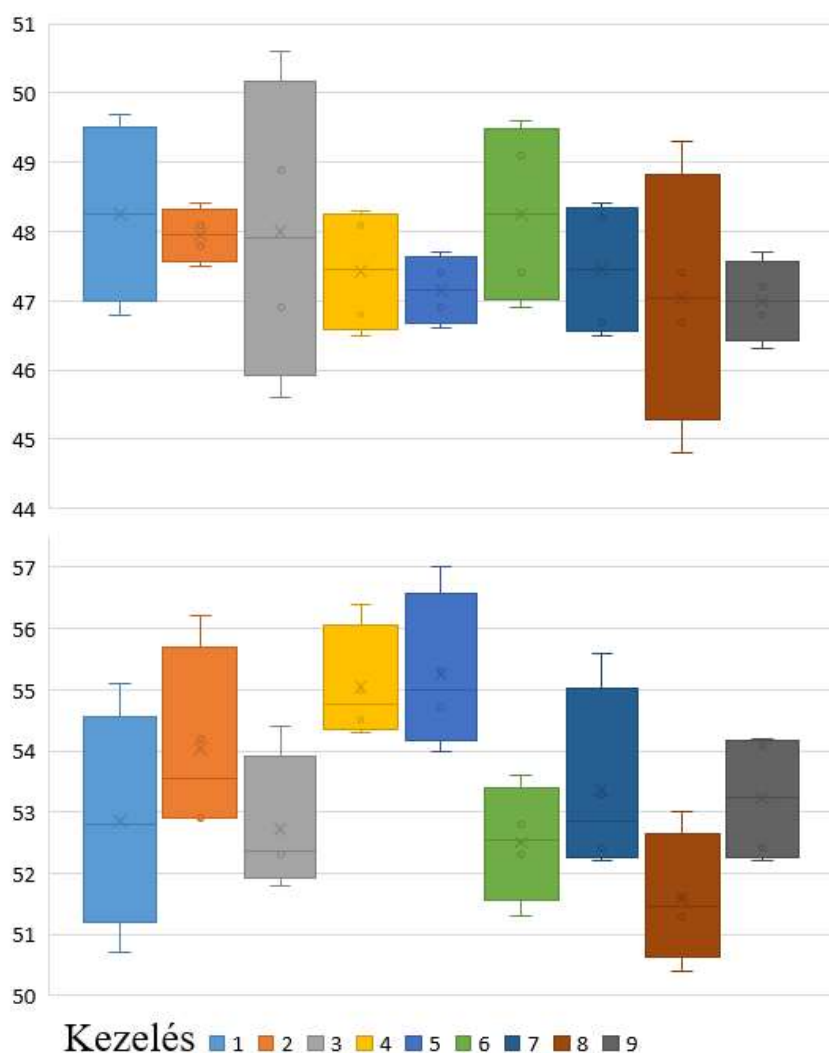
Ahogy a 15. ábrán is látszik az első NDVI mérést május 25-én végeztem az 1. tápkultivátoros kezelést követően, 6-7 leveles állapotban. Az ANOVA eredményei alapján elmondható, hogy a kezelések befolyásolták a Vegetációs index értékeit ($p=0,000253$). Míg az SzD5% szerint mindegyik NDVI érték azonosnak tekinthető. Az 1-es, 2-es és a 7-es technológia esetében a mérést megelőzően nem került kijuttatásra tápanyag a sorközművelés során, azonban mindegyik esetben eltérő StarterN dózist alkalmaztunk. A 7-es kezelés rendelkezik a legnagyobb NDVI értékkel (0,6564). Ebből adódóan a tápkultivátoros kezelésnek nem volt hatása a kapott értékekre, viszont a vetéskor kijuttatott nagyobb mennyiségű MAS befolyásolta a szórás alakulását. Az átlag értékek tekintetében elmondhatjuk, hogy az állomány magas vegetációs indexszel rendelkezett, és gyors fejlődést mutatott. Erre abból tudunk következtetni, hogy az átlag NDVI érték 0,6 felett volt.

A következő mérés időpontja június 25-re esett, azaz a 2. tápkultivátoros kezelést követő 8-9. npra. A kapott adatokkal, az előbbivel azonos statisztikai vizsgálatokat végeztünk el, így elmondható, hogy ebben az esetben a kezeléseknek nem volt hatása a vegetációs-index alakulására, mivel a p -érték= 0,223361. Az SzD5% értékelése alapján statisztikailag megegyeznek a kapott adatok. A minimális eltérések ellenére látható, hogy a korábbi méréshez képest megváltoztak az átlag értékek és a szórások. Általánosságban elmondható, hogy azoknál a kezeléseknél, amelyek május 25-én nagyobb szórást mutattak, mostanra az eredményeik egységesebb képet alkotnak, mint pl.: az 1-es és 2-es kezelés. A magasabb átlag azzal magyarázható, hogy a fejlődés előrehaladtával növekszik a N-felvétel, így a kapott NDVI érték is. A jégverés okozta stressz negatív hatásai miatt a trágyázási kezelésektől függetlenül vált az NDVI érték.



16. ábra: A SPAD értékek alakulása május 25-én (Saját ábra, 2022)

A 16. ábrán a jégeső hatására félbe maradt SPAD mérés eredményei láthatók. Ennek ellenére minden vizsgálatot lefuttattunk rajtuk, hogy egy hozzávetőleges képet kapjunk az akkori állapotokról. A statisztikai eredmények szerint nincs összefüggés a kezelések és a SPAD értékek között, mivel a $p\text{-érték}=0,992498$, valamint az SzD5% szerint az értékek megegyeznek egymással. A hasonló eredmények mellett a legnagyobb szórás a 2-es kezelésben figyelhető meg. Ennek az lehetett az oka, hogy az 1-es és a 2-es kezelés kivételével mindegyik technológia átesett egy tápkultivátoros kezelésen, aminek hatására csökkenhetett a szórás. Azonban az előbb említett két kezelés közötti különbség azért alakulhatott ki, mert az 1-es kezelés nagyobb mennyiségű StarterN-t kapott, mint a 2-es. Azaz a StarterN mennyisége és a tápkultivátoros kijuttatás is befolyásolta a klorofill tartalmat. A 4-es kezelésben is azonos mennyiségű StarterN került kijuttatásra, mint a 2-esnél, azonban ezt a különbséget kompenzálta a tápkultivátorozás.



17. ábra: A SPAD értékek alakulása a június 05-ei (felső ábra) és június 25-ei (alsó ábra) kezelési napokon (Saját ábra, 2022)

A 17. ábrán az állományszintű SPAD mérés látható 10 nappal a jégeső után (16. ábra felül), és a 2. tápkultivátoros kezelést követően (16. ábra alul). Az eddigiekhez hasonlóan végeztünk statisztikai vizsgálatokat. Az első mérés eredményei alapján az ANOVA szerint a kezelések nem befolyásolták a SPAD értékeket ($p=0,732233$), valamint az SzD5% alapján nincs különbség a mérések között. A különböző kezelések technológiájának összehasonlítása során a jégverést követően kapott eredmények között nem található semmilyen összefüggés, ezzel is alátámasztva a statisztikai eredményeket.

A 2. tápkultivátorozás után 8-9 nappal elvégzett mérés eredményei alapján már szoros kapcsolat alakult ki a kezelés és a SPAD által meghatározott értékek között. Mivel az egytényezős ANOVA által kapott p -érték $=0,007833$ volt. Ezt az SzD5% eredményei is alátámasztották. Így a 4-es és az 5-ös kezelés azonosnak tekinthető, míg a 2-es kivételével a maradék mérések mindegyike azonosnak tekinthető és eltér az előző kettőtől. Azonban a 2-es esetben a 4-es és az 5-ös technológiával azonosnak tekinthető, valamint a maradék hattal is. Jól látható a 17. ábrán, hogy a két legnagyobb átlaggal rendelkező kezelés a 4-es és az 5-ös. A két technológia között csak a lombtrágyázásban és az alaptrágyázásban figyelhető meg a különbség. Azonban ezek a kijuttatások nem befolyásolták a mérés eredményeit, mivel a többi hasonló dózissal rendelkező kezelésben nem figyelhető meg ilyen téren változás.

5.2. Következtetések

A Kaposfő közelében elhelyezkedő mezőgazdasági területen kilenc különböző műtrágyázási kezelés hatásait vizsgáltuk szabadföldi körülmények között. Ezek a kezelések mind a növény pillanatnyi állapotára, fejlődésére és a terméseredményekre statisztikailag is kimutatható hatással voltak. Egyértelmű és szoros kapcsolat figyelhető meg a tőszám és a csőtömeg között ($p=2,1E-83$). A nagyobb tőszám alacsonyabb csőtömeget eredményez, ez a jelenség fordítva is beigazolódott. A lombtrágya hiánya átlagos tőszám mellett jelentős csökkenést okoz a csőtömegben. Továbbá a tápkultivátoros kezelések teljes hiánya negatív hatással van a csőtömeg alakulására.

A csőtömeg és a termésbecslés értékei között egyenes arányosság figyelhető meg, azaz a nagyobb csőtömeggel arányosan növekszik a becsült termés mennyisége is. Abban az esetben, ha a kisebb csőtömeg mellé nagyobb tőszám társul, akkor ez jól kompenzálja a méretbeli különbséget. Az átlag tőszámmal és kisebb csőtömeggel rendelkező kultúrák esetében viszont alulbecsüljük a termés hozam várható értékeit. Azoknál a kezeléseknél, ahol nagyobb szórás figyelhető meg a tőszámokban és a csőtömegekben, ott a termésbecslés bizonytalansága és

pontatlansága is megnő. A nagyobb csőtömeg miatt a termésbecslés nagyobb eredményt mutathat, mint ami várhatóan a valóság lesz.

Bebizonyosodott, hogy az alaptrágyázott területeken a csövek hossza kisebb tartományon belül változik. Az alaptrágyázás elmulasztása esetén mindenképp szükséges legalább egy tápkultivátoros kezelés beiktatása, mivel az ekkor kijuttatott tápanyag jelentősen kompenzálja az elmaradást, ezzel együtt az alaptrágyázott területeken elhagyott tápkultivátorozás hatására megnő a rövidebb csövek száma. A jégverésen átesett állományban az ismételt kezelés hatására javul a cső fejlődése, így a hosszúsága is. Ebből adódóan a sorközműveléskor kijuttatott N jótékonyan befolyásolja a csőhosszúságot. A levéltrágyázás hatására sokkal egységesebb csöveket kapunk N-dózistól függetlenül, ebből kifolyólag e kezelés elmulasztása nem javasolt.

A kijuttatott tápanyag mennyisége egyértelműen befolyásolja a csőtömeget, így a nagyobb adag kijuttatása esetén nagyobb és egységesebb tömegű csöveket kapunk. Azonban a magasabb tőszám hatására, (kezeléseken belül) átlagos műtrágya kijuttatás mellett is alacsonyabb csőtömeget kapunk, kisebb szórással. A csökkenő mennyiségű N hatására egyre nagyobb szerepet kap a kijuttatás időpontja, azaz a tápkultivátoros kezelés jelentősége növekszik. A magas hatóanyag melletti lombtrágya alkalmazásával növelhetjük, egységesíthetjük a csövek tömegét.

A csöveken található sorok számát az egyes kezelések jelentős mértékben nem befolyásolják. A kialakult kisebb eltérésekre azonban nincs hatással a kijuttatott N-mennyisége és az alaptrágyázás ténye, viszont a jégverés után alkalmazott tápkultivátoros kezelés hatására csökken a szórás mértéke.

Bebizonyosodott, hogy a csőhossz és a sorok száma között rendkívül szoros kapcsolat figyelhető meg. Kezelésektől függetlenül a leghosszabb csöveken általában 18 sor található, míg a legnagyobb számban a 14 és a 16 soros csövek fordulnak elő. A legkevesebb sorral rendelkező csövek egyértelműen átlag alatti mérettel rendelkeznek. Azokon a csöveken, ahol páratlan számú sor fejlődött ki ott nem ment végbe megfelelően a termékenyülés.

A tőszám és a sorok alakulása között szoros kapcsolat van, míg a csőhosszt a kezelés és a sorok számának együttese nem befolyásolja.

A hozam adatokból bebizonyosodott, hogy a nagyobb mennyiségben kijuttatott N-hatóanyag levéltrágyázás mellett jelentősen növeli a terméshozamot. Az 1. tápkultivátoros kezelés jótékony hatással van a termés alakulására. Jégverés esetén az alacsonyabb hatóanyag kijuttatás mellett a megismételt tápkultivátoros kezelés növelte a termésmennyiséget. A folyamatos N-ellátás lombtrágyázás nélkül elveszíti hatását, így a kisebb N-dózis levéltrágyázással kombinálva jobb eredményt ad, nagyobb termés érhető el. Ez az eredmény a

napjainkban fontos tényező lehet, mivel a kialakult műtrágyaárak jelentős költséget képviselnek a növénytermesztésben. Ezért ezzel kapcsolatban érdemes lehet további vizsgálatokat végezni.

A kukorica V6-V7-es fejlettségi állapotában a vetéssel kijutatott StarterN mennyisége hatással van az NDVI alakulására, míg a tápkultivátoros kezelések hatása nem mutatható ki. A jégverés hatására annyira összetolódtak a különböző fejlettségi stádiumok, hogy a N-hatás nem tudott megfelelően realizálódni a gyors fejlődés miatt. Ennek köszönhetően nem volt összefüggés az NDVI és a termés hozamok között. Basters (2019) vizsgálatai során hasonló eredményt kapott, miszerint nagy stressz hatására a Vegetációs index nem alkalmas a pontos N-koncentráció meghatározására.

A 6-7 leveles mérésnél statisztikailag nincs kapcsolat a SPAD értéke és a kijuttatott hatóanyag között. A StarterN mennyisége azonban minimális szórásbeli különbségeket eredményezett, de a tápkultivátoros kezelés alkalmasnak bizonyult ennek kompenzálására. A jégverést követő 10 napban a SPAD értéket nem befolyásolja a kezelés. A későbbi mérésekre nem volt hatással sem az alaptrágyázás, sem a lombtrágyázás kezelése. Fontosnak tartom megemlíteni, hogy Rhezali és Rabii., kutatása szerint (2020) a SPAD mérés legoptimálisabban a 0; 80; 160 és 320 kg/ha N-dózis közötti különbséget képes kimutatni, azonban a kísérletünkben nem minden esetben figyelhetők meg ekkora eltérések a kijuttatott N mennyiségében.

6. Összefoglalás

Világviszonylatban elmondható, hogy a klímaváltozás és a gyors demográfiai növekedés hatására egyre nagyobb nyomás jelentkezik a növénytermesztésben. Ezért a szélsőséges időjárási körülmények és a növekvő élelmiszerigény miatt a lehető legnagyobb hektáronkénti hozamot kell produkálnunk. Ehhez szükséges a megfelelő agrotechnika, okszerű és célzott növényvédelem, valamint a tudatos tápanyaggazdálkodás is. A kukorica sokoldalúságának köszönhetően az emberiség egyik legfontosabb kultúrnövényévé vált, aminek köszönhetően a legnagyobb termőterülettel rendelkező kultúrák közé sorolhatjuk. A kukorica termesztésének a kockázata megnőtt. A klímaváltozás hatására viszont a növekvő igények kielégítése érdekében gazdaságos termeléssel a lehető legnagyobb hektáronkénti hozamot kell elérnünk. Ez csak úgy lehetséges, hogy a megfelelő agrotechnika alkalmazásával csökkentjük az időjárási szélsőségek okozta termés kiesést, valamint okszerű és célzott hatóanyag kijuttatást végzünk mind a növényvédelmi, mind tápanyaggazdálkodási oldalról.

A célunk az volt, hogy különböző műtrágyázási technológiák közül kiválasszuk a leghatékonyabb lehetőséget, szem előtt tartva a gazdaságosságot is. Mindeközben figyelembe vesszük a különböző mennyiségi és minőségi tulajdonságokat, mint pl.: NDVI érték, klorofill tartalom stb.

A vizsgálatot a Kaposmező Kft kaposfői területén végeztük az alábbi termőhelyi körülmények között. A talaj mechanikai összetételét tekintve homok fizikai féleségű (K_A : 27), amely humuszban gyenge-közepes értéket mutat (0,8%). A vizsgálat ideje alatt figyelemmel kísértük a hőmérséklet és a csapadék adatok alakulását és eloszlását is. A hőmérséklet-csapadék kapcsolata és az eddig lehullott csapadék (506,7 mm) alapján a július kivételével egyik hónap sem mondható aszályosnak. Ennek ellenére a különböző vegetációkban mégis jelentős mértékű öltöttek az aszály okozta problémák. A jelenség oka abban nyilvánul meg, hogy a csapadék eloszlása rendkívül szélsőségesen alakult, mivel több hét is eltelt a nagyobb mennyiségű csapadékok között.

A kísérlet beállítása során figyelembe vettük a rendelkezésre álló gépeket és a cég által alkalmazott trágyázási technológiát. A kísérletben 9 kezelést állítottunk be 4 ismétléssel (4x8 sor), amelyek dózisban vagy technológiában eltérőek voltak. Összesen 6 menetben történt tápanyagkijuttatás. Alaptrágyázás (1-4-es kezelésig), vetéssel egy menetben folyékony és szilárd starter, valamint 2 alkalommal történt tápkultivátorozás és 1x Solvitis®-es lombtrágyázás (4-es kezelés kivételével). Az alaptrágya és a szilárd starter mindegyik esetben 27%-os MAS volt, míg a tápkultivátorozásnál Nitrosol (30%) került kijuttatásra. A vizsgálatot

a Pioneer 9363-as szárazságtűrő hibridjével végeztük el, amely 350-es FAO számmal rendelkezik.

A kísérlet során a trágyázás és a növény egészségi állapota közötti kapcsolatot vizsgáltam, e vegetációs időszak alatt NDVI és SPAD méréseket végeztem. Az elvégzett méréseknél minden esetben figyelmen kívül hagyásra kerültek a dűlők, annak érdekében, hogy a kapott eredményeket a szegélyhatás ne befolyásolja. Az első mérést 2022. május 25-én kezdtem NDVI és SPAD-502 mérőműszer segítségével. Ekkor az állomány 6-7 leveles állapotban volt. Még a mérés napján az állomány egy jégverésen esett át, így a SPAD mérést nem volt lehetőség befejezni. A jégverés hatására, valamint az állomány regenerálódása miatt 10 nap elteltével ismételtam meg a kezeléseken a SPAD mérést. A következőt 7-8 nappal a 2. tápkultivátorozás után végeztem (2022. június 25-26), hogy képet kaphassak a kijuttatott N hatásáról az állományban. Szeptember 19-én tőszámot számoltam, valamint kezelésenként 60 db random csövön hosszúságot és sor számot mértem, majd a morzsolást követően kemencés nedvességvizsgálatot végeztem. Betakarításkor (október 03.) kezelésenként mértünk termésmennyiséget szántóföldi talpasmérleg segítségével, annak érdekében, hogy megkönnyítsük és felgyorsítsuk a munkaműveletet.

A vizsgálatok során kiderült, hogy az átlagos tőszámmal rendelkező kezelésnél a lombtrágyázás hiánya csökkenti a csőtömeget, valamint a tápkultivátorozás teljes elhagyása negatívan befolyásolja az előbb említett tulajdonságot. A kapott eredmények alapján a csőtömeg egyértelműen befolyásolja a termésbecslés alakulását ($p=0,00154$). Azonban, ha a tőszámban és a csőtömegben nagy szórás figyelhető meg, akkor jelentősen rontja a becslés pontosságát. Míg a csőhossz alakulására hatással van az alaptrágyázás, addig annak elmulasztása esetén a tápkultivátorozás jelentősen kompenzálja a hiányát. Azonban fordított esetben megnő a rövidebb csövek száma. Jégverés esetén megismételt tápkultivátorozás, valamint lombtrágyázással, sokkal egységesebb csöveket kapunk. A csőtömeg esetében a N-hatóanyag mennyisége befolyásolja annak alakulását, míg a csökkenés hatására egyre nagyobb szerepet kap a kijuttatás időpontja. A mérésekből kiderült, hogy a csöveken található sorok száma és a csőhosszúság között rendkívül szoros kapcsolat van. Kezelésektől függetlenül a leghosszabb csöveken általában 18 sor található, míg a legnagyobb számban a 14 és 16 soros csövek fordulnak elő. Az legkevesebb sorral rendelkező csövek egyértelműen átlag alatti méreteken fordulnak elő. Azokon a csöveken, ahol páratlan számú sor fejlődött ki ott nem ment végbe megfelelően a termékenyülés. A termésmennyiség alapján a kijuttatott N-hatóanyag növelésével és a lombtrágyázással nagyobb hozamot érhetünk el. A V6-V7-es fejlettségnél végzett tápkultivátoros kezelés javítólag hat a kukorica hozamára, ezzel szemben a jégverést

követő kezelés csak az alacsonyabb N-dózisnál van hatással a termés alakulására. A Solvitis®-es kezelések fontossága tovább növekedett, mivel a legnagyobb hatóanyaggal rendelkező 4-es kezelés (156 kg/ha N) kisebb hozamot produkált az 1-es (94,5 kg/ha N a vetésig) kezeléshez képest.

6-7 leveles állapotban a vetéssel kijuttatott StarterN mennyisége hatással van az NDVI alakulására. Azonban a jégverést követően annyira felgyorsulnak és összetolódnak a különböző fenológiai stádiumok, hogy a N-hatás nem tud kellőképpen érvényesülni, így az NDVI érték és a termés közötti kapcsolat megszakad.

7. Irodalomjegyzék

1. ábra: Hoef R. G., Nafziger E. D., Johnson R. R., Aldrich S.R. (2000): Modern Corn and Soybean Production. MCSP Publications, Champaign, IL.

1. táblázat: Központi Statisztikai Hivatal (2021): A fontosabb szántóföldi növények betakarított területe, összes termése és termésátlaga (1990-). [STADAT – 4.1.21. A fontosabb szántóföldi növények betakarított területe, összes termése és termésátlaga \(1990–\) \(ksh.hu\)](#). Letöltve: 2022. 10. 10.

2. ábra: Árendás T. (2019): Mikor, hogyan, mennyit vessünk a kukoricából. [Mikor, hogyan, mennyit vessünk a kukoricából? - Agrofórum Online \(agroforum.hu\)](#). Letöltve: 2022. 10. 12.

2. táblázat: A. Rhezali és A. E. Aissaoui (2021): Feasibility study of using absolute SPAD values for standardized evaluation of corn nitrogens status. Nitrogen. 2/3: 299-301.

3. ábra: Árendás T. (2019): Mikor, hogyan, mennyit vessünk a kukoricából. [Mikor, hogyan, mennyit vessünk a kukoricából? - Agrofórum Online \(agroforum.hu\)](#). Letöltve: 2022. 10. 12.

4. ábra: M. Gaál, S Quiroga és Z. Fernandez-Haddad (2013): Potential impacts of climate change on agricultural land use suitability of the Hungarian counties. pp 10. Springer-Verlag. Berlin.

Allaga J., Bódis J. (2014): Növénytan-Növényélettan. Kaposvári Egyetem- Pannon Egyetem-Szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft. Veszprém.

A. Rhezali, M. Rabiid (2020): Evaluation of Digital Camera and a Smarthphone Application, using the Dark Green Color Index, in Assessing Maize Nitrogen Status. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 51(14): 1946-1959.

Árendás T. (2019): Mikor, hogyan, mennyit vessünk a kukoricából. [Mikor, hogyan, mennyit vessünk a kukoricából? - Agrofórum Online \(agroforum.hu\)](#), Letöltve: 2022. 10. 12.

B. Singh, Y. Singh és G. S. Sekhon (1995): Fertilizer-N use efficiency and nitrate pollution of groundwater in developing countries. Journal of Contaminant Hydrology. 20(3-4): 167-184.

Barta L. és Bódi Z. (2021): Kukorica vetés – a helyreállíthatatlan technológiai elem, maga a vetés. [Kukorica vetés – a helyreállíthatatlan technológiai elem, maga a vetés | Syngenta](#), Letöltve: 2022. 10. 12.

Berényi D. (1945): A kukorica termelése és összefüggése az időjárással. Tiszántúli Mezőgazdasági Kamara. Debrecen.

Birkás M. (2006): Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

Bocz E. (1988): Vízellátottsági és öntözési jelzés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

Bruulsema, T. W., P. E. Fixen, G. D. Sulewski (2012): 4R Plant Nutrition Manual: A manual for improving the management of plant nutrition, North American Version. International PLant Nutrition Institue, Norcross, GA, USA.

C. D. Lee (2007): Estimating hail damage in corn. University Kentucky. Lexington.

D. A. C. Bastres (2019): Relación entre NDVI Y contenido de nitrógeno en un cultivo de maíz forrajero en el agroecosistema de valdivia. Universidad Austral de Chile. Chile

E. A. Adee, L. E. Paul, E. D. Nafziger és G. Bollero (2005): Yield loss of corn hybrids to incremental defoliation. Crop Managemen. 4(1): 1-9.

F. D. Cloninger, M. S. Zuber és R. D. Horrocks (1974): Synchronization of flowering in corn (*Zea mays* L.) by clipping young plants. Agronomy Journal. 66(2): 270-272.

G. H. Dungan, (1934): Losses to the corn crop caused by leaf injury. Plant Physiol. 9(4):749-766.

Grafe (1914): Ernährungsphysiologisches Practicum höherer Pflanzen. Paul Parey Verlag. Berlin.

Györffy B. (1969): Kukoricatermesztési kísérletek 1960-67. Akadémiai Kiadó, Budapest

J. C. Eldredge. (1935): The effect of injury in imitation of hail damage ont he development of the corn plant. Iowa Agric. Ames

J. Havlin, S. Tisdale, W. Nelson, J. Beaton (2013): Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Prentice Hall. New Jersey.

J. Sowiński, L. Głąb (2018): The effect of nitrogen fertilization management on yield and nitrate contents in sorghum biomass and bagasse. Field Crops Research. 227:132-143.

J. V. Vorst (1993): Assesseing hail damage to corn. [NCH-1 \(purdue.edu\)](https://nch-1.purdue.edu/). Letöltve: 2022. 10. 19.

Jóri J. I. (2019): Az őszi talajművelés eljárásai és eszközei (3/1.)-Talaj-előkészítés korán lekerülő elővetemények után. [Az őszi talajművelés eljárásai és eszközei \(3/1.\) - Talaj-előkészítés korán lekerülő elővetemények után - Agroforum Online \(agroforum.hu\)](#), letöltve: 2022. 10. 11.

K. Martin (2002): Expression of S spatial variability in corn (*Zea Mays* L.) as influenced by growth stage using optical sensor measurement. Oklahoma State University. Oklahoma.

Kemény G., Molnár A. és Fogarasi J. (2019): A klímaváltozás hatásának modellezése főbb hazai gabonafélék esetében. pp. 29-34. In: A klímaváltozás hatása a búzára és a kukoricára. Kemény G., Molnár A. és Fogarasi J. szerk. Agrárgazdasági Kutató Intézet. Budapest

Keszthelyi S. (2014): Fenntartható növénytermesztés. Kaposvári Egyetem - Pannon Egyetem - Szegedi Nonprofit Kft.

Kiver V. és Onopriyenko D. (2019): Power-saving agro-technology of production of grain of corn on irrigated land. Dnipro state agrarian-economic University. Dnipro.

Kovács H. (2021): A főbb szántóföldi növények strukturális változásának alakulása és jövőbeni kialakításai a Dél-Alföld mezőgazdaságában. Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok. 16(1-2): 149-160.

Kovács P. (2020): A kukorica termésbiztonságának növelése agrotechnikai tényezők racionalizálásával csernozjom talajon. Debreceni Egyetem. Debrecen

Központi Statisztikai Hivatal (2021): A fontosabb szántóföldi növények betakarított területe, összes termése és termésátlaga (1990-). [STADAT – 4.1.21. A fontosabb szántóföldi növények betakarított területe, összes termése és termésátlaga \(1990–\) \(ksh.hu\)](#). Letöltve: 2022. 10. 10.

L. J. Abendroth, R. W. Elmore, M. J. Boyer és S. K. Malay (2011): Corn growth and development. Iowa State University. Ames.

Láng I. és Csete L. (1992): Az alkalmazandó mezőgazdaság. Agricola Kiadó és Kereskedelmi Kft., Budapest

M. Battaglia, C Lee, W. Thomason, J. Fike és A. Sadegpour (2018): Hail damage impacts on corn productivity: A Review. Crop Science. 59(1): 1-14.

M. Edalat, R. Naderi, T. P. Egan (2019): Corn nitrogen management using NDVI and SPAD sensor-based data under conventional vs. reduced tillage systems. Journal of Plant Nutrition. 42(18): 2310-2322.

M. R. Islam, S. C. Garcia, D. Henry (2011): Use of normalised difference vegetation index, nitrogen concentration, and total nitrogen content of whole maize plant and plant fractions to estimate yield and nutritive value of hybrid forage maize. Crop and Pasture Science. 62(5): 374-382.

Németh T. (1995): Gondolatok a tápanyaggazdálkodásról a fenntartható mezőgazdasági fejlődés tükrében. XXXVII. Georgikon Napok Kiadványa. 1 kötet: 101-109.

Országos Meteorológiai Szolgálat (2022): Elmúlt évek időjárása. [Elmúlt évek időjárása - Éghajlati visszatekintő - met.hu](https://www.met.hu/Elmult_ek_idojarasa). Letöltve: 2022. 10. 24.

P. N. Egharevba , R. D. Horrosks és M. S. Zuber (1976): Dry mater accumulation in maize in response to defoliation. Agronomy Journal, 68(1): 40-43.

Pepó P. (2007): A kukorica (Zea mays L.) termesztés ökológiai feltételeinek és agrotechnikai elemeinek értékelése. Acta Agromica Óváriensis. 49. 2/1:162-175.

Pletser J., Szalai D., Ábrányi A. (1980a.): A kukorica generatív fejlődési szakaszainak kapcsolata az időjárással. beszámolók az 1978-ban végzett tudományos kutatásokról. OMSZ. Budapest.

R Core Team (2017): R. language and environment for statistical computing. R Foundation for Statisticalnvi Computing. Vienna. Austria. <http://www.R-project.org/>

R. G. Hoef, E. D. Nafziger, R. R. Johnson, S. R. Aldrich (2000): Modern corn and soybean production. MCSP Publications, Champaign, IL.

R. R. Bender, J. W. Haegerle, M. L. Ruffo, F. E. Below (2013): Modern corn hybrids' nutrient uptake patterns. Better Crops, 97(1); 7-10.

Schmall R. (2022): Kaposfő klimatológiai adatok. [Éghajlati adatok \(metnet.hu\)](https://www.metnet.hu/).

Somfalvi-Tóth K. (2018): A kukorica az éghajlatváltozás tükrében. [A kukorica az éghajlatváltozás tükrében - Agroforum Online \(agroforum.hu\)](https://agroforum.hu/). Letöltve: 2022. 10. 24.

Somfalvi-Tóth K. (2020): A kukoricatermesztés feltételeinek változása 1901-től napjainkig. Agroforum Extra. pp.: 16-18

Surányi J. (1957): A kukorica és termesztése. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Tóth Z. (2001): A talajtermékenység vizsgálata vetésforgókban és monokultúrában. Veszprémi Egyetem. Keszthely

Tóth Z., Sárdi K., Horváth E. D. (2014): Evaluation of the relationship between SPAD chlorophyll values and leaf nitrogen contents of maize. pp.:167-168. Proceedings of the 13th ESA Congress. Debrecen, Hungary.

United States Department of Agriculture (2022): World Agricultural Production

Usztimenko, G.W. Bakumovszkij (1980): Rasztenievodszto tropikov i szubtropikov. Izd. „Kolosz”. Moszkva.

Varga Z., Varga-Haszonits Z., Lantos Zs. (2001): A kukorica hőmérsékleti és nedvességi igényének meghatározása a termés hozamokra gyakorolt hatás alapján. Növénytermelés. Veszprém.

8. Köszönetnyilvánítás

Munkám zárásaként köszönetet szeretnék mondani azoknak az embereknek, akik nélkül a tudományos dolgozatom nem jöhetett volna létre. Először is meg szeretném köszönni Dr. Hoffmann Richárdnak és Dr. Somfalvi-Tóth Katalinnak, akiktől a munkám során sok szakmai tudást sajátíthattam el. Betekintést nyerhettem a kutatási tevékenységek világába, ezzel is motivációt szerezve a továbbiakra.

Továbbá meg szeretném köszönni a Kaposmező Kft vezetőségének (Ádám Dorottyának, Geiszt Istvánnak és Kiss Jánosnak), hogy helyet és technológiát biztosítottak a kísérletünk számára, valamint a sok hasznos szakmai információt, amit az együttműködésünk során kaptam.

Külön meg szeretném köszönni a barátomnak Gerbovits Bálintnak a munkám során kapott tanácsokat és támogatást. Bálinthoz a vizsgálatok végzése alatt, valamint a pályamunkám megírása során bármikor bizalommal fordulhattam tanácsért, mely sok esetben ösztönzőleg hatott.

Köszönettel tartozom Kópis Patrik barátomnak is a morzsolásban nyújtott lelkes és fáradhatatlan segítségéért.

Valamint meg szeretném köszönni a Mamámnak és a Testvéremnek a mérések során nyújtott kitartó segítségüket, valamint szüleimnek a sok tanácsért és ösztönzésért, amit az évek során kaptam/kapok tőlük.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetet szeretnék mondani Schmall Rafaelnek, hogy rendelkezésemre bocsájtotta az általa gyűjtött meteorológiai adatokat.