

SZAKDOLGOZAT

**Földesi Noémi
TZFK47
Hallgató neve**

2024

ÉV



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvári Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak

**Az új nemesítési irányok és a környezeti tényezők hatása a
kukorica produktivására és egészségi állapotára**

Belső konzulens: Dr. Somfalvi-Tóth Katalin
Egyetemi adjunktus

beosztás

Belső konzulens
intézete/tanszéke: Növénytermesztési-tudományok
Intézet

Külső konzulens: Név

beosztás

Készítette: Földesi Noémi

TARTALOMJEGYZÉK

1.Bevezetés	4.
1.1 Dolgozat célkitűzése	5.
2. Irodalmi áttekintés	6.
2.1 A kukorica eredete, felépítése	6.
2.1.1 A kukorica jelentősége, termesztésének volumene	6.
2.2 A kukorica környezeti igényei	9.
2.2.1 Magyarország éghajlati adottságai	9.
2.2.2 Magyarország talajadottságai	12.
2.2.3 A kukorica éghajlati igénye	14.
2.3 A kukorica termesztés-technológiája	15.
2.3.1 Talajművelés	15.
2.3.2 Elővetemény hatás	15.
2.3.3 Magágy készítés és vetés	16.
2.4 A hazai kukoricanemesítés története	16.
2.5 A kukoricanemesítés céljai	17.
2.6 A környezeti tényezők hatása a kukorica produktivására	18.
2.7 A kukorica hibrid megválasztásának szempontjai	19.
2.8 A kukorica fajtakísérleti metodikája	20.
3. Saját vizsgálatok	21.
3.1 Anyag és módszer	21.
3.1.1 A kísérletek helyei és körülményei	21.
3.1.2 A kísérletek beállításának módja	22.
3.1.3 Alkalmazott statisztikai módszerek	26.
3.2 Eredmények és értékelésük	27.
3.2.1 Eredmények elemzése éréscsoport szerint	29.
3.2.2 Eredmények elemzése termőhely szerint	33.
3.3 Következtetések és javaslatok	40.
4. Összefoglalás	41.
5. Köszönetnyilvánítás	42.
6. Irodalomjegyzék	43.
Nyilatkozat	

1. Bevezetés

A kukorica (*Zea mays* L.) a pázsitfűfélék családjába tartozó lágyszárú, váltivarú termesztett szántóföldi növény. Gécenctruma Közép- és Dél-Amerika (Mexikó, Peru, Guatemala). Európába Kolumbusz Kristóf által került a XV–XVI. században. Kezdetben a Földközi-tenger partvidékén termesztették. Magyarországon a kukorica termesztése a XVII. század második felében kezdett elterjedni, a XVIII. század végére már országos szinten foglalkoztak a termesztésével. Elterjedésétől kezdve szinte állandóan növekedett a termőterülete. A kukorica meghódította Európa nagy részét, a termőterülete a termesztési környezetben bekövetkező változások, főként az éghajlatváltozás okozta hőmérsékleti- és csapadékanomáliák miatt azonban átalakulóban van. A korábban kedvező adottságú területek, mint amilyen a Kárpát-medence is, veszélybe kerültek az elhúzódó nyári aszály és hóhullámok miatt. Az éghajlatváltozás elleni küzdelemnek két párhuzamos útja fogalmazható meg: a megelőzés és az adaptáció. Egyelőre a mezőgazdaságban az adaptációra is nagyon nagy hangsúlyt kell fektetni, hiszen az évek közötti változékonyságot többek között megfelelően alkalmazkodó fajtákkal, hibridekkel lehet áthidalni. A megfelelően alkalmazkodó kukoricahibridek fejlesztése és alkalmazása lehetővé teszi a gazdálkodóknak, hogy rugalmasabban kezeljék a változatos évek kihívásait. Ezek a hibridek növelik a hozam stabilitását, ellenállnak a szélsőséges környezeti viszonyoknak, és hosszú távon elősegítik a fenntarthatóbb és kiszámíthatóbb mezőgazdasági termelést. Ahhoz, hogy a termelők számára is elérhetővé váljanak ezek a jobb termés potenciállal, stressztűrő képességgel rendelkező fajták és hibridek, nélkülözhetetlen a fajtakísérleti állomások munkája. Az állomások munkája az új növényfajták vizsgálatán alapul, hogy kiderítsék, mely fajták és hibridek felelnek meg legjobban az adott régió éghajlati és talajviszonyainak, illetve hogyan reagálnak az időjárás változásaira, betegségekre és kártevőkre. Az állomások által gyűjtött adatok elengedhetetlenek ahhoz, hogy a gazdálkodók megalapozott döntéseket hozhassanak a fajtaválasztásban, és így maximalizálják a hozamokat. Ezek az állomások kapcsolatban állnak a NÉBIH-el, vagyis a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatallal, amely kiemelkedően fontos szerepet játszik Magyarországon az élelmiszerlánc-biztonság és a fogyasztók védelme terén. Fő feladata, hogy biztosítsa a termékek minőségét és biztonságát a termeléstől a fogyasztóig tartó teljes élelmiszerláncban, így garantálva, hogy a fogyasztókhoz csak biztonságos és megfelelő minőségű élelmiszerek jussanak el.

1.1 Dolgozat célkitűzése

Szakdolgozatom témájának választása szorosan kapcsolódik szakmai tevékenységemhez, mivel jelenleg fajtakísérleti állomáson dolgozom. Ebből fakadóan mélyebb rálátásom nyílik a fajtavizsgálatok fontosságára és gyakorlati jelentőségére, valamint a különböző növényfajták teljesítményének vizsgálatában rejlő lehetőségekre. Úgy érzem, hogy e terület megismerése és bemutatása nemcsak személyesen inspiráló, hanem hozzájárulhat a mezőgazdasági gyakorlatok jobb megértéséhez is, ami hosszú távon segíti a gazdálkodók döntéshozatalát.

Emellett kiemelten foglalkoztat, hogy a környezeti tényezők és az agrotechnika megválasztása hogyan befolyásolja külön-külön és együttesen a különböző termesztési mutatókat, mint például terméshozam, szemnedvesség, virágzás ideje, szárszilárdsági hiba, letört tövek, kezdeti fejlődés erőssége.

Éppen ezekből kifolyólag, célom volt (1) a NÉBIH fajtakísérleti állomásairól kapott 7 éves adatsorok vizsgálata és az egyes termőhelyek összehasonlítása, valamint (2) ezen adatsorok meteorológiai változókkal való összefüggés vizsgálata.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukorica eredete, felépítése

A kukorica (*Zea mays* L.) származása Közép- és Dél-Amerikába vezethető vissza, ahol már több ezer éve termesztették és nemesítették. Az ősi közép-amerikai civilizációk, különösen a maják és az aztékok kultúrájában központi szerepet játszott, és vallási jelentőséggel is bírt, hiszen alapvető táplálékként szolgált. A kukorica őse egy vadon élő, „teosinte” néven ismert növény volt, amelyhez képest a modern kukorica sokat változott az évszázadok során a folyamatos nemesítés eredményeként (Smalley és mtsai 2003).

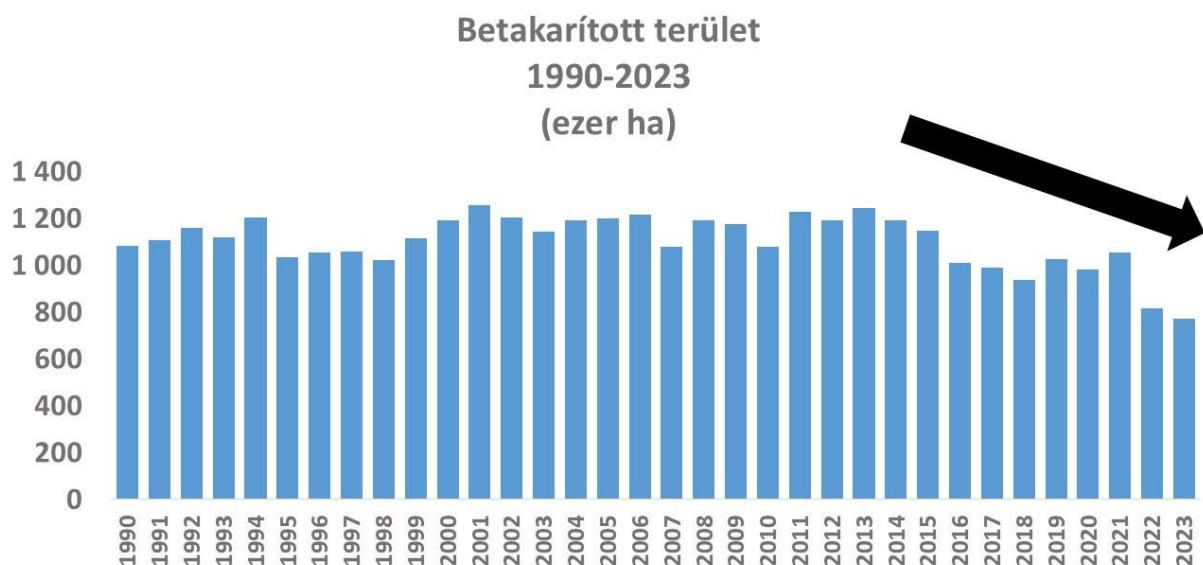
A kukoricát a spanyol hódítók hozták Európába az 1500-as években, ahonnan gyorsan elterjedt a világ más részeire is. A növény magas termőképessége és sokoldalú felhasználhatósága miatt szinte minden kontinensen meghonosodott, és a globális mezőgazdaság egyik legfontosabb növényévé vált (Nunn és mtsai. 2010).

Felépítését tekintve egy egynyári, lágyszárú növény, amely különböző részekre osztható, amelyek mindegyike fontos szerepet játszik a növény fejlődésében és a termés előállításában (Bíró és mtsai. 2018). A kukorica eredete és felépítése is hozzájárult ahhoz, hogy a növény ilyen sokoldalúvá és alkalmazkodóképessé váljon. Közép- és Dél-Amerikából indult világhódító útjára, mára pedig az egész világon elterjedt. Felépítése lehetővé teszi, hogy alkalmazkodjon a különböző termesztési körülményekhez és nagy terméshozamot biztosítson (Doebley és mtsai. 2004).

2.1.1. A kukorica jelentősége, termesztésének volumene

A kukorica kiemelt jelentőséggel bír mind a mezőgazdaság, mind az élelmiszer- és takarmányipar, valamint az ipari feldolgozás számára. Sokoldalú felhasználhatósága és magas hozampotenciálja miatt az egyik legfontosabb termesztett növény világszerte. Nélkülözhetetlen az élelmiszer- és takarmányellátásban, ugyanakkor egyre nagyobb szerepet kap az ipari és energetikai felhasználás terén is. Gazdasági szerepe miatt meghatározó a mezőgazdasági termelésben és a globális piacokon, így nemcsak a mezőgazdasági, hanem a fenntarthatósági törekvések szempontjából is kiemelt figyelmet kap (Mikó 2018).

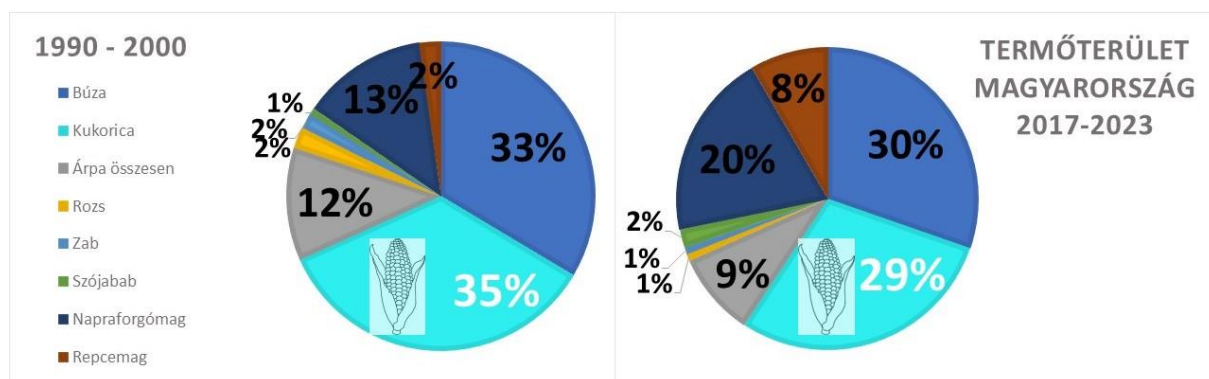
Az 1930-as, 1940-es években már a szántóterület kb. 20%-án termesztettek kukoricát. Nőtt a termőterület és vele együtt a termésátlag is. A második világháború utána a termésátlag 2,2 t/ha volt. Az 1980-as évekre elérte a 6 t/ha-os átlagot (Birkás 2000). A kukorica betakarított területe az 1990-es évektől napjainkig az 1. ábrán látható. A 2010-es évek közepétől figyelhető meg trendszerű csökkenés az értékekben.



1. ábra: Betakarított terület 1990-2023-as év között
(Forrás: KSH, 2024)

Korábban 1 millió hektár körül fluktuált a kukorica vetésterülete, ez a 2023-as évben 767 ezer hektárra csökkent. A betakarított terület 2021-ben 1 054 566 hektár, a 2022-es évben 816 643 hektár volt. A 2023-as évben pedig mindössze 746 852 hektár volt a kukorica betakarított területe (Madarász és mtsa. 2023).

A kukorica a világon a harmadik legnagyobb területen termesztett kultúrnövény a búza és a rizs után. Magyarországon a búza mellett a második legjelentősebb növényünk. A termesztett fajok részarányaiban változásokat fedezhetünk fel (2. ábra). Míg az 1990-es években a kukorica részaránya 35% volt, addig ez a 2017-2023 közötti időszakra 6%-ponttal csökkent. A napraforgó, a repce százalékos aránya nagyobb mértékben, míg a zab és a rozs kisebb mértékben növekedett.



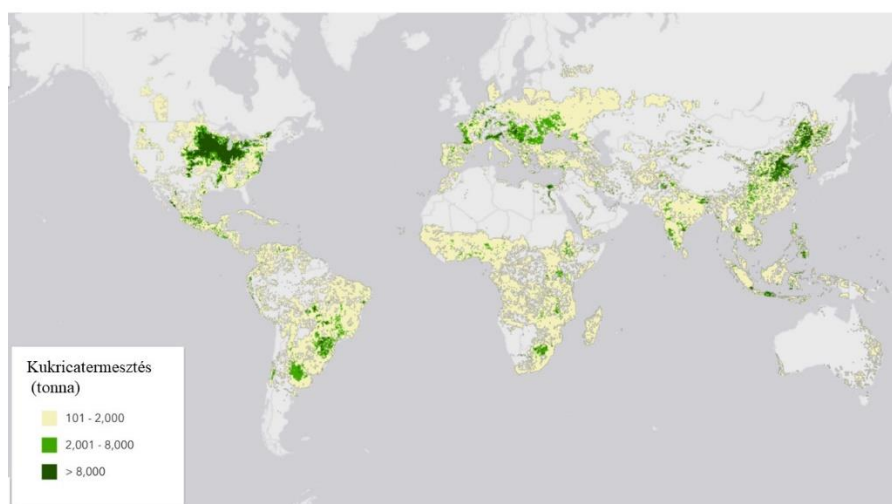
2. ábra: A kukorica termőterülete Magyarországon 1990-2000 és 2017-2023-as év között
(Forrás: KSH, 2024)

Sokoldalú felhasználhatósága miatt a kukorica igen kedvelt növény. Hazánkban elsősorban takarmányozásra használják fel, abraktakarmányként dara formájában vagy takarmánytápokba keverve. Magas keményítő és fehérjetartalma miatt fontos energiaforrásként szolgál. Átlagos fehérjetartalma 7-10% között van, ami a takarmány fehérje-szükségletének 40%-át biztosítja (Bíró és mtsa. 2015).

Zöldtakarmányként való felhasználása háromféleképpen történik: silókukoricaként, szilázsként és csalamádéként. Zöldtakarmányként a szarvasmarha állomány takarmányozásában van jelentős szerepe (Kovács 2019).

A humán táplálkozásban legfőképpen a csemegekukorica, a pattogatott kukorica és a kukoricaliszt felhasználása terjedt el. Nagyobb arányokban emberi fogyasztásra csak Indiában, Braziliában, Portugáliában és Mexikóban használják nagy energiatartalma és jó emészthetősége miatt. Ipari felhasználhatósága is széleskörű. Felhasználják az étolaj, a cukor, a keményítő és szesz előállításához is. A magas keményítőtartalmú hibridekből bioetanolt állítanak elő, ami üzemanyagként szolgál (Tóth és mtsa. 2014).

A kukoricatermesztés sikeressége szempontjából az egyik legjelentősebb tényező egy terület éghajlata. Napjainkban a Földön a legnagyobb kukoricatermesztő országok sorrendben az Amerikai Egyesült Államok, Kína, Brazília, az Európai Unió, Argentína, India, Ukrajna, és Mexikó. Ez a felsorolás azonban nem teljes, ezért az 3. ábrán láthatjuk a fő kukoricatermesztő körzeteket a világon (Teng és mtsa. 2020).



3. ábra: kukoricatermő területek a világon, ahol a színskála a kukoricatermesztés volumenét mutatja tonnában kifejezve (Forrás: USDA)

2.2. A kukorica környezeti igényei

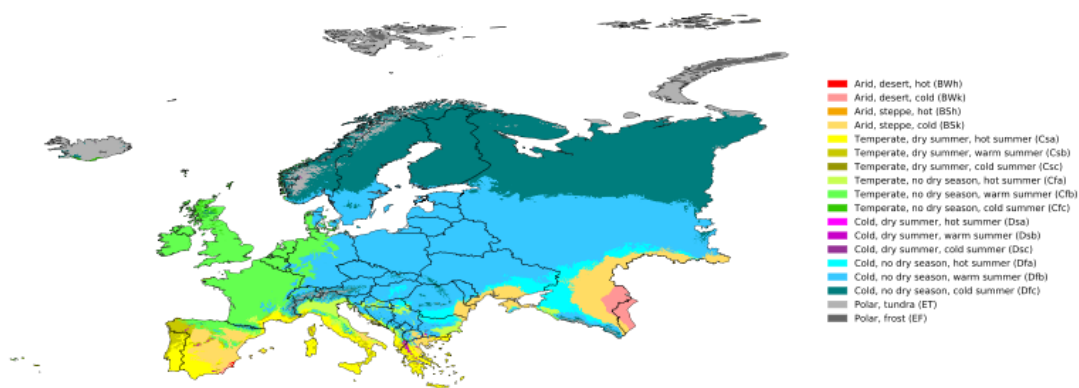
2.2.1 Magyarország éghajlati adottságai

Humboldt és Bonpland (1807), valamint Grisebach (1866) felismerték, hogy hasonló klímában hasonló a növényzet is. Meggyőződésük volt, hogy ha vannak is különbségek a hasonló klímák növénytársulásai között, ezek a különbségek kisebbek, mint a hasonlóságok. Ez a felismerés a generikus éghajlat-osztályozásnak az alapja (Ács-Breuer 2013).

Az éghajlat osztályozási módszernek két csoportját különböztetjük meg. Az empirikus és az egzakt, számszerűsítő eljárásokat. Tovább csoportosíthatók ún. generikus vagy leíró, valamint ún. genetikus módszerekre. Legszélesebb körben a leíró módszerek terjedtek el, amelyek a növényzet és az éghajlat makro-skálájú területi eloszlásának kapcsolatán alapulnak. A legelső és legismertebb ilyen osztályozást Wladimir Köppen (1936) alkotta meg (4. ábra). A genetikus módszerek osztályozását a légkörzés folyamatai és szerkezete alapján végzik. A Föld légtömeg-, front- vagy szélviszonyait veszik alapul.

Magyarországon a leíró módszerek terjedtek el (Ács 2014). Hazánk nagy része a Köppen-Geiger-féle klímaosztálya szerint az enyhébb telű „C” klímaövbe tartozik. A középhegységek 350-400 méternél magasabb részei a „D”, hideg-mérsékelt övbe esnek, ahol a januári középhőmérséklet alacsonyabb, mint -2°C . Az Alföld északkeleti része (Szabolcs-Szatmár-Bereg és Borsod-Abaúj-Zemplén vármegye) is a hideg-mérséklet „D” övbe tartozik (Szelepcsényi 2009).

Köppen már 1901-ben Magyarországot a kukorica éghajlatú „Cfa” vidékek közé sorolta, amelyeket a kora nyári és őszi csapadékminimumok jellemzik forró nyárral és száraz utónyárral. (Justyák 1995). A „Cfa” klíma esetében a legmelegebb hónap középhőmérséklete meghaladja a 22°C -ot, míg a „Cfb” típus esetében nem (Szelepcsényi 2009).



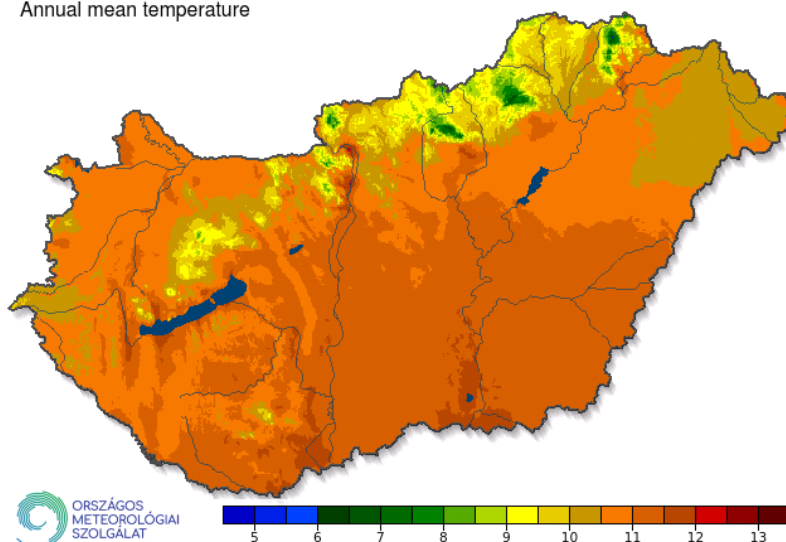
Source: Beck et al.: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, Scientific Data 5:180214, doi:10.1038/sdata.2018.214 (2018)

4. ábra: Köppen-Geiger klímaosztályok Európában az 1980-2016 közötti évek adatai alapján
(Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KoppenGeiger_Map_Europe_present.svg)

Magyarország éghajlatára változékonyság jellemző. Országon belül jelentős különbségek fordulhatnak elő az időjárásban. A változékonyság oka, hogy hazánk éghajlatára az óceáni, kontinentális és a mediterrán éghajlat egyaránt hatással van. Ezek a klímátípusok közül bármelyik hosszabb-rövidebb időre uralkodóvá válhat (Pongrácz és mtsai 2014).

A levegő hőmérsékletének eloszlását legnagyobb mértékben befolyásoló tényezők a földrajzi elhelyezkedés, a tengerszint feletti magasság és a tengerektől vett távolság. Magyarország túlnyomó részén az évi középhőmérséklet (5. ábra) 10 és 11,5°C között alakult 1991-2020-as időszak között (HungaroMet).

Átlagos éves középhőmérséklet [°C] (1991-2020)
Annual mean temperature

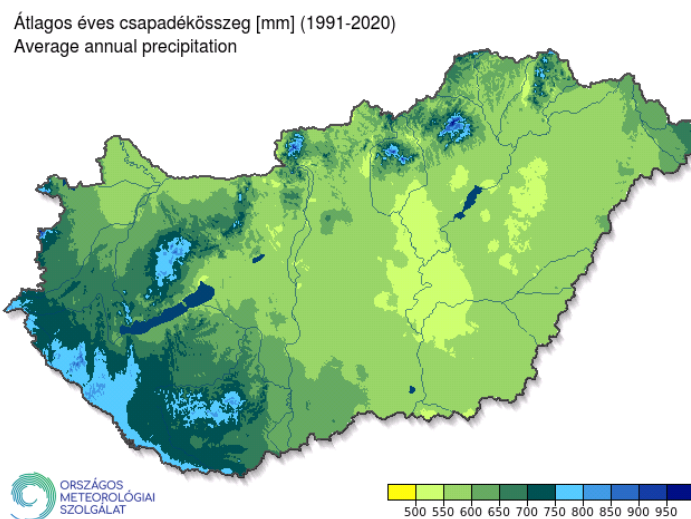


5. ábra: Az évi középhőmérséklet (°C) az 1991-2020 közötti időszak alapján
(Forrás: www.met.hu)

Jól tükrözi a domborzatot az évi középhőmérséklet térképe, továbbá a szibériai anticiklon hűtő, valamint a Földközi-tenger melegítő hatását, amelynek köszönhetően az évi átlaghőmérséklet területi eloszlása délnyugat-északkelet irányú csökkenést mutat (Bartholy és mtsai 2005). A legalacsonyabb értékek az Északi-középhegységben és a Bakonyban jelennek meg, a középhőmérséklet itt általában 9°C körül alakul. Kisebb területeken előfordulnak 8°C alatti értékek is, mint pl.: Börzsöny, Mátra, Bükk, Zempléni-hegység. Síkvidéken általában a normál érték 10,5-11,5°C, a déli határ közelében előfordul 11,5°C feletti éves átlag is (Horváth és mtsai 2014).

A csapadékviszonyokat tekintve tájaink között jelentős eltérések vannak. 1991-2020-as időszakban az évi átlagos csapadék 500-800mm között alakult (HungaroMet).

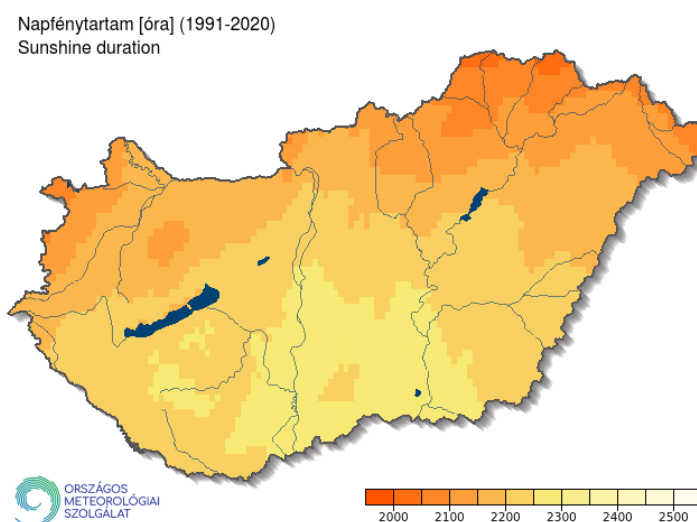
Az évi csapadékösszeg területi eloszlását befolyásoló tényezők a domborzat, a Földközi-tenger és az ott uralkodó mediterrán éghajlat hatása, valamint az Atlanti-óceán is. A növekvő távolság a tengerektől csapadékösszeg csökkenésében mutatkozik meg (6. ábra). A csapadékhozam növekedését eredményezi a magasságnövekedés, 100m-es magasságnövekedés kb. 35 mm-rel növeli az éves csapadékmennyiséget (Szalai és mtsai 2011).



6. ábra: Átlagos évi csapadékösszeg (mm) az 1991-2020 közötti időszakban
(Forrás: www.met.hu)

Az ország délnyugati része, valamint a magasabban fekvő területek a legcsapadékosabbak. A Bükk területén akár a 800 mm is meghaladhatja. Ezzel ellentétben a legszárazabb területek a Zagyva, a Tisza és a Hármas-Körös mentén fekvő egybefüggő terület. Itt a lehulló csapadék mennyisége 500-550 mm. Általánosságban megállapítható, hogy az évi csapadékösszeg Délnyugatról Északkelet felé haladva csökken (Pongrácz és mtsai 2006).

A kultúrnövények szempontjából nem elhanyagolható a napfénytartam sem (7. ábra). Napfénytartamon azt az időtartalmat értjük, amíg a felszín közvetlen sugárzás éri. A napfénytartamot befolyásoló tényezők közé soroljuk a csillagászatiag lehetséges napfénytartamot, a domborzatot és a felhőzetet. A felhőzet a napsütést még a besugárzásnál is erősebben befolyásolja (Bartholy és mtsa 2006).



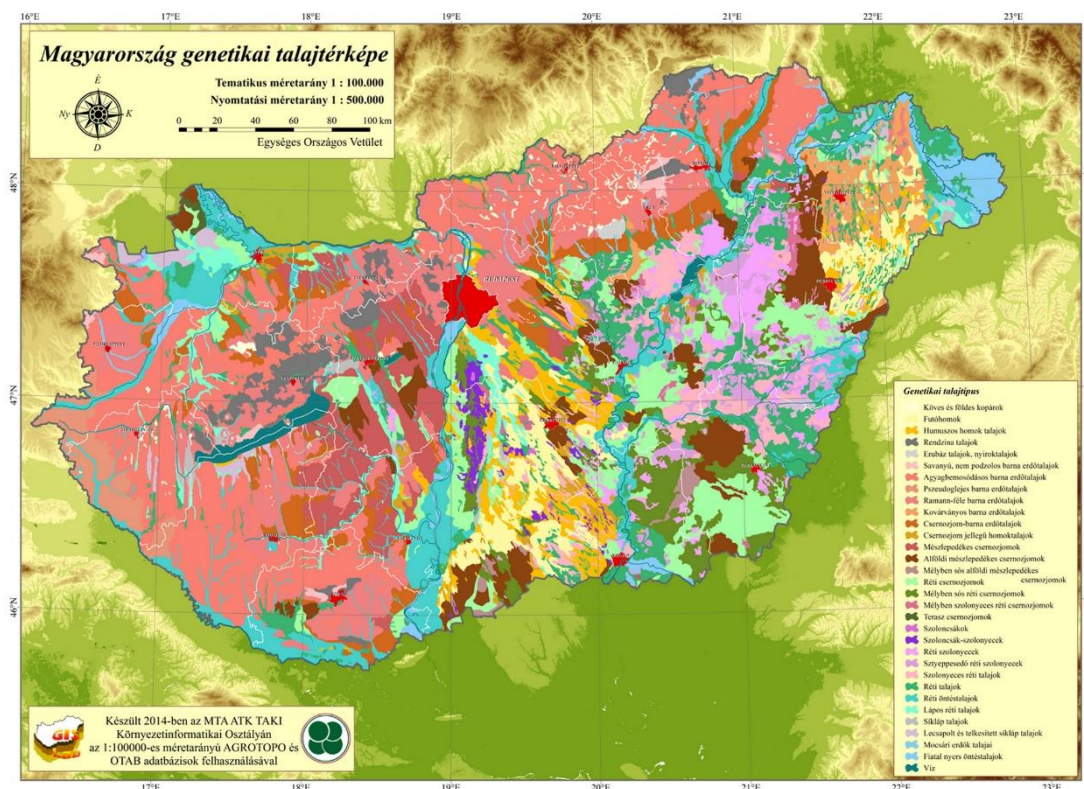
7. ábra: Évi átlagos napfénytartam (óra) Magyarországon, 1991-2020, műholdas adatok alapján (Forrás: met.hu)

A műholdas adatok alapján Magyarországon 1991-2020 között időszakban az évi napfénytartam átlagosan 2115 óra. Az Alföld déli részén jellemző a legtöbb, 2280 óra fölötti évi napsütés. A kevésbé napos területeken, a hegyvidéki tájakon, valamint az Alpokalján 2040 óránál is kevesebb az évi napfényösszeg (HungaroMet).

A leghosszabb nappalok júniusban vannak, de a maximális napfénytartam júliusban csúcsosodik ki (Kakas 2014).

2.2.2 Magyarország talajadottságai

A környezeti tényezők közül a talajnak és az időjárásnak (hőmérséklet, csapadék) van a legnagyobb hatása a kukorica termésmennyiségére. A kukoricának igen jó a talajhoz való alkalmazkodóképessége. Az ország talajai változatosak (8. ábra), az Alföldet réti, mezősi, homok, mésztelen szik és öntéstalajok jellemzik. A Dunántúli dombvidékre fakó-, rozsdabarna és barna erdőtalaj jellemző, míg a Kisalföld térségét az öntéstalajok uralják (Pepó 2010).



8. ábra: Magyarország talajtérképe (Forrás: agrobio.hu)

Magyarország talajtakarója változatos, mozaikosan tarka. Az alábbi fő típusok jellemzők: köves, sziklás váz talajok, barna erdő talajok, mezősi talajok, hidromorf talajok, szikes talajok, láptalajok, öntéstalajok (Kovács 2019).

Hazánk talajainak 31%-a jó vízgazdálkodású, 26%-a mérsékelten kedvezőtlen, 43%-ának kedvezőtlen a vízszolgáltató képessége (Szieberth-Széll 1998).

A kukorica a talaj minőségével szemben igényes. A termés eredményét nagyban befolyásolja a talaj kultúrállapota, tápanyagellátottsága, tápelem-összetétele, víz- és hőellátottsága. A kukorica akkor ad kiemelkedő terméseredményt, ha a talaj jó vízellátottságú, levegős, mély termőrétegű (Szentés 2022).

Elsősorban a talajok fizikai és genetikai tulajdonságai határozzák meg a kukorica igényeinek kielégíthetőségét. Fejlődéséhez, gyökérzetének kialakulásához szükséges optimális víz-levegő arányt leginkább a vályog típusú talajok biztosítják. A kukorica számára legalkalmasabb talaj pH-érték 6,6-7,5, de képes elviselni az 5,5-8 pH-értékű talajt is. Folyamatosan gondoskodni kell a termőtalajok kalciummal való telítettségéről, hogy növeljük a talajok tápanyag-szolgáltató képességét. A termésátlagot befolyásolja a talaj szerkezete, víz- és hő gazdálkodás valamint a víztartó képessége is (Menyhért 1985).

A kukorica sikeresen termesztethető jó vízgazdálkodású, levegős, könnyen felmelegedő, mély termőrétegű csernozjom, réti csernozjom, barna erdőtalajon, de fontos mély talajlazítást végezni, mert érzékeny a talajok légátjárhatóságára (Zahorán 2020).

2.2.3 A kukorica éghajlat igénye

Mivel a kukorica melegigényes növény, termesztetőségét a hőmérséklet határozza meg. Érzékeny a tavaszi hűvös időjárásra. Ha a májusi hónapban alacsony a hőmérséklet a levelei megsárgulnak és megáll a növekedése. Érzékeny a késő tavaszi fagyokra, de ha fejlett állapotában éri a fagy, akkor újra kihajt. A nyári időszakban a csapadék hiánya miatt szenved (Pepó 2006).

A kukorica fejlődése 30-33°C-on a leggyorsabb. Olyan térségben nem termesztendő, ahol a nyári átlaghőmérséklet 19°C, az éjszakai 13°C alatt van. Ugyanis az alacsony hőmérséklet hátráltatja a kukoricát az egyenletes gyors fejlődésében. A 24-26°C a legkedvezőbb a címerhányás és az érés időszakában (Varga- Haszonits 2003).

A kukorica csapadékgénye jelentős. A vegetációs időszak során (május, július, augusztus) a legnagyobb a csapadékgénye. A hónapok csapadékösszege el kell, hogy érje egyenként a 40-65 mm-t. Átlag feletti termésre akkor számíthatunk, ha a csapadékösszeg eléri a 270-410 mm-t, és az évi csapadékmennyiség az 500-720 mm-t (Pepó 2009).

A termésátlagot jelentős mértékben befolyásolja a vegetációs időszak effektív hőösszege. Kedvező, ha az értéke 1250-1750°C között van. A kukorica számára előnyös, ha a napi középhőmérséklet április 15. előtt meghaladja tartósan a 10°C-ot és ez alá csak október 20. után esik, mert így elérhető, hogy a vegetációs időszak meghaladja a 185 napot (Ángyán 1987).

A talajhőmérséklet szerepe egyre kisebb jelentőségű a kukorica fejlődésének előre haladtával. A hajtásnövekedés optimális hőmérséklete 25-35°C között van. A levélnövekedés sebessége nappal a csapadék mennyiségével, éjszaka pedig a hőmérséklettel van szoros összefüggésben (Menyhért 1985).

2.3 A kukorica termesztés-technológiája

2.3.1 Talajművelés

A jó minőségű talajművelés érdekében fontos az eszközválasztás, milyen műveleteket, művelési módot és talajművelési rendszert alkalmazunk, ami számos körülménytől függ (talajállapot, talajtípus, éghajlati-időjárási körülmények, a termesztett növény sajátos igénye, a terület gyomfertőzöttsége, a vetésváltás). A hazánk földrajzi elhelyezkedéséből adódó mérésenként száraz viszonyok között a talajművelési rendszer tervezésénél elengedhetetlen a nedvességtakarékos talajművelési eljárások elsődlegessége (Nagy 2007).

A kukorica fejlődéséhez a kedvezőbb feltételeket az őszi mélyszántás és lehetőleg a minél kevesebb tavaszi talajmunka teremti meg. Amerika kukorica övezetében általános a csökkentett és a no-tillage (talajművelés nélküli) művelési rendszer alkalmazása. Ezt a csökkentett talajművelési eljárást a talajerózió megfékezésére használják (Triplett és mtsa 2008). Azonban a felszínen maradt szármaradványok kiváló életfeltételeket biztosítanak a kártevőknek. Ha nem dolgozzuk be a talajba a szármaradványt, komoly kukoricamoly kártétellel kell számolni. Azonban nemcsak a moly tud kárt okozni, hanem a lárvája is, amely a kukorica csövét rágja és a rágáson keresztül megkönnyíti a fuzárium megtelepedését (Szél 2014).

A talajművelés célja a talaj vízgazdálkodásának javítása, a téli csapadék megőrzése, a gyomok irtása, a talajbaktériumok tevékenységének és a tápanyagok feltárásának előmozdítása, a vetés idejére mélyen porhanyós, üledett, rögmentes magágy biztosítása. A talaj-előkészítő munkák az elővetemény lekerülése után a tarlóhántással kezdődnek, amelynek célja a nyári és a nyárvégi csapadék befogadása (Birkás 2006).

2.3.2 Elővetemény hatás

A kukorica az előveteménnyel szemben nem igényes növény, ezért könnyen alkalmazható vetésforgóban. Fontos azonban, az őszi talajmunkák időben való elvégzése (Nagy 2010).

Jó elővetemények közé tartoznak azok a kultúrák, amelyek korán lekerülnek, nem hagynak sok szármaradványt és időben el lehet kezdeni a talaj előkészítést.

Mint például az őszi búza, őszi árpa, lucerna, repce, csemegekukorica.

A közepes elővetemények közé tartozik a napraforgó, korai burgonya, kukorica, silókukorica. Sokszor nagy mennyiségű, nehezen lebomló szármaradványt hagynak maguk után (Németh 2009).

Rossz előveteménynek számít a szudánifű, a silócirok, aszályos évjáratban a lucerna a cukorrépa és a monokultúrás termesztése (Iványi és mtsai 1994).

2.3.3 Magágy készítés és vetés

Az egyik legfontosabb talajművelési munka a megfelelő magágy elkészítése. Célja, hogy gyors és megfelelő kelést biztosítson.

A tavaszi magágykészítés eredményességét nagymértékben befolyásolják az őszi talaj elmunkálások (Arvidson és mtsai 2004).

A megfelelő magágy elkészítése során az alábbi szempontokat kell figyelembe venni: a talaj vetési mélységének megfelelő lazítása, porhanyítása; egyenetlen talajfelszín követése; egyenletes mélységű, aprómorzsás réteggel borított, tömör alapú magágy létrehozása; gyomnövények irtása; műtrágyák és vegyszerek megfelelő talajba munkálása. Fontos továbbá még a csapadékmegőrzés, gyors felmelegedést biztosító magágy kialakítás, vetés előtt kijutatott vegyszerek talajba dolgozása (Bescansa és mtsai 2006).

A vetés ideális időpontja az, amikor a talaj hőmérséklete a vetés mélységében tartósan eléri a 10-12°C-ot (Árendás 2000).

2.4 A hazai kukoricanemesítés története

A kukorica nemesítés Magyarországon a XIX. század második felében jelent meg. Hazánk egyik leghíresebb nemesítője Baross László volt. 1895-ben Bánkúton foglalkozott kukorica nemesítéssel. Az ő nevéhez fűződik a „Bánkúti” kukoricafajta.

1909-ben alakult meg az Országos Nemesítő Intézet. 1916-ban bevezették a nemesített növényfajták állami törzskönyvezését, amely előrelépést jelentett a fajta tulajdonviszonyainak meghatározása érdekében (Tóth 2005).

A klasszikus heterózis hatáson alapuló hibridizációs nemesítés az 1930-as évektől kezdte meg térhódítását hazánkban.

Fleischmann Rudolf a kukorica mellett 30 növényfaj nemesítésével foglalkozott. 1914-ben ő vezette be a családnemesítési elveket. Fajhibridek keresztezésével jól fattyasodó silókukoricát nemesített ki 1924-ben. 1933-ban két kukoricafajta keresztezésével állította elő a Fleischmann-féle lófogú heterózis kukoricát, amelyet Óvári-4 néven ismertek el 1953-ban.

Az 1960-as évektől jelentek meg az intenzív termelésre alkalmas hibridek. Papp Endre volt a kezdeményezője hazánkban a beltenyésztett vonalakon alapuló hibridizációnak. Martonvásári 5 névre hallgató kukorica hibrid is az ő nevéhez fűződik.

Kezdetben négyvonalas hibridek nemesítésével foglalkoztak, azonban 1968-ban már elismerték az első kétvonalas hibrideket is (Pál 2010).

A Szegedi Gabonakutató Intézetben Fehér Károly és Németh János foglalkozott korai éréscsoportba tartozó hibridkukorica nemesítéssel. A II. világháború után csak állami cégek foglalkozhattak nemesítéssel. Ez Martonvásár és Szeged feladata volt kukorica tekintetében. A rendszerváltás után alakult meg az első magán kukoricanevelítő intézet, a Kiskun Kutatóközpont Kft. Alapítója Dr. Samír Rády. Munkáját testvére, Dr. Adel Rády segítette. Kettejük nevéhez összesen 126 államilag elismert kukoricahibrid köthető (Rády és mtsai 2006).

A magyar kukoricanevelítés intézményeit súlyosan érintette a multinacionális cégek térhódítása. A három hazai nemesítőház (Szeged, Martonvásár, Kiskunhalas) összesen a piac 5%-át birtokolja (Szabó és mtsai 2012).

2.5 A kukoricahibridek nemesítésének céljai

A kukoricahibridek nemesítése az agronómiai és gazdasági kihívásokra adott válasz, melynek célja a növény termőképességének és alkalmazkodóképességének javítása.

Nemesítési célkitűzések között szerepel:

- Termelőképesség növelése: A termés hozam maximalizálása az elsődleges cél, amely összefügg a jobb genetikai potenciállal és az agronómiai kezelésekkel.
- Alkalmazkodóképesség javítása: Ide tartozik a stressztolerancia növelése, szárazságtűrés, hidegtűrés, hibridtolerancia. Célja, hogy a hibridek hatékonyan reagáljanak a klímaváltozás okozta kihívásokra, beleértve az egyre szélsőséesebb időjárási körülményeket.
- Betakarításkor alacsony szemnedvesség tartalom: Fontos tényező a tárolás és feldolgozás érdekében (Hussain et al 2010).

Herbicidrezisztencia kialakítása: Kulcsfontosságú a hatékony gyomirtás és a fenntartható növénytermesztés szempontjából. Az imidazolinon- és szulfonilurea-származék hatóanyagok gátolják az acetolaktát-szintetáz és az acetohidroxiecsav szintetáz enzim működését. Ezek az enzimek a kloroplasztisban találhatóak, a vegyszerek akkor fejtik ki hatásukat, amikor a növény már működő kloroplasztissal rendelkezik (Vasal és mtsai 2015). Kukoricában az első ellenálló vonal az XA17 volt 1982-ben. Teljes ellenállóságot csak homozigóta formában

mutatott. Heterozigóta formában teljes értékű volt az X112. Megkezdődött ezeket a géneket tartalmazó sejteknek az izolálása, a rezisztenciagént tartalmazó vonalelőállítás (Pepó 2010).

A nemesítési célok közé egyre inkább beépül a fenntarthatóság kérdése is. Az erőforrás-hatékony termesztési módszerek kialakítása, valamint a talaj-és vízmegőrzési technikák figyelembe vétele egyaránt fontos szerepet játszik a modern nemesítési programokban, A génszerkesztés új lehetőségeket kínál a kívánt tulajdonságok gyorsabban és precízebb bevezetésére a kukoricahibridekben, miközben a biotikus és abiotikus stresszfaktorokkal szembeni ellenálló képesség is tovább fejleszthető (Varga és mtsai 2003).

2.6 A környezeti tényezők hatása a kukorica produktivására

A talajok környezeti érzékenysége azt fejezi ki, hogy a talaj hogyan viselkedik az antropogén, vagyis a nem-természetes és a természetes eredetű hatásokkal szemben és azokat meddig és mennyire képes tompítani. A stresszhatások következményei a „hatás-specifikus környezeti érzékenység” ismeretében előre jelezhetővé, esetleg kiküszöbölhetővé válnak (Várallyay 2003). A talaj környezeti érzékenysége stressz-specifikus tulajdonság, amely a talajban lejátszódó élő és élettelen folyamatok függvénye (Várallyay, 2004).

A klímaváltozás vagy éghajlat ingadozás is tekinthető a talajokra ható természetes eredetű stresszhatásoknak. A talajok klímaérzékenysége elsősorban a hőmérsékleti és csapadékviszonyokban fellépő anomáliák okozta stresszhatásokkal szembeni talajreakciók jellemzésére szolgáló hatáspecifikus környezeti érzékenység (Birkás 2007). Az éghajlat hatása a növénytermesztésre összetett: egyrészt feltételrendszerként működik, meghatározva, hogy mely növények mikor termeszthetők. Másrészt erőforrásként szolgál, hiszen szabályozza a szén-dioxid és vízellátást, valamint biztosítja a fotoszintézishez szükséges energiát. Emellett kockázati tényezőt is jelent, mivel az éghajlati elemek szélsőséges értékei veszélyeztethetik a termelést (Varga-Haszonits, 2003). A termés nagyságát befolyásoló talaj:klíma hatásarány 0,7:0,3 értékű. Az időjárási szélsőségek fokozódó tendenciát mutatnak, amelyek a termések ingadozásának növekedését vonja maga után (Kismányoky, 2005).

Számos nemzetközi és hazai tanulmány készült, hogy feltárja a növényi produkcióban bekövetkező változások okát adott növényfajok, talajok és klímaszcenáriók esetében. Késmárki (2005) vizsgálta a klímaváltozás hatásait őszi búza, kukorica és lucerna terméseredményeit a mosonmagyaróvári Duna öntéstalajokon. Igazolta, hogy a kukorica tenyészidőhosszának, évjáráthatástól függetlenül, termésnövelő hatását, illetve az talajvíz talajaszályt csökkentő szerepét.

Varga-Haszonits és Varga (2005) Nyugat-Magyarország területén vizsgálták a kukorica terméshozamának és a klíma kapcsolatát. Megállapították, hogy elsősorban a nedvességellátottság játszik szerepet a kukoricatermés kialakításában. A termésmennyiség és a tenyészidőszak hossza között gyenge kapcsolatot találtak. Véleményük szerint, a termikus tényezők másodrendű szerepére utal a termés kialakításában.

2.7 A kukorica hibrid megválasztásának szempontjai

A kukorica hibrid megválasztásakor figyelembe kell venni az adott terület adottságait; a tenyészidőszak hosszát, a fajta gazdasági értékét. A FAO-szám a kukorica hibridek egymáshoz viszonyított, adott helyen és időben mért adatai alapján számított tenyészidőt értjük. A tenyészidőszak meghatározására 9 féle érési csoportot határoztak meg (1. táblázat). Az érési csoportokat FAO-számmal jelölik, 0-tól 999-ig terjedhet (Döbrösi 2010).

1. táblázat: Kukorica hibridek érésidő szerinti csoportosítása

(Forrás: <https://agrarium7.hu/cikkek/1384-korszeru-es-eredmenyes-kukoricatermesztes> alapján saját szerkesztés)

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

A kukoricatermés eredményeit nagymértékben befolyásolják az adott év agrometeorológiai viszonyai. Ez különösen igaz azokra az évjáratokra, amikor az időjárási körülmények, a hőmérséklet és csapadék viszonyok szélsőségesen alakulnak. A kedvezőtlen időjárási viszonyok még a megfelelő agrotechnika és hibrid választása ellenére is nagymértékben tudja befolyásolni a termésátlagok alakulását (Szentés 2022).

Ilyen szempontból tanulságos volt a 2020-as és a 2021-es évjárat. A két év tenyészidőszakának agrometeorológiai viszonyai az átlagostól erősen eltérőek voltak. A 2020-as tenyészidőszak hőmérsékleti viszonyai az átlagoshoz képest jelentősen hűvösebbnek bizonyultak, a lehullott csapadék mennyisége június-augusztus hónapokban a sokéves átlag felett alakult. A 2021-es évjáratot ezzel szemben, többszöri erős hőhullám és a nyári hónapokban szélsőségesen kevés csapadék jellemezte (Jolánkai és mtsa. 2022). Az egymást

követő két évjárat tenyészidőszakát megelőző őszi-téli, illetve a vetés-kelés időszakát hasonló időjárási körülmények jellemezték. A 2021-es év június közepétől július közepéig tartó egyhónapos időszakban fellépő hóhullámok és ez mellé súlyos csapadékhiány társult, ami jelentősen károsította a kukorica normális fejlődését (Nagy 2022).

2.8 A kukorica fajtakísérleti metodikája

Fajtakísérletet alapvetően az a szervezet vagy személy végezhet, aki rendelkezik megfelelő engedélyekkel, szakértelemmel, valamint az előírt jogi és technikai feltételekkel. Magyarországon ilyen például a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH). A NÉBIH jogszabályi felhatalmazással rendelkezik a fajtakísérletek megszervezésére és végrehajtására, különösen a fajtavizsgálatok és fajtaelismerések terén. A NÉBIH által végzett kísérletek célja, hogy új fajtákat minősítsenek, ellenőrizzék azok teljesítőképességét és alkalmazkodóképességét.

A Fajtakísérleti Állomásoknak a következő adatokat kell rögzíteniük:

- Vetési idő: Az a nap, amikor a kísérlet vetése megtörtént.
- Kelés napja: Az a nap, amikor az állomány 50%-a kikelt.
- Kezdeti fejlődés erőssége: Kezdeti fejlődés erőssége (6-8 leveles állapotban felvételezve, 1-9 értékszám adható, ahol a 9 a legjobb)
- Nővirágzás ideje vetéstől: Az a nap, amikor az I., II, III és IV. ismétlés 2. és 3. sorában a növények 50 %-án 2 – 3 cm nagyságú bibe látható.
- Szárszilárdsági hiba %: Betakarításkor minden ismétlés 2. 3. sorában számolva kell megállapítani, külön a 45°-nál jobban megdőlt és többől kidőlt tövek száma. Külön fel kell jegyezni a cső alatt letört tövek száma.
- Szemnedvesség mérések:
 - o Nővirágzást követő 6. hét hétfőjén kezdődik a standard fajták szemnedvességének a mérése, hetente ismételve. Szuperkorai éréscsoport esetén már a 4. hét hétfőjén kezdődik. Hetente ismételve az I. és III. ismétlés 1. sorában.
 - o Amikor a Standardok átlaga eléri a 25%-os szemnedvességet, akkor az I. és III. ismétlés 1. sorában az összes fajtajelölt esetében megmérjük.
 - o Amikor a Standardok átlaga eléri a 20%-os szemnedvességet, akkor az I. és III. ismétlés 1. sorában az összes fajtajelölt esetében megmérjük.

- Betakarításkor a szemnedvesség mérése történhet kalibrált kombájn műszerrel, szárítószekrénnel vagy a kukoricára kalibrált hordozható gyors nedvességmérővel.
- Termésmennyiség: A 2. és 3. sorok betakarításával nyert nyers termés tömege.

3. SAJÁT VIZSGÁLATOK

3.1 Anyag és módszer

3.1.1 A kísérletek helyei és körülményei

Dolgozatomban a középérésű (FAO 300-499) szemeskukorica terméseredményeit vizsgáltam 2017-2023 közötti időszakban. A kísérleti eredmények az iregszemcsei, szombathelyi és székkutasi NÉBIH Fajtakísérleti Állomásokról származnak (9. ábra).

A kísérleti helyek talajtípusai:

- Szombathely: Ramann-féle barna erdőtalaj
- Székkutas: mészlepedékes csernozjom
- Iregszemcse: mészlepedékes csernozjom

A 2. táblázat tartalmazza a különböző kísérleti helyszínek talajvizsgálati eredményeit. Szombathelyen viszonylag alacsony humusztartalmú, közepesen kötött agyagos vályog barnaföld található. Iregszemcsén a talaj közepes humusztartalmú (kb. 2,3%), közepesen kötött vályog talaj. Székkutason a három vizsgálati helyszín közül legmagasabb a humusztartalom (3-4% között), míg az Arany-féle kötöttség szerint a legkötöttebb 45-50 közötti értékekkel (agyagos vályog).



9. ábra: A 3 kísérleti helyszín elhelyezkedése Magyarország területén

2. táblázat: A 3 kísérleti helyszín talajvizsgálati eredményei 2017-2023-as év között

Szombathely							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elővetemény	szója	szója	szója	szója	szója	szója	szója
Humusztartalom (%)	1,8	1,9	1,9	2,4	2,19	2,11	2,35
Aranykorona-érték	-	-	-	-	-	-	-
Arany-féle kötöttség (K _A)	43	47	42	41	44	42	37
pH	5,8	5,5	5,75	5,7	5,32	5,2	5,9
Székkutas							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elővetemény	őszi búza	őszi búza	őszi búza	őszi búza	őszi búza	-	őszi búza
Humusztartalom (%)	3,25	3,42	3,72	3,81	2,91	-	3,52
Aranykorona-érték	30	30	30	30	35	-	35
Arany-féle kötöttség (K _A)	48	50	49	43	47	-	46
pH	7,1	7,07	7,12	7,03	7,06	-	6,98
Iregszemcse							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elővetemény	őszi k.repce	őszi búza	őszi búza	őszi k.repce	őszi k.repce	őszi k.repce	őszi búza
Humusztartalom (%)	2,3	2,35	2,37	2,37	2,35	1,68	2,37
Aranykorona-érték	38	38	38	38	38	39	38
Arany-féle kötöttség (K _A)	38	42	40	40	42	42	40
pH	7,14	7,47	7,25	7,25	7,47	7,39	7,25

3.1.2 A kísérletek beállításának módja

1. Szombathely:

A kísérletek négy ismétlésben kerülnek beállításra. A parcella bruttó területe: 25,76m² (sortávolság: 0,70 cm). A talajművelés őszi mélyszántással indul november hónapban. Tavasszal a talaj lezárását simítóval végzik. Simítás után, áprilisban történik a műtrágya kijuttatása. Ezután a magágyat 10-12 cm mélyen kombinátorral készítik elő. Ezt követően megtörténik a terület, parcellák kimérése. Minden parcella 2,8m széles és 9,2m hosszú és 4 sorból áll. A vetés Hege parcellavetőgéppel történik, a szükséges töszámhoz képest 10% rátartással. Vetés után a terület gyomirtása következik, preemergensen. Kelés után kezdődik a parcellák kialakítása. Az a növény eltávolításra kerül, amely a parcellán (9,2m) kívülre esik. A

kukorica 4-6 leveles állapotában tőszámbeállítást végeznek soronként. Betakarítás előtt tőszámolást kell végezni a betakarítandó sorokon (2 középső sor). Meghatározásra kerül a megdőlt és kitört tövek száma is. A betakarítás 2 soros parcella Sampo 2010 típusú kombájnnal történik. A kombájn oldalán van felszerelve az automata mérő rendszer. Ez méri a súlyt és a nedvességet is, amit a komputer rögzít, valamint szalagra is nyomtat. Mérés után levegő szállítja a magot a magtartájba. Mintát kukoricából nem szoktunk venni.

2.Székkutas:

A kísérletek négy ismételtsben kerülnek beállításra. A parcella bruttó területe: 27,6m² (sортávolság: 0,75m). A talajművelés őszi mélyszántással indul november hónapban. Tavasszal a talaj lezárását fogas+simitóval végzik február végén-március elején. Áprilisban vetés előtt közvetlenül történik a műtrágya kijuttatása. Ezután a magágyat 10-12 cm mélyen forgóboronával készítik elő. Ezt követően megtörténik a terület, parcellák kimérése. Minden parcella 3,0m széles és 9,2m hosszú és 4 sorból áll. A vetés Wintersteiger parcellavetőgéppel történik, a szükséges tőszámhoz képest 10% rátartással. Vetéssel egy menetben történik a talajfertőtlenítő kijuttatása is. Vetés után a terület gyomirtása következik, preemergensen.

Kelés után kezdődik a parcellák kialakítása. Az a növény eltávolításra kerül, amely a parcellán (9,2m) kívülre esik. A kukorica 4-6 leveles állapotában posztemergens gyomirtást, majd ezt követően néhány nappal sorközművelő kultivátorozást végeznek. Ez után következik a tőszámbeállítás, soronként. Sorzáródás előtt, a kukorica 6-8 leveles állapotában történik a cink pótlása. Betakarítás előtt tőszámolást kell végezni a betakarítandó sorokon (2 középső sor). Meghatározásra kerül a megdőlt és kidőlt, illetve a cső alatt letört tövek száma is. A betakarítás 2 soros parcella kombájnnal történik. A kombájn fülkéjében került kialakításra egy mintavevő cső. A mérleg a kombájnnra külső felületére felszerelve található, ami kapcsolatban áll egy számítógéppel, erre kerülnek fel a súlyadatok. Amikor megtörténik a 2 sor betakarítása a kombájn kezelője megnyomja a gombot, ezáltal a nyers parcellatömeg rögzítésre kerül a számítógépen. A másik személy a mintavevő csővel szemben ül. Miután rögzítésre került a parcellatömeg kinyílik a mérleg egyik ajtaja és a mintavevő csövön keresztül az erre készített zacskóba jutnak a kukoricaszemek. A minta levétele után a „felesleges” kukorica a kombájn magtárába kerül.

A mintákból határozzák meg a termés pontos víztartalmát egy kalibrált KETT PM-650 típusú nedvességmérővel.

3. Iregszemcse:

A kísérletek négy ismétlésben kerülnek beállításra. A parcella méretei 4 sor 0,76 m sortáv, 9,2 m parcella hossz, a bruttó területe: 27,968m². Betakarításra 2 sor kerül, melynek területe 13,986m².

A talajművelés őszi mélyszántással indul november hónapban. Tavasszal a talaj lezárását Hewa hengerrel végzik. A hengeres zárás után, áprilisban történik a műtrágya kijuttatása. Ezután a magágyat 10-12 cm mélyen kompaktorral készítik elő.

Ezt követően megtörténik a terület, parcellák kimérése. Minden parcella 3,04m széles és 9,2m hosszú és 4 sorból áll.

A vetés Wintersteiger parcellavetőgéppel történik, a szükséges tőszámhoz képest 10% rátartással. Vetéssel egy menetben történik a talajfertőtlenítő és a starter műtrágya kijuttatása is. Vetés után a terület gyomirtása következik, preemergensen. Szükség esetén posztemergens kezelés történik.

Kelés után kezdődik a parcellák kialakítása. Az a növény eltávolításra kerül, amely a parcellán (9,2m) kívülre esik. Közben a kezdeti fejlődés erőssége lejegyzésre kerül: pontszám 0-9-ig, ahol 9 a legjobb.

A kukorica 4-6 leveles állapotában sorközművelő kultivátorozást végeznek. Ez után következik a tőszámbéállítás, soronként.

Sorzárodás előtt, a kukorica 6-8 leveles állapotában történik a cink pótlása.

A nyíri időszakban, június környékén a virágzási időszak kerül feljegyzésre.

Betakarítás előtt tőszámolást kell végezni a betakarítandó sorokon (2 középső sor). Megszámolásra kerül a megdőlt és kitört tövek száma is. A betakarítás 2 soros parcella kombájnnal történik. A kombájn fülkéjében került kialakításra egy mintavevő cső. A mérleg a kombájn magtárályában található, ami kapcsolatban áll a tablettel. A tabletre kerülnek fel a súlyadatok. Amikor megtörténik a 2 sor betakarítása a kombájn kezelője megnyomja a gombot, ezáltal a súly rögzítésre kerül a tableten. A másik személy a mintavevő csővel szemben ül. Miután rögzítésre került az adat, egy másik gomb megnyomásával kinyílik a mérleg egyik ajtaja és a mintavevő csövön keresztül az erre készített zacskóba jutnak a kukoricaszemek. A minta levétele után a „felesleges” kukorica a kombájn magtárályába kerül.

A mintákból határozzák meg a termés pontos víztartalmát a Granomat Plus kalibrált nedvességmérővel.

Az egyes években eltérő számú kukoricahibrid került bele a fajtakísérletekbe a termőhelyeken. Ezek évenkénti számát a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Fajták/hibridek számának évenkénti alakulása 2017 – 2023 között

2017	25
2018	33
2019	32
2020	18
2021	28
2022	23
2023	26

A vizsgálatom a következő paraméterekre terjedt ki. Ezek a paraméterek minden évben és minden termőhelyen a rendelkezésemre álltak:

1. Terméshozam (t/ha),
2. Szemnedvesség (%),
3. Virágzás (Vetéstől az 50%-os nővirágzásig eltelt napok száma),
4. Szárszilárdsági hiba (%),
5. Letört tövek (%),
6. Kezdeti fejlődés erőssége (pontszám, 1-9: ahol 9 a legjobb)

Annak érdekében, hogy az adatokat több szempontból is megvizsgáljam, az eredményeimet a következő csoportokra osztottam, az eredmények bemutatása is ezt a logikát követi:

1. Éréscsoportok szerinti csoportosítás (4.táblázat), és eredmények bemutatása
2. Helyszín szerinti csoportosítás, és eredmények bemutatása

Az egyes termőhelyen mért paramétereket meteorológiai tényezőkkel is összevetettem. A meteorológiai adatok közül, amit a HungaroMet adatbázisából (www.met.hu) töltöttem le, a következő tényezőket vizsgáltam:

1. Tenyészőidőszak átlaghőmérséklete (°C) (ápr.-szept.),
2. Tenyészőidőszak csapadékösszege (°C) (ápr.-szept.),
3. 30°C feletti napok száma (ápr.-aug.),
4. Virágzáskori átlagos relatív páratartalom (%) (június, július),
5. Június, július, augusztus havi csapadékösszegek (mm)

Az ismert adatok alapján a termés hozam (t/ha) értékeket átszámítottam, és 13%-os májusi morzsolt nedvességtartalomra korrigáltam. Az eljárás a következő volt: ha például a mért termés hozam 10 t/ha, és a mért nedvességtartalom 25%, akkor a 13%-ra korrigált termés hozam:

$$\text{Korrigált termés hozam} = \frac{10 \times (100 - 25)}{100 - 13} = \frac{10 \times 75}{87} = 8,62 \text{ t/ha} \quad (1)$$

Ez a korrigált érték a hozam standardizálását biztosítja, így az adatok összehasonlíthatóvá válnak különböző nedvességtartalmú tételek között.

A 4. táblázat azt mutatja, hogy hogyan csoportosítottam éréscsoportok szerint a kukorica fajtákat/hibrideket.

4. táblázat: FAO-szám szerinti csoportosítás

Sorszám	Éréscsoport (FAO)
1	300-350
2	350-400
3	400-450
4	450-500
5	500-550

3.1.3. Alkalmazott statisztikai módszerek

1. Matematikai módszerek az adatok feldolgozásához:

- Többszörös variánciavizsgálat: A többszörös variánciavizsgálat (ANOVA) egy statisztikai módszer, amely lehetővé teszi, hogy több csoport átlagát összehasonlítsuk, meghatározzuk, van-e szignifikáns különbség közöttük. A többszörös ANOVA figyelembe veszi a független változók (tényezők) hatását és kölcsönhatásaikat is. Ezt a módszert gyakran alkalmazzák a kísérleti és megfigyelési kutatásokban, különösen, ha több csoport vagy faktor befolyásolja a válaszváltozót.
- Korreláció-mátrix (Pearson-féle): A Pearson-féle korrelációs mátrix a változók közötti lineáris kapcsolatok mértékét és irányát méri. A mátrixban a változók közötti korrelációs együtthatók találhatók, amelyek -1 és 1 között mozognak. A -1 negatív, a 0 nincs korreláció, míg az 1 pozitív korrelációt jelez. Ezt az elemzést gyakran használják a statisztikában, hogy megértsék a változók közötti kapcsolatok dinamikáját.

- Boxplot: A boxplot (dobozdiagram) egy grafikus ábrázolási forma, amely egy adathalmazon belüli eloszlás jellemzőit mutatja be. A boxplot fő elemei a következők:
 - Doboz: Az adatok középső 50%-át (interkvartilis tartomány) ábrázolja, a 25. és 75. percentilis között.
 - Bajuszkák a dobozon kívül: A minimum és maximum értékeket (kivéve a kiugrókat) jelzik.
 - Kiugrók: Az adatpontok, amelyek jelentősen eltérnek a többitől.
- Eloszlás függvények: Az eloszlás függvények az adatok valószínűségi eloszlását írják le. Két fő típusa van:
 - Valószínűségi sűrűség függvény (PDF): Folytonos eloszlások esetén mutatja meg, hogy egy adott intervallumban milyen valószínűséggel találhatók az adatok.
 - Kumulatív eloszlás függvény (CDF): Megmutatja, hogy a változó milyen valószínűséggel találhatók az adatok.

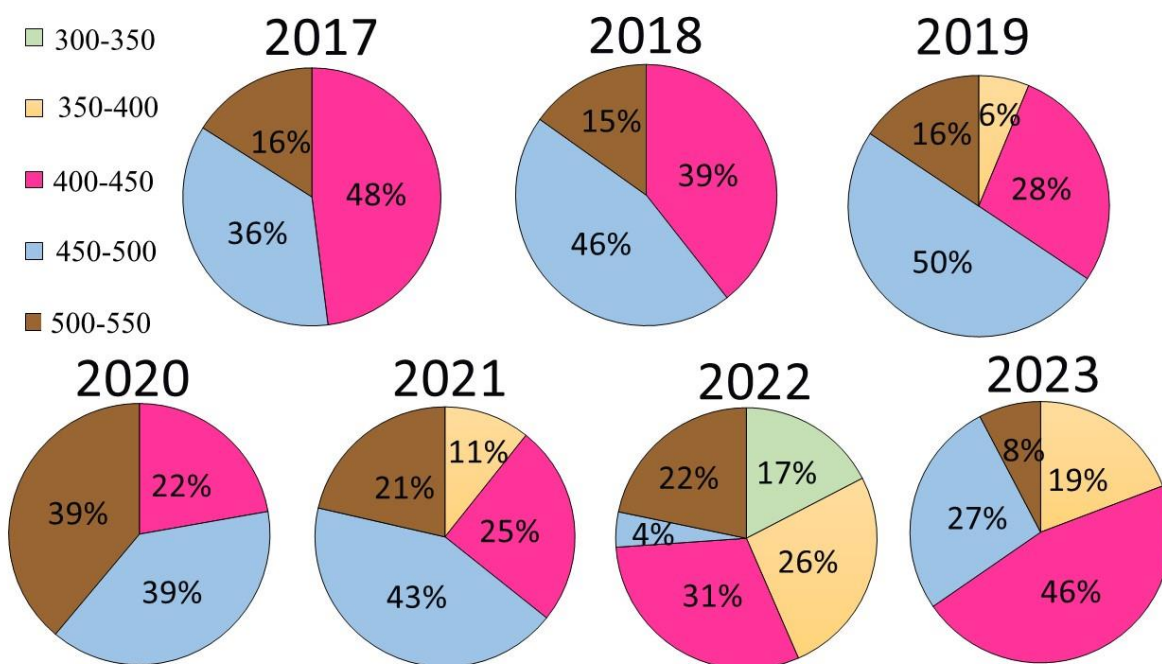
2. Matematikai szoftverek az adatok feldolgozásához:

Az adatokat Microsoft Excel és az R statisztikai program (R Core Team, 2021) felhasználásával elemeztem.

3.2 EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEŚÜK

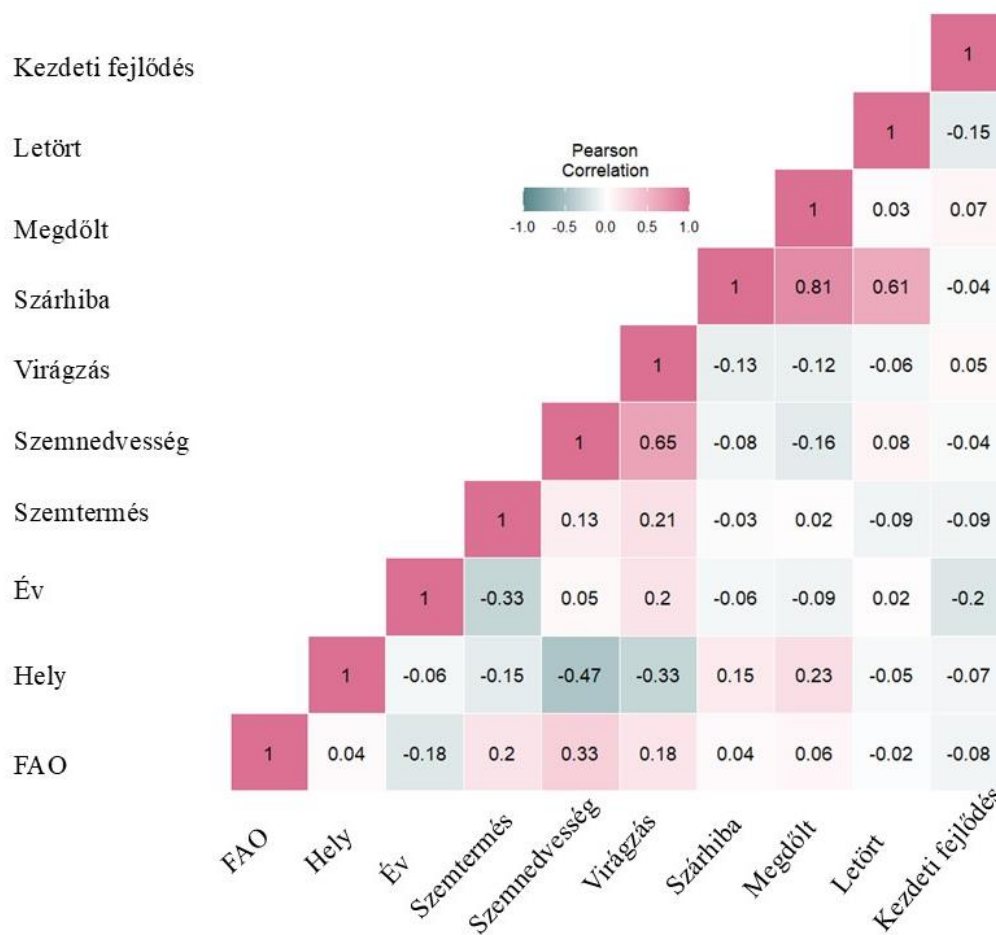
Ebben a fejezetben találhatóak a szemtermés eredmények (t/ha), a betakarításkori szemnedvesség (%), virágzás ideje (vetéstől vett napok száma), kezdeti fejlődés erőssége (pontszám), szárszilárdsági hiba (%), megdőlt és letört tövek aránya (%) eredmények értékelése 2017-2023-as év között.

A 10. ábrán láthatjuk a kukoricahibridek FAO-szám szerinti eloszlását az egyes vizsgálati években. Látható, hogy míg 2017-ben a vizsgált hibridek közel fele tartozott a FAO400-450 éréscsoportba. Ez az arány 2020-ig fokozatosan csökkent, és egyre nagyobb teret nyert a 450-500-as FAO számú kukoricahibridek bevizsgálása. A 2022-es évben a rövidebb tenészsídejű hibridek is helyet kaptak a vizsgálatokban 17%-kal (FAO300-350) és 26%-kal (FAO350-400). Míg a 400-450 FAO-számú hibridek részaránya is ismét növekedett.



10. ábra: Éréscsoportok megoszlása 2017-2023 között

Az éréscsoportok és helyszín szerinti elemzést megelőzően elkészítettem egy Pearson-féle korrelációs mátrixot, mert szerettem volna megvizsgálni, hogy milyen erősségű kapcsolat léphet fel az egyes megfigyelt paraméterek között (11. ábra). Az eredmények alapján ki kell emelni a szemnedvesség és a virágzási idő közötti erős pozitív kapcsolatot, valamint a kísérleti helyszín és szemnedvesség közötti közepesen erős negatív kapcsolatot. Az első azt jelenti, hogy minél később következik be a virágzás időpontja, annál nagyobb a szemnedvesség (%) betakarításkor, míg a második szerint minél keletebbre van a termőhely, annál alacsonyabb a betakarításkori szemnedvesség (%). Közepesen erős kapcsolatnak tekinthetők még a 0.33-as értékek is, amelyeket a szemtermés (t/ha) és az évjárat, valamint a virágzás időpontja és a kísérleti helyszín között találtam negatív előjellel. Azaz 2017 és 2023 közötti években erősen kimutatható az időszak második felében fellépő aszályos évek terméshozam-csökkentő hatása. Illetve minél keletebbre van a terület, annál korábban következett be a virágzás időpontja, ami pedig a földrajzi elhelyezkedés, a napos órák száma, illetve a növekvő átlaghőmérséklet miatt alakulhatott ki. Közepesen erős kapcsolatot találtam továbbá a FAO-szám és a szemtermés (t/ha) között is (+0,33). Minél magasabb a FAO-szám, annál nagyobb terméshozamokat regisztráltak. Ezen eredmények alátámasztását láthatjuk a későbbiekben az eloszlásfüggvények bemutatásakor (12 – 17. ábra).



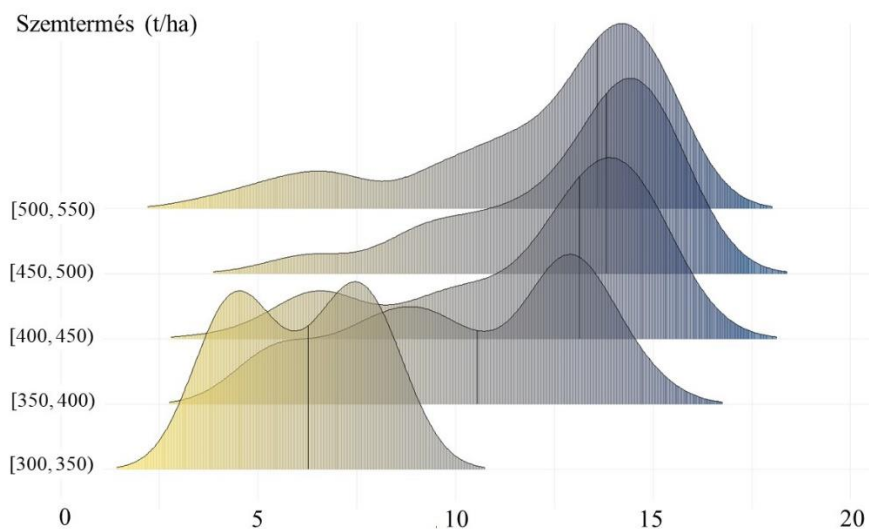
11. ábra: Pearson-féle korrelációmátrix eredményei (saját szerkesztés)

3.2.1 Eredmények elemzése éréscsoport szerint

A következőkben szeretném bemutatni az éréscsoport szerinti csoportosításból adódó elemzésemet. A NÉBIH által meghatározott „középérésű” csoportban tág határok között mozgott a hibridek FAO száma, ezért hat alcsoportra osztottam őket (4. táblázat). Ezek alapján a következő eredményeket mutatom be.

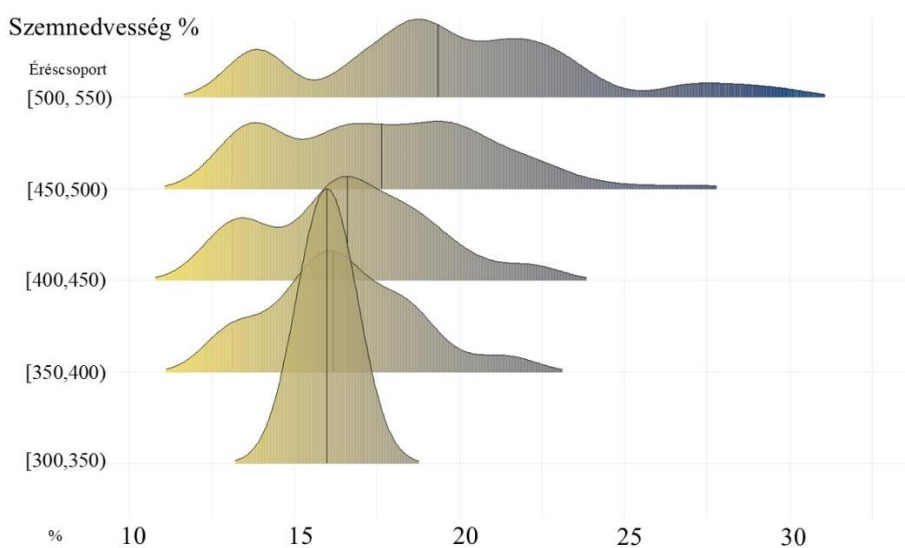
A 12. ábra azt mutatja, hogy a magasabb FAO számú csoportok (500-550) általában magasabb termésátlagot érnek el, mivel az eloszlási görbék csúcspontja jobbra, a magasabb hozamértékek felé tolódik. Az alacsonyabb FAO számú csoportok (300-350) esetében a hozam csúcspontja alacsonyabb értéken található, azaz ezek a hibridek jellemzően kisebb hozamot biztosítanak. Az alacsonyabb FAO kategóriák szűkebb eloszlást mutatnak. Ez arra utalhat, hogy az átlagos termés hozam stabilabb lehet az adott körülmények között. Ezzel szemben a magasabb FAO kategóriák (500-550) görbéi szélesebbek, magasabb a termés hozam, de nagyobb a szórás is, tehát nagyobb a bizonytalanság a termés hozamot illetően. Az eloszlási görbék alapján azt is megfigyelhetjük, hogy a nagyobb FAO kategóriák jobban

alkalmazkodhatnak a termékenyebb környezetekhez, ahol magasabb terméseredmények érhetők el. Azonban ezek a hibridek általában hosszabb tenyészidőt igényelnek, ami aszályos vagy kedvezőtlen években hátrányt jelenthet.



12. ábra: Szemtermés (t/ha) 2017-2023

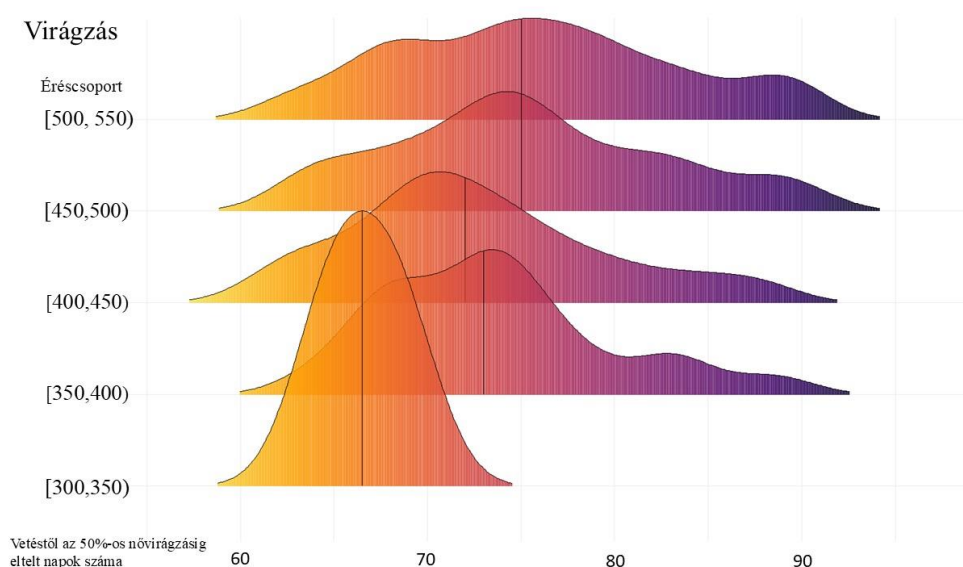
Szemnedvesség szempontjából megállapítható, hogy a kisebb éréscsoportú (300-350) kukoricának átlagosan 15-16% körül volt a betakarításkori víztartalma. Továbbá minél magasabb a FAO-szám, annál magasabb a betakarításkori szemnedvesség, és annál nagyobb az adatok szórása az átlag körül. A 13. ábrán látható, hogy néhány fajtánál elérheti akár a 30%-ot is, de átlagosan 18% körül alakult.



13. ábra: Betakarításkori szemnedvesség (%) a 2017-2023 közötti vizsgálati időszakban, Szombathely, Iregszemcse és Székkutas állomások összesített adataival

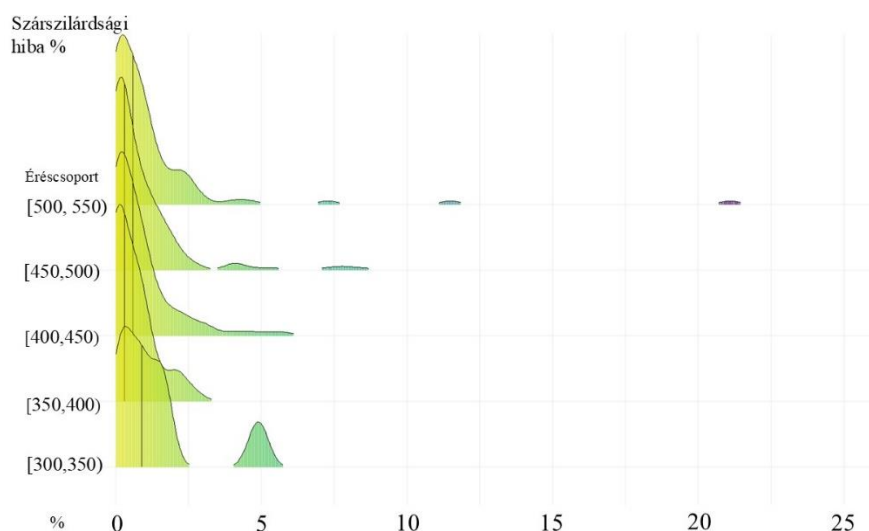
A 14. ábrán a virágzási adatokat mutatom be. Itt is látható, hogy a rövidebb tenyészidejű kukorica hibrideknél korábban, gyorsabban és egységesebben lezajlik a virágzás, míg a későbbi éréscsoportúnál jóval tovább elhúzódhat.

A 13. és 14. ábrák összehasonlításával jól szemléltethető a 11. ábrán bemutatott Pearson-féle korrelációmátrix eredménye, ahol szoros kapcsolatot találtam a virágzás időpontja és a szemnedvesség értékek alakulása között.



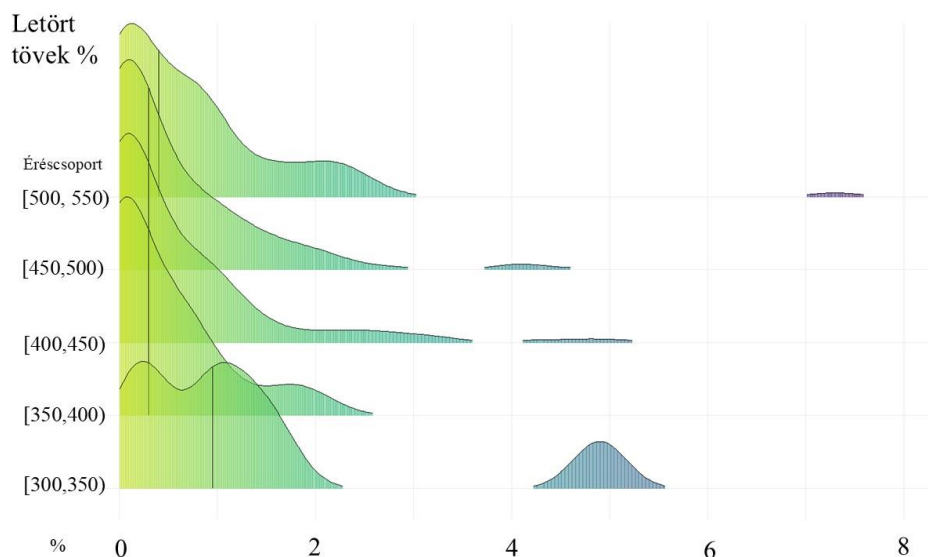
14. ábra: Vetéstől az 50%-os nővirágzásig eltelt napok száma a 2017-2023 közötti vizsgálati időszakban, Szombathely, Iregszemcse és Székkutas állomások összesített adataival

A szárszilárdsági hiba a megdőlt tövek (%) és a letört tövek (%) adataiból adódik össze. A 15. ábra alapján a szárszilárdsági hiba az alacsonyabb FAO-számú fajtákat érinti jobban, hiszen az átlag néhány százalékponttal magasabb, mint a többi éréscsoport esetében. Ezzel szemben viszont a nagyobb FAO számú hibrideknél vannak jelentősebb kiugró értékek, amelyek egy esetben 10%-ot, két esetben pedig a 20%-ot is meghaladták. A kiugró értékek Székkutason jelentkeztek, ahol a 21,1%-os eltérés a 547-es, a 20,9%-os a 462-es, míg a 11,5%-os az 524-es FAO-számú területet érintette.



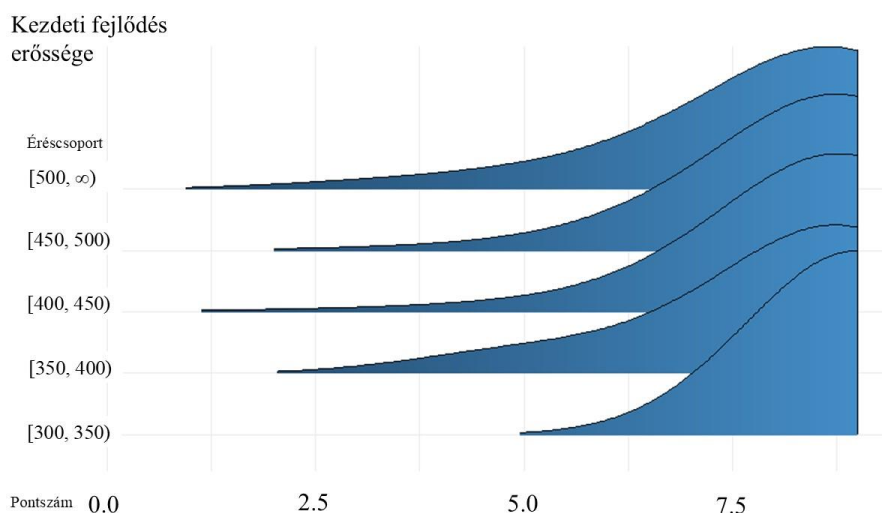
15. ábra: Szárszilárdsági hiba % a 2017-2023 közötti vizsgálati időszakban, Szombathely, Iregszemcse és Székkutas állomások összesített adataival

A letört tövek (%) 16. ábráján is szinte ugyanaz a tendencia rajzolódik ki, mint a szárszilárdsági hiba (%) diagramnál. 2017-ben Szombathelyen volt magasabb a letört tövek aránya: itt hat fajtánál haladta meg a 4%-ot, FAO-szám szerint a 401, 438, 463, 469 és 494 jelűeknél. A többi két állomást ez nem érintette, viszont 2021-ben már Székkutason és Iregszemcsén is több fajtánál mutatkoztak hasonló eltérések. Székkutason egy fajtánál 10,5%-ot ért el (FAO-szám: 564), míg Iregszemcsén két fajtánál jelentkeztek kiugró értékek: a 7,3%-os (FAO-szám: 564) és a 7,5%-os (FAO-szám: 400).



16. ábra: Letört tövek % a 2017-2023 közötti vizsgálati időszakban, Szombathely, Iregszemcse és Székkutas állomások összesített adataival

A tavaszi vetési időszakban az eredményeim alapján arra lehet következtetni, hogy a kezdeti fejlődés erőssége (17. ábra) nem függ az éréscsoport megválasztásától, a szórás minden esetben tehát más okokra vezethető vissza, mint például az évjáráthatás, vagy termőhelyhatás.



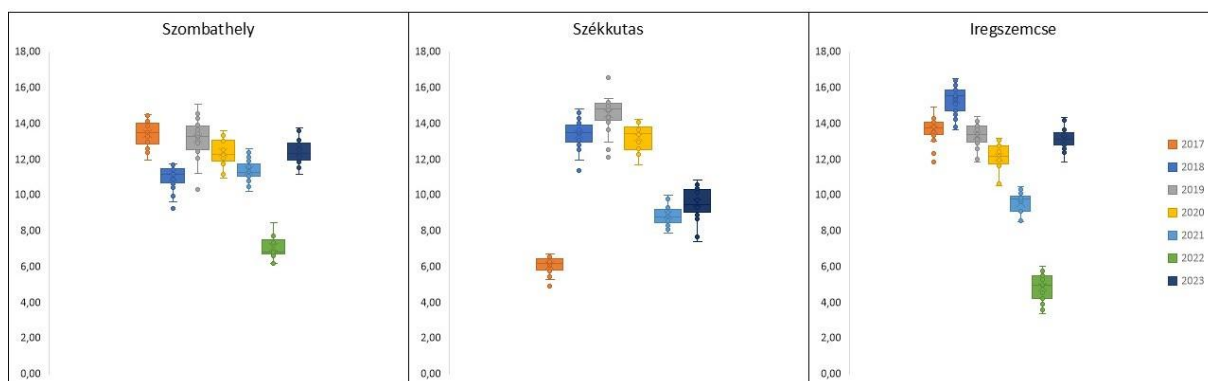
17. ábra: Kezdeti fejlődés erőssége (pontszám) a 2017-2023 közötti vizsgálati időszakban, Szombathely, Iregszemcse és Székkutas állomások összesített adataival

3.2.2 Eredmények elemzése termőhely szerint

A következőkben szeretném bemutatni a termőhely és évjárat alapján csoportosított eredményeimet dobozábrák (boxplotok) segítségével.

A szemtermés (t/ha) eredmények alapján megállapítható, hogy a 2022-es év nem kedvezett a kukorica számára. Szombathelyen az átlagtermés 6 t/ha körül alakult, Székkutason kizárásra került a kísérlet, Iregszemcsén 5 t/ha körül volt az átlagtermés (18. ábra).

Szombathelyen a többi évben kiegyensúlyozott volt a termés hozam. Nagyobb évek közötti változékonyság Székkutason és Iregszemcsén látható. Iregszemcsén egy 2018-tól kezdődő tartós és lineáris termés hozam csökkenés látható, ami mögött akár nem ismert agrotechnikai hatások is lehetnek. A varianciaanalízis alapján (5. táblázat) a szemtermésre szignifikáns hatással van a termőhely (p -érték $< 0,001$), az évjárat (p -érték $< 0,001$), valamint e kettő tényező együttesen (p -érték $< 0,001$), míg az éréscsoportnak szintén jelentős, de valamivel gyengébb a hatása (p -érték = 0,008) $\alpha = 5\%$ -os szignifikancia szint mellett.

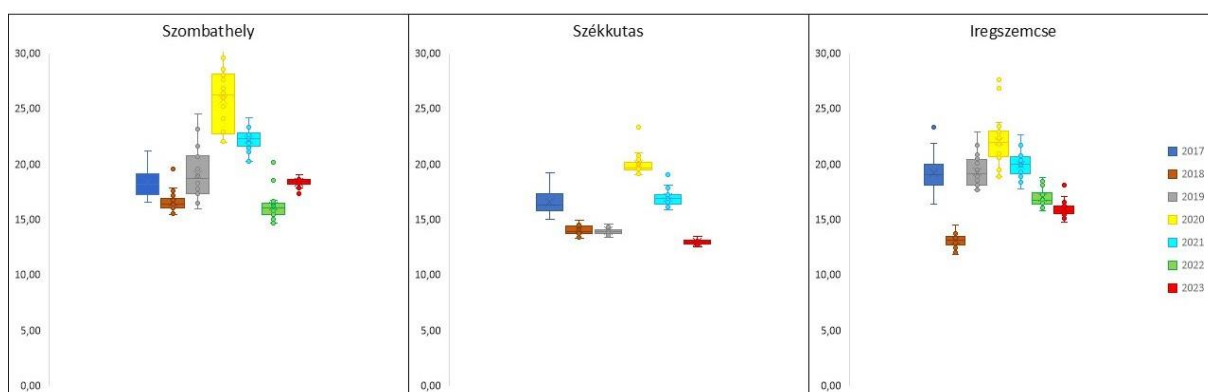


18. ábra: Szemtermés (t/ha) boxplot ábrái a termőhely szerint csoportosítva, illetve az évjárathatást szemlélítve 2017 és 2023 között

5. táblázat: többtényezős ANOVA eredménye a szemtermés (t/ha), valamint a termőhely, az évjárat és az éréscsoport között, egyesével (egytényezős ANOVA), valamint e hatások kombinációjaként (két- és háromtényezős ANOVA) 2017 és 2023 közötti időszakra

Többtényezős ANOVA	p-értéket	Szignifikancia
Termőhely	< 0.001	***
Év	< 0.001	***
Éréscsoport	0.008	**
Termőhely:Év	< 0.001	***
Termőhely:Éréscsoport	0.212	
Év:Éréscsoport	0.02	*
Termőhely:Év:Éréscsoport	0.268	

A 19. ábrán jól kivehető a termőhelyhatás. Szombathelyre a nedvesebb, hűvösebb éghajlat jellemző; Iregszemcse közepesen meleg, közepes vízellátottságú területen fekszik; Székkutas pedig száraz, meleg alföldi területen fekszik. Ez látható az adatokon is. Szombathelyen nem mértek 15% alatti víztartalmat. Ezzel szemben Székkutason 10-25% között alakult. A varianciaanalízis alapján (6. táblázat) a betakarításkori szemnedvességre szignifikáns hatással van az összes vizsgálat paraméter és ezek kombináció (többtényezős ANOVA-val vizsgálva).



19. ábra: Betakarításkori szemnedvesség (%) boxplot ábrái a termőhely szerint csoportosítva, illetve az évjárathatást szemlélítve 2017 és 2023 között

6. táblázat: többtényezős ANOVA eredménye a betakarításkori szemnedvesség (%), valamint a termőhely, az évjárat és az éréscsoport között, egyesével (egytényezős ANOVA), valamint e hatások kombinációjaként (két- és háromtényezős ANOVA) 2017 és 2023 közötti időszakra

Többtényezős ANOVA	p-érték	Szignifikancia
Termőhely	< 0.001	***
Év	< 0.001	***
Éréscsoport	< 0.001	***
Termőhely:Év	< 0.001	***
Termőhely:Éréscsoport	< 0.001	***
Év:Éréscsoport	< 0.001	***
Termőhely:Év:Éréscsoport	< 0.001	***

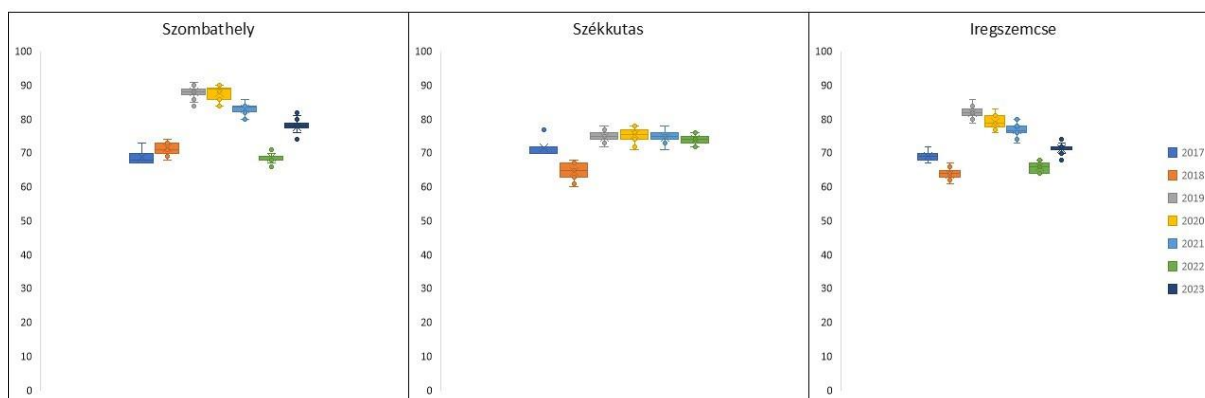
Vetéstől 50%-os nővirágzásig eltelt napok száma a 20. ábrán látható. Itt is ugyanaz a tendencia mondható el, mint a betakarításkori szemnedvességről. Az adatokból szintén kivehető, hogy Szombathely a legcsapadékosabb a 3 kísérleti hely közül.

Szombathelyen és Iregszemcsén valamivel nagyobb eltérések figyelhetők meg a napok számában az egyes évek között, míg Székkutason az évek közötti eltérések kisebbek, viszonylag szűk intervallumban mozognak.

Szombathelyen az eltelt napok száma évről évre változik. Az évek közötti különbség nagyobb, különösen 2017 és 2018 mutatnak alacsonyabb értékeket, míg 2019 és 2020 magasabbakat. Székkutason szűkebb tartományban mozog a napok száma, és az évek közötti ingadozás kisebb. Az iregsemcsei helyszín adatai szintén változóak, de nem olyan szélsőségesek, mint Szombathely esetében. Az évek itt is megkülönböztethetők, és a 2017-es és 2023-as évek különösen érdekesek, mert alacsonyabb napok száma figyelhető meg, szemben 2019 és 2021 magasabb értékeivel.

A három helyszín közül Szombathely és Iregszemcse esetében látszik a legnagyobb eltérés az egyes évek között, ami arra utalhat, hogy ezek a helyszínek érzékenyebben reagálnak az évjáratok közötti időjárási változásokra. Székkutas relatív stabilitása különbségeket mutathat az agrometeorológiai vagy talajviszonyok miatt.

A variancianálízis alapján a termőhely (p-érték<0,001) az év (p-érték<0,001) és az éréscsoport (p-érték<0,001) együttes hatása nagyban befolyásolja a virágzás idejét (7.táblázat).



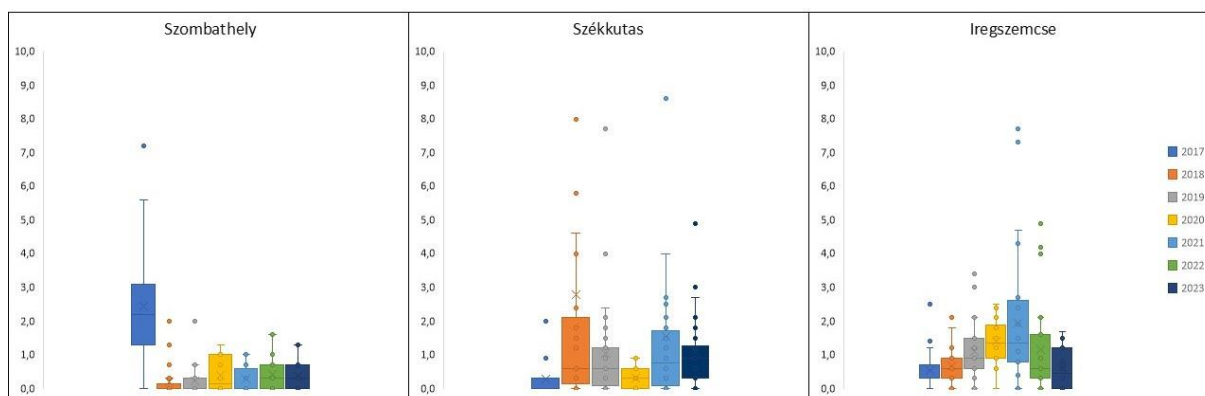
20. ábra: Vetéstől 50%-os nővirágzásig eltelt napok száma boxplot ábrái a termőhely szerint csoportosítva, illetve az évjáráthatást szemlélítve 2017 és 2023 között

7. táblázat: többtényezős ANOVA eredménye a vetéstől 50%-os nővirágzásig eltelt napok száma, valamint a termőhely, az évjárat és az éréscsoport között, egyesével (egytényezős ANOVA), valamint e hatások kombinációjaként (két- és háromtényezős ANOVA) 2017 és 2023 közötti időszakra

Többtényezős ANOVA	p-értéket	Szignifikancia
Termőhely	< 0.001	***
Év	< 0.001	***
Éréscsoport	< 0.001	***
Termőhely:Év	< 0.001	***
Termőhely:Éréscsoport	0.587	
Év:Éréscsoport	0.482	
Termőhely:Év:Éréscsoport	0.644	

A 21. ábrán látható, hogy Szombathelyen az értékek 2017-ben viszonylag széles tartományban mozognak, de az évek előrehaladtával csökkenő tendenciát mutatnak. 2023-ban már kisebb eloszlást látunk, ami kevesebb vagy kisebb hibát jelenthet. Székkutason a hibák mértéke általában magasabb, mint a másik két helyszínen, különösen 2018-ban és 2019-ben, ahol széles tartományban oszlanak el az adatok. Az évek során csökkentek, de még mindig jelentősebb a szórás, mint például Szombathelyen. Iregszemcsén a hibák százalékos eloszlása itt is ingadozó, de 2020-ban és 2021-ben különösen magas a szórás. 2023-ra a hibák mértéke csökkenni látszik. Minden helyszínen eltérő az évek közötti szórás mértéke, de az általános tendencia néhol a csökkenés irányába mutat, ami javulást jelezhet a szárszilárdsági hiba csökkentésében.

A varianciánálízis alapján a termőhely (p -érték<0,001) a termőhely és évjárat (p -érték<0,001) hatása nagyban befolyásolja a szárszilárdságot (8.táblázat).



21. ábra: Szárszilárdsági hiba % (számolt) boxplot ábrái a termőhely szerint csoportosítva, illetve az évjáráthatást szemléltetve 2017 és 2023 között

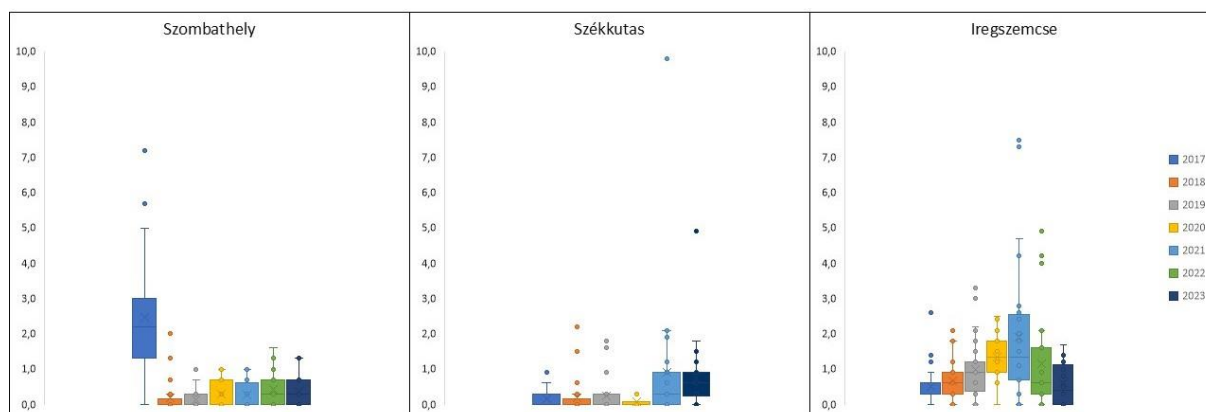
8. táblázat: többtényezős ANOVA eredménye a szárszilárdsági hiba % (számolt), valamint a termőhely, az évjárat és az éréscsoport között, egyesével (egytényezős ANOVA), valamint e hatások kombinációjaként (két- és háromtényezős ANOVA) 2017 és 2023 közötti időszakra

Többtényezős ANOVA	p-értéket	Szignifikancia
Termőhely	0.000	***
Év	0.144	
Éréscsoport	0.469	
Termőhely:Év	< 0.001	***
Termőhely:Éréscsoport	0.142	
Év:Éréscsoport	0.017	*
Termőhely:Év:Éréscsoport	0.004	**

A 22. ábra jól szemlélteti, hogy Szombathelyen a letört tövek (%) tekintetében a legmagasabb értékek 2017-ben figyelhetők meg, ahol néhány kiugró adat 6-7% körül van. Az azt követő években a letört tövek aránya viszonylag alacsony, általában 3% alatt marad. Az adatok szórása évről évre csökken, különösen 2019 és 2023 között, amikor az értékek szorosabban összpontosulnak alacsonyabb tartományokban.

Székkutason kevesebb kiugró érték látható, mint Szombathelyen vagy Iregszemcsén. Az évek nagy részében a letört tövek aránya alacsony, 1-3% között mozog. 2017-ben egy kiugró adat 6% feletti értéket mutat, de ezt leszámítva az arányok stabilabbak.

Iregszemcsén a letört tövek aránya sokkal változékonyabb az évek során, és több évben is megfigyelhetők magasabb kiugró értékek. 2020-ban és 2022-ben figyelhetők meg a legmagasabb kiugró értékek, amelyek elérik a 8%-ot. Az adatok szórása itt a legnagyobb, és az eloszlás évről évre ingadozik, jelezve, hogy Iregszemcsén nagyobb volt az ingadozás a letört tövek arányában. A varianciaanalízis alapján (9. táblázat) a szemtermésre szignifikáns hatással van a termőhely (p-érték < 0,001), az évjárat (p-érték < 0,001), valamint e kettő tényező együttesen (p-érték < 0,001).



22. ábra: Letört török % boxplot ábrái a termőhely szerint csoportosítva, illetve az évjáráthatást szemléltetve 2017 és 2023 között

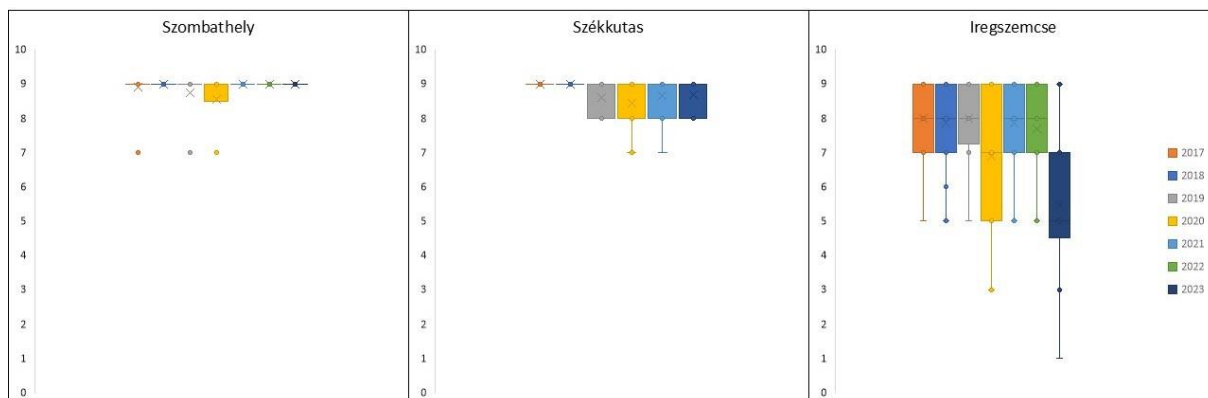
9. táblázat: többtényezős ANOVA eredménye a letört török %, valamint a termőhely, az évjárat és az éréscsoport között, egyesével (egytényezős ANOVA), valamint e hatások kombinációjaként (két- és háromtényezős ANOVA) 2017 és 2023 közötti időszakra

Többtényezős ANOVA	p-érték	Szignifikancia
Termőhely	< 0.001	***
Év	< 0.001	***
Éréscsoport	0.766	
Termőhely:Év	< 0.001	***
Termőhely:Éréscsoport	0.246	
Év:Éréscsoport	0.643	
Termőhely:Év:Éréscsoport	0.915	

Szombathelyen az értékek szűk tartományban mozognak, nagyjából 7 és 9 között (23. ábra). Székkutason az értékek eloszlása hasonló, de itt látható néhány kiugró pont alacsonyabb tartományokban (5 körül) Iregszemcsén viszont nagyobb eltérések figyelhetők meg az értékekben, szélesebb a tartomány, és több évben is megjelennek kiugró, alacsony pontszámok (3 alatt).

Szombathelyen az értékek viszonylag stabilak az évek során, és kevés a variáció. Székkutason valamivel nagyobb az ingadozás az évek között, de még mindig viszonylag stabil. Iregszemcsén az évek közötti variáció jelentősebb, és több évben is megfigyelhető nagy szórás. A három helyszín közül Iregszemcsén látható a legnagyobb változatosság és a legtöbb kiugró érték a kezdeti fejlődés erőssége szempontjából. Szombathely stabilabb értékeket mutat, kevesebb kiugró adattal, ami arra utalhat, hogy ott a kezdeti fejlődés kiegyensúlyozottabb. Székkutas helyzete köztes: vannak kiugró értékek, de az eloszlás nem olyan széles, mint Iregszemcsén.

A varianciaanalízis alapján (10. táblázat) a termőhely (p -érték $<0,001$) az év (p -érték $<0,001$) és az éréscsoport (p -érték $<0,001$) együttes hatása nagyban befolyásolja a kezdeti fejlődés erősségét.



23. ábra: Kezdeti fejlődés erőssége (pontszám; 0-9) boxplot ábrái a termőhely szerint csoportosítva, illetve az évjárathatást szemlélítve 2017 és 2023 között

10. táblázat: többtényezős ANOVA eredménye a kezdeti fejlődés erőssége (pontszám; 0-9), valamint a termőhely, az évjárat és az éréscsoport között, egyesével (egytényezős ANOVA), valamint e hatások kombinációjaként (két- és háromtényezős ANOVA) 2017 és 2023 közötti időszakra

Többszörös ANOVA	p-érték	Szignifikancia
Termőhely	< 0.001	***
Év	< 0.001	***
Éréscsoport	0.001	**
Termőhely:Év	< 0.001	***
Termőhely:Éréscsoport	0.001	**
Év:Éréscsoport	0.138	
Termőhely:Év:Éréscsoport	0.066	

3.3 KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az eredmények alapján az alábbi következtetéseket vontam le:

1. Az egyes években tapasztalt időjárás késleltetve hatással van a NÉBIH-nél benyújtott hibridek FAO-szám szerinti megoszlására. Az utóbbi évek aszályos időjárása a rövidebb tenyészidejű, új hibridek termékpalettán való megjelenését eredményezte, kissé visszaszorítva a hosszabb tenyészidejű kukorica hibrideket.
2. A vizsgált paraméterek közül csak a betakarításkori szemnedvesség (%) értékekre van hatással a termőhely, az évjárat és a hibrid együttesen.
3. A virágzás kezdetére és a termés hozamra (t/ha) habár önállóan hatása van az éréscsoport megválasztásának, de együttes hatása csak a termőhelynek és évjáratnak van.
4. Kapcsolatot találtam a virágzás és szemnedvesség alakulása között: minél később következik be a virágzás, annál magasabb a szemnedvesség. Ez a megfigyelés feltételezhetően agrotechnikai okokra vezethető vissza. A termés betakarítása minden éréscsoport esetén egységesen történt a NÉBIH kísérleti állomásain, ezért a hosszabb tenyészidejű hibridek szemnedvesség értékei magasabbak lehettek a betakarításkor.
5. A nagyon FAO számú hibridek esetében általánosságban elmondható, hogy nagyobb a termés hozam (t/ha), de a termésbiztonság kisebb. Míg alacsonyabb FAO számú hibridek esetén kisebb a realizálható termés hozam, de ennek termésbiztonsága nagyobb. Ez szintén a száraz, aszályos évekre és a fenológiai fázisokban tapasztalt vízhiányos időszakok intenzitására és hosszára vezethető vissza, hiszen a hosszabb tenyészidejű hibridek fenológiai fázisai később következnek be, ezért jobban kitettek a nyári időszakban fellépő vízhiányra.

A javaslataim a következők:

A jövőben érdemes lenne még több helyszínt és további éveket bevonni a vizsgálatba, valamint az éveket aszályossági index alapján csoportosítani és így vizsgálni az évjárat hatását.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozat célja a középérésű kukoricahibridek (FAO 300-499) terméseredményeinek vizsgálata volt különböző évjáratok és termőhelyek környezeti hatásainak figyelembevételével. A kutatási adatok a NÉBIH iregszemcsei, szombathelyi és székkutasi kísérleti állomásairól származnak, és a 2017-2023 közötti időszakot ölelik fel. A vizsgálat során több tényező varianciaanalízis és korrelációelemzés segítségével elemeztem az éréscsoportok, a termőhelyek és az időjárási évjáratok hatását a kukorica hozamára, valamint a betakarításkori szemnedvességre és a virágzás kezdetére.

Az elemzések alapján megállapítottam, hogy:

1. Az egyes évjáratok közötti időjárási különbségek jelentősen befolyásolták a vizsgált hibridek érésidejét és a FAO-szám szerinti eloszlását. Az utóbbi évek aszályos periódusai a rövidebb tenésziidejű hibridek előretöréséhez vezettek, mivel ezek jobban alkalmazkodnak a változó környezeti feltételekhez.
2. A betakarításkori szemnedvesség mértékére szignifikáns hatással volt a termőhely, az évjárat és az éréscsoport kombinációja. Ezen felül megfigyelhető volt, hogy minél későbbi volt a virágzás időpontja, annál magasabb szemnedvességgel zárt a növény, ami az agrotechnikai sajátosságokkal magyarázható.
3. Az éréscsoportok szerinti csoportosítások alapján kiderült, hogy a kisebb FAO-számú hibridek általában alacsonyabb szemnedvességgel rendelkeztek betakarításkor, míg a hosszabb tenésziidejű hibridek magasabb nedvességtartalommal bírtak.

A jövőbeli kutatásokhoz javasolt a vizsgálati terület és az évjáratok bővítése, illetve az aszályossági index figyelembevételével történő évek szerinti csoportosítás, hogy még pontosabb eredményeket kapjunk az időjárás változásainak hatásairól.

5. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani Dr. Somfalvi-Tótha Katalin témavezetőmnek a tanácsaiért és a javaslataiért, valamint Joszt-Takács Nórának a NÉBIH munkatársának, hogy rendelkezésemre bocsátotta az adatokat.

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című, TKP2021-NVA-22 azonosítószámú Témaerületi Kiválósági Program támogatásával valósult meg, a Körforgásos Gazdaság Elemző Központ (KGEK) vezetésével.

6. Irodalomjegyzék

- ÁCS F. – BREUER H. (2013): Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. 1-120.o.
- ÁNGYÁN J. (1987): Agroökológiai hatások a kukorica termesztésében GATE-KSZE. Gödöllő-Szekszárd 210.o.
- ÁRENDÁS T. (2000): A kukoricatermesztés korlátairól és lehetőségeiről. Magyar Mezőgazdaság. Száron szárítva. 6-7.o.
- ARVIDSSON J., WESTLIN H.G., & KELLER T. (2004): Tillage depth in relation to soil physical properties and seedbed preparation. Soil and Tillage Research, 79, 79-95.o
- BARTHOLY J. - PONGRÁCZ R. (2005): Klímaváltozás: A globálistól a regionális modellezésig. Léggör, 50, 145-157.o
- BARTHOLY J. - PONGRÁCZ R. (2006): A napsugárzás és napfénytartam területi eloszlása Magyarországon. Földrajzi értesítő, 55, 193-206.o
- BENEDEK Z. (2015): A kukorica, mint mezőgazdasági kultúrnövény. Növényvédelem.
- BESCANS P., IMAZ M.J., VIRTO I., ENRIQUE A., & HOOGMOED W.B. (2006): Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. Soil and Tillage Research, 87, 19-27.o
- BIRKÁS M. - GYURICZA C. (2000): A kukoricatermesztés múltja, jelene és jövője Magyarországon. Agrártörténeti Szemle, 42, 45–52.o
- BIRKÁS M. – JOLÁNKAI M. – STINGLI A. – BOTTLIK L. (2007): Az alkalmazkodó művelés jelentősége a talaj- és klímavédelemben. AGRO-21 Füzetek, 51. 34-47.o.
- BIRKÁS M. (2006): Földművelés és földhasználat. Bp.: Mezőgazda Kiadó, 75-76. o
- BÍRÓ L. - LÉNÁRT L. (2015): Takarmányok tápanyagtartalma és azok hasznosulása a haszonállatok szervezetében. Takarmányozási Kutatások, 41(2), 53–59.o
- BÍRÓ M. - KISS P. (2018): A kukorica termésképzésének folyamata és a növény részeinek szerepe. Kertészet és Szőlészet, 67, 36-42.o
- DEBRECZENI K. – KUTI L. – MAKÓ A. – MÁTÉ F. – SZABÓNÉ KELE G. – TÓTH G. – VÁRALLYAY GY. (2003): A D-e-Meter földminősítési viszonyszámok elméleti háttere és információtartalma In: Gaál Z. – Máté F. – Tóth G. (szerk.): Földminősítés és földhasználati információ. Keszthely 2003. december 11-12. Országos konferencia kiadványa. Veszprémi Egyetem. 23-37.o.
- DOEBLEY J. F. (2004): The Genetics of Maize Evolution. Annual Review of Genetics, 38, 37-59.o

- DÖBRÖSI A. (2010): A kukorica FAO-száma és az érési csoportok. *Növénytermelés*, 59, 165-172.o
- HORVÁTH Á. - BÁRTHOLY J. - PONGRÁCZ R. (2014): Magyarország éghajlatának regionális sajátosságai. *Magyar Tudomány*, 175, 463–473.o
- HUSSAIN F., OAD F. C. (2010) Breeding of improved maize (*Zea mays* L.) hybrids: Objectives and strategies. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 20, 151-157.o
- IVÁNYI K.-KISMÁNYOKY T.-RAGASITS I., (1994): *Növénytermelés*. Bp.: Mezőgazdasági Kiadó. 125-128. o.
- JOLÁNKAI M. - HARNOS Z. (2022). Az időjárási szélsőségek hatása a hazai növénytermesztésre. *Időjárás és Mezőgazdaság*, 60, 55–63.o
- JUSTYÁK J. (1995): *Klimatológia (egyetemi és főiskolai jegyzet)*. Kossuth Egyetemi Kiadó. Debrecen.
- KAKAS L. (2014): Magyarország csapadékeloszlása és napfénytartama a klímaváltozás tükrében. In *Légkör*, 59, 47-63.o
- KÉSMÁRKI I. – KAJDI F. – PETRÓCZKI F. (2005): A globális klímaváltozás várható hatásai és válaszai a Kisalföld szántóföldi növénytermelésében. *AGRO-21 Füzetek*, 43. 24-38.o.
- KISMÁNYOKY T. (2005): A globális klímaváltozás hatásai és válaszai Közép- és Dél-Dunántúl szántóföldi növénytermelésében. *AGRO-21 Füzetek*, 41. 81-94. o.
- KOVÁCS B. (2019): A szarvasmarha-takarmányozás alapjai és a kukorica zöldtakarmányként betöltött szerepe. *Magyar Állattenyésztés*, 68, 45–51.o
- KOVÁCS J. (2019): Talajok és növények. *Növénytermesztés*, 68, 45–50.o
- KÖPPEN W. (1936): Das geographische System der Klimate. In: Köppen, W. & R. Geiger, Eds: *Handbuch der Klimatologie*. 1.C. Gebr, Borntraeger. 1-44.o.
- MADARÁSZ T. - JUHÁSZ CS. (2023): A kukorica termőterületének és betakarítási adatok alakulása Magyarországon az utóbbi évtizedben. *Gazdálkodás*, 67, 78–85.o
- MAKÓ A. – MÁTÉ F. – SZÁSZ G. – TÓTH G. – SISÁK I. – HERNÁLDI H.: (2009): A talajok klímaérzékenységének vizsgálata a kukorica termésreakciói alapján. *KLÍMA-21 Füzetek*, 56. sz. 18–20.o.
- MENYHÉRT Z. (1985): *A kukoricatermesztés kézikönyve*. Mezőgazda Kiadó. Bp. 559.o.
- MIKÓ M. (2018): Kukorica és takarmányozás. *Agrofórum*, 27, 18-23.o
- NAGY J. (2007): *Kukoricatermesztés*. Bp.: Akadémiai Kiadó, 393. o.
- NAGY J. (2010). Vetésforgó szerepe a kukoricatermesztésben. *Agrártudományi Közlemények*, 54, 233–248.o

- NAGY J. (2022): Kukorica terméskepződése és agrometeorológiai hatások. Növénytermelési Kutatások, 55, 222-230.o
- NAGY Z. – NAGY J. (2022): Növénytermelés 71. évf., 1. szám, 33-50. o
- NÉMETH T. (2009): Elővetemények hatása a kukorica termésére. Földművelés és környezet, 17, 67-73.o
- NUNN N., - QIAN N. (2010): The Columbian Exchange: A History of Disease, Food, and Ideas. Journal of Economic Perspectives, 24, 163-188.o
- PÁL A. (2010): A kukorica fejlődésének és nemesítésének történeti áttekintése. Agrofórum, 21, 44-47.o
- PEPÓ P. (2009): A környezeti tényezők hatása a kukorica termésére. Növénytermelés, 58. 161-170.o
- PEPÓ P. (2010): Kukoricatermesztés Magyarországon: környezeti tényezők és terméstechnológiai megoldások. Agrofórum, 21, 38–42.
- PEPÓ P. (2010): Növénynemesítés, 74-76. o.
- PONGRÁCZ R - BARTHOLY J. (2006): Regionális éghajlati modellek alkalmazása Magyarország területén. In Időjárás, 110, 175-188.o
- PONGRÁCZ R. - BARTHOLY J. - KIS A. (2014): Magyarország éghajlati jellemzői az 1981-2010-es referencia-időszakban. Földrajzi Közlemények, 138, 3-17.o
- RÁDY S. - RÁDY A. (2006): A kiskun Kutatóközpont Kft. és a kukorica nemesítése Magyarországon. Növénytermesztés, 55, 413-420.o
- SKARBIT N. – ÁCS F. – BREUER H. – KRAKKER D. (2014): Magyarország éghajlatának változásai a 20. században. Földrajzi Közlemények. 261-274.o.
- SMALLEY J., - BLAKE M. (2003): Sweet Beginnings: Stalk Sugar and the Domestication of Maize. Current Anthropology, 44, 675-703.o
- SZABÓ Z. - MOLNÁR I. (2012): A kukorica nemesítés és a fajtajog védelme. Növényvédelem, 48, 17-24.o
- SZALAI S. - SZENTIMREY T. (2011): Az éghajlatváltozás regionális sajátosságai Magyarországon. Léggör, 56, 134-148.o
- SZÉL S. (2014): A kukoricatermesztés feltételei, termesztési technológiák és a fajták kölcsönhatása. Agronapló 33.o.
- SZELEPCSÉNYI Z. – ÁCS F. – KOZMA I. (2009): Biofizikai klímakalsszifikációk Léggör. 54.évf, 4.szám. 18-23.o.
- SZENTES S. (2022): A kukorica termésmennyiségét befolyásoló agrometeorológiai tényezők. Növénytermelés, 71, 233-240.o

- SZIEBERTH D. - SZÉLL E. (1998): Amit a kukorica termesztésről gyakorlatban tudni kell. Mezőmag Kiadó. Székesfehérvár. 162-168. o
- TENG P. - XU C. (2020): Global maize production, trade, and consumption: A review. *Agricultural Reviews*, 41, 101-115.o
- TÓTH A. - TÖRÖK L. (2014): A kukorica táplálkozás-élettani szerepe és felhasználása Magyarországon. *Élelmiszeripari Kutatások*, 45, 65–72.o
- TÓTH M. (2005): Kukorica nemesítési irányok és a hazai kukoricatermesztés. *Agrárszektor*, 8, 34-37.o
- TRIPLETT G.B., & DICK W.A. (2008): No-tillage crop production: A revolution in agriculture. *Agronomy Journal*, 100, 153–165.o
- VÁRALLYAY GY. (2004): Talaj az agro-ökoszisztémák alapeleme. *Agro-21 Füzetek*. 37. 33-49.o.
- VARGA J. - HASZONITS Á. (2003): A kukorica hibridizálásának lehetőségei és céljai. *Növénytermelés* 52. 243-252.o
- VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. (2003): A meteorológiai viszonyok hatása a kukorica életjelenségeire. I. *Agroinform Kiadó*. Bp. Növényvédelmi Tanácsok 12.12: 18-19. o
- VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. (2005): Nyugat-Magyarország éghajlati viszonyai és a kukorica. *AGRO-21 Füzetek*, 43. 71-79.o.
- VARGA-HASZONITS Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scénáriók. *AGRO-21 Füzetek*, 31. 9-28.o.
- VASAL V. K., SINGH R. (2015): Development of high yielding maize hybrids: Objectives and recent advancements. *Journal of MAize an Develpoment*, 1, 1-9.o
- ZAHORÁN L. (2020): A kukorica vízigénye és talajviszonyai. *Agrofórum*, 29, 32-36.o

Internetes hivatkozások:

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

NYILATKOZAT

Földesi Noémi (hallgató Neptun azonosítója: T2FK47) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: 2024 év november hó 4 nap


Dr. Somfalvi-Tóth Katalin
belső konzulens