

SZAKDOLGOZAT

**SZLOVÁK NORBERT
ÖNTÖZÉSI SZAKMÉRNÖK**

**SZARVAS
2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Tessedik Campus
Öntözési szakmérnök**

**Öntözési döntéstámogató rendszer meghatározása több éves
adatsorok és távérzékelés segítségével vetőmagkukorica
előállításban**

Belső konzulens:	Dr. Gombos Béla egyetemi docens
Külső konzulens:	Dr. Dobos Attila Csaba tudományos tanácsadó
Készítette:	Szlovák Norbert EF0YRW levelező
Intézet/Tanszék:	Környezettudományi Intézet, Öntözési és Meliorációs Tanszék

**SZARVAS
2023**

Tartalomjegyzék

Bevezetés, célkitűzések	3
1. Irodalmi áttekintés	5
1.1. Klímaváltozás trendje Magyarországon	5
1.2. Öntözött területek Magyarországon	8
1.3. A kukorica vízigénye	10
1.4. NDVI – Normalizált Differenciális Vegetációs Index	11
1.5. Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság szerepe az öntözésben	12
2. Anyag és módszer	15
2.1. A terület rövid természetföldrajzi jellemzése	15
2.2. A terület talajtani jellemzése	16
2.2.1. Talajkémiai paraméterek	16
2.2.2. Talajfizikai paraméterek- talajvízkémia tulajdonságok	17
2.2.3. Kísérletbe bevont környezeti adatbázisok és távérzékelt adatok	17
2.2.4. Térinformatikai és statisztikai értékelés	21
3. Eredmények és értékelésük	22
3.1. A célterület multitemporális klímavizsgálata	22
3.2. A vizsgált tenyésztések meteorológiai jellemzői	23
3.3. Hőmérséklet és effektív hőösszeg	23
3.4. A klimatikus vízmérleg és alkotói	27
3.5. Terméseredmények értékelése	30
3.6. Biomassza változás és a termés közötti összefüggés vizsgálata	35
4. Következtetések és javaslatok	42
5. Összefoglalás	44
Köszönetnyilvánítás	46
Mellékletek	47
Irodalomjegyzék	53
Nyilatkozat	55

Bevezetés, célkitűzések

Napjainkban egyre jobban érezhetővé válik a hazánkat is feltehetően érintő éghajlatváltozás, melynek hatásai nagyban befolyásolják a sikeres mezőgazdasági termelést is.

Azért is fontos kiemelni a mezőgazdasági termelést, mivel Magyarország területének közel 55%-a mezőgazdasági terület, melyből 4,16 millió hektár a szántó. Ezeken a területeken kell megtermelni a szükséges mennyiségű termést, ami biztosítja az emberi fogyasztásra alkalmas élelmiszerek alapanyagát, a haszonállatok takarmányigényét, a hazai és külföldi piacokra szánt termékeket és ami a legfontosabb, a következő évi vetésekhez szükséges mennyiségű és minőségű szaporítóanyag előállítását is.

A vetőmagtermesztés a hazai szántóterületeknek mindössze 3-4%-át teszik ki, ezzel az európai rangsorban az első tízben szerepel hazánk. Ahhoz, hogy a vetőmagelőállítás sikeres legyen, nagyban hozzájárulnak az időjárási tényezők. Ezen növények érzékenyebbek társaiknál, ezért a megfelelő termés hozamok elérése érdekében hatványozottan figyelni kell az igényeikre. Hazánkban az egyik legfontosabb ilyen növény a hibridkukorica vetőmagelőállítása, amit napjainkban már csak öntözéssel gazdálkodás mellett lehet termeszteni. A kukorica nagyon érzékeny a vízhiány okozta stresszre, ami, ha a tenyészidő alatt fokozottan éri a növényt biztosan számolhatunk termés kieséssel, ez a pár százaléktól akár a termés teljes elvesztését is jelentheti, ami nem csak a szaporítóanyag kiesést jelenthet, hanem adott gazdaságban nagymértékű gazdasági kárral is párosul.

Mivel az időjárás befolyásolására még nincs lehetőségünk, de évről-évre nagymértékben változik a csapadék idő- és térbeli eloszlása a hatékony vetőmag előállításban szükséges az öntözési rendszerek korszerűsítésre, a termésbiztonság növelésének érdekében.

Ahhoz, hogy meg tudjuk határozni, hogy mikor és mennyi vizet kell pótoljunk a növényünk számára, ismernünk kell a területünk adottságait, a növény jelen esetben a vetőmagkukorica vízigényét napi szinten, fenológiai fázisonként, az időjárási tényezőket, melyeket több évre visszamenőleg érdemes vizsgálni, hogy változnak évjárat szinten és milyen szélsőséges helyzeteket kell kezelnünk. Távérzékelési technológia használatával pontos képet kaphatunk róla, hogy ezen tényezők változása milyen hatással van a növényi fejlődésre és termésmennyiségre, ezeket az információkat felhasználva képesek lehetünk előre megmondani

a szükséges vízmennyiséget adott időben, ezzel tervezhetőbbé téve a szántóföldi munkákat és próbálni maximálisan kiszolgálni a kukorica igényeit, elkerülve a stressz okozta termés kiesést.

Mezőhegyesen az alföld déli részén több évtizedre visszanyúló hagyománya van a hibridkukorica előállításnak és az esőszerű öntözésnek is egyaránt. Az aszályos évek és csapadékhányos időszakok rámutattak arra, hogy a közel 30 éves öntözőberendezések, amik az 1980-as és 90-es évek tapasztalataira lettek méretezve, a napjainkban felmerülő igényeket már nem képesek kielégíteni, így szükségessé vált az öntözőrendszer fejlesztése, korszerűsítése Európa legrégebbi, 1784-ben alapított állami gazdaságának a Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. területein.

Szakdolgozatom fő célkitűzései:

- több éves meteorológia idősor vizsgálata Mezőhegyes szántóterületein
- a növényállomány vízforgalmának vizsgálata üzemi körülmények között
- évjárat hatása a növényi biomasszára és a termésre eltérő genotípusok esetében
- a terméskomponensek és a környezeti paraméterek összefüggéseinek vizsgálata
- rávilágítani az okszerű, víztakarékos, modern öntözés minél fontosabb szerepére

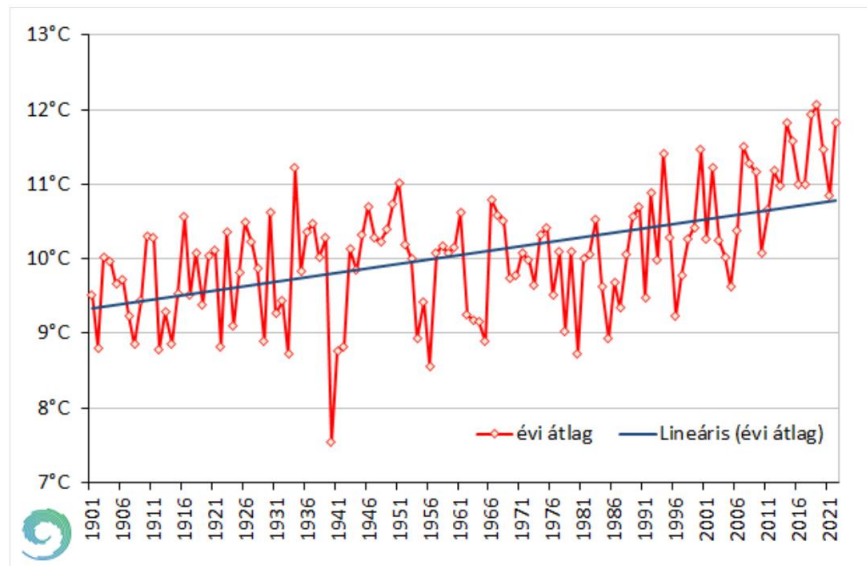
1. Irodalmi áttekintés

1.1. Klímaváltozás trendje Magyarországon

Hazánk a mérsékelt éghajlati övben helyezkedik el, nagyjából egyenlő távolságra található az Északi sarktól és az Egyenlítőtől is. Éghajlatunkat egyszerre alakítják a tőlünk keletről érkező kontinentális légtömegek, amik a hideg telekért és a meleg, csapadékban igen szegény nyarakért felelősek és a nyugatról érkező óceáni vagy mediterrán hatások, amik viszont enyhe, csapadékos teleket és hűvös, csapadékos nyarakat idéznek elő országunkban. Az ország jelentősebb területein 10-11 °C az évi középhőmérséklet, a csapadékos napok száma nagyjából 120-140 közé tehető, a napsütéses órák száma az ország déli részein meghaladhatja a 2000 órát viszont akadnak olyan területek is, ahol akár az 1900-at sem éri el. (Páhoki 2019)

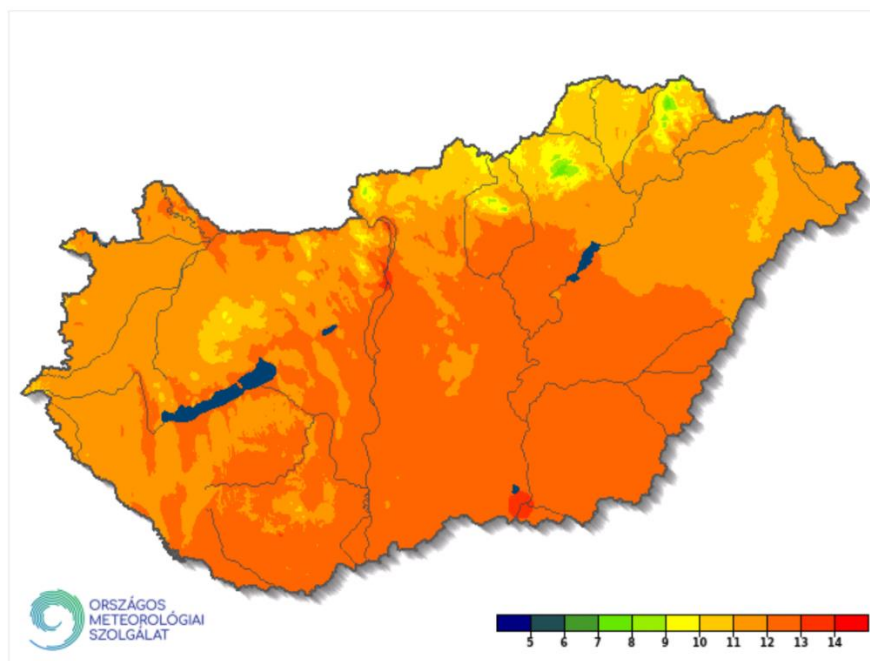
Az éghajlat szabja meg, hogy az évnek melyik szakaszában, milyen hatékonysággal lehet és milyen növényeket termesztetni az adott helyen. Alapvető kockázati tényezők a mezőgazdasági termelésben az időjárási viszonyok éven belül és évek közötti ingadozása, esetleg extrém jelenségek előfordulása, amiknek a hatásai a termés hozamok ingadozásában mutatkozhatnak meg. Éghajlati potenciálnak nevezzük azt, amikor az éghajlati hatás a termesztett növények termés hozam maximumait behatárolja. (Tamás 2008)

Magyarországon rendelkezésre álló több mint százéves adatsorok már lehetővé teszik éghajlattörténetünk legfiatalabb szakaszának elemzését a változó klímahatások területén. (Antal 1999). A 2022 évben bekövetkezett nagymértékű aszály miatt szükséges az évjáratra konkrétan kitérni. A klímakutatások alapján hazánk éghajlatának változása jól illeszkedik a globális tendenciákhoz, a több mint százéves adatsorra illesztett lineáris trend +1.01 °C emelkedést adott (http3). Az érték kissé meghaladja a globális értéket, de az európai trendekkel azonos. Az elmúlt évtizedek elemezve, azonban a melegedés mértéke közel +0.2 °C-kal magasabb értékkel jellemezhető, ami lényeges változást mutat előre (OMSZ). A hosszú idősorok adatai alapján az elmúlt száz év éves átlaghőmérsékletei között több mint 4 °C különbség van, az egymást követő évek átlaghőmérséklete pedig akár 1.5 °C-kal is eltérhetnek egymástól (http3) (1. ábra)



1. ábra. Az évi középhőmérséklet 1901 és 2022 között Magyarországon (homogenizált, interpolált országos átlag) (Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)

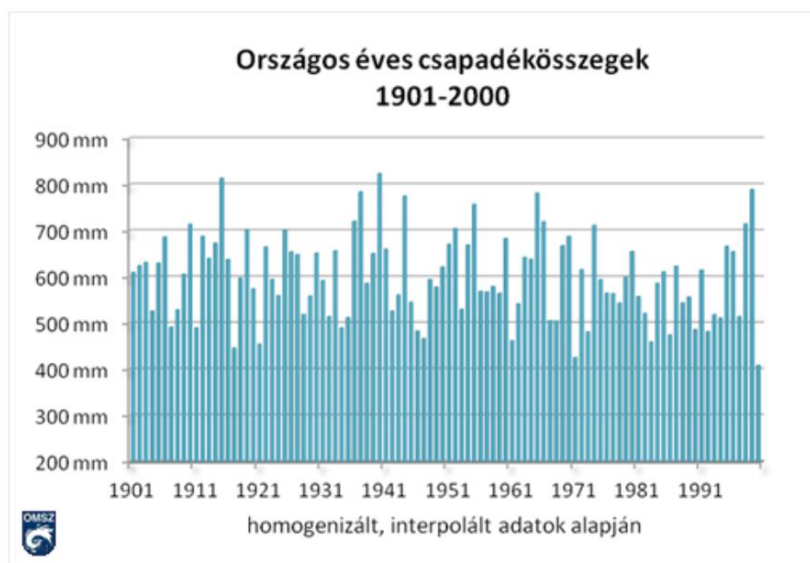
Az évi középhőmérséklet átlagértékeinek területi eloszlása elsősorban a domborzat hatását tükrözi, 2022. évben 8-13 °C között alakult. (2. ábra)



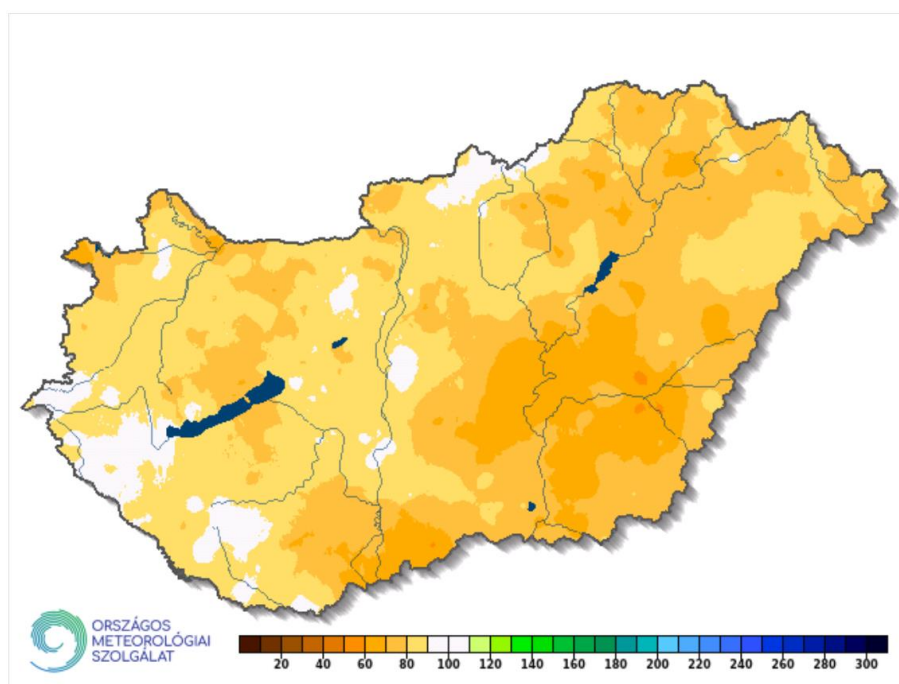
2. ábra. 2022. évi középhőmérséklet (°C) (homogenizált, interpolált adatok alapján) (Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)

A hőmérsékleti trendanalízissel szemben a csapadék adatokban már nem fedezhető fel egyértelmű tendencia a több mint száz éves adatokat elemezve. Ennek legfőbb oka elsősorban a csapadék tér-időbeli igen nagy szélsőségei, ami Magyarország kontinentális éghajlatának köszönhető (Rakonczai 2000). A csapadék sokévi területi eloszlása már jól defeniálható

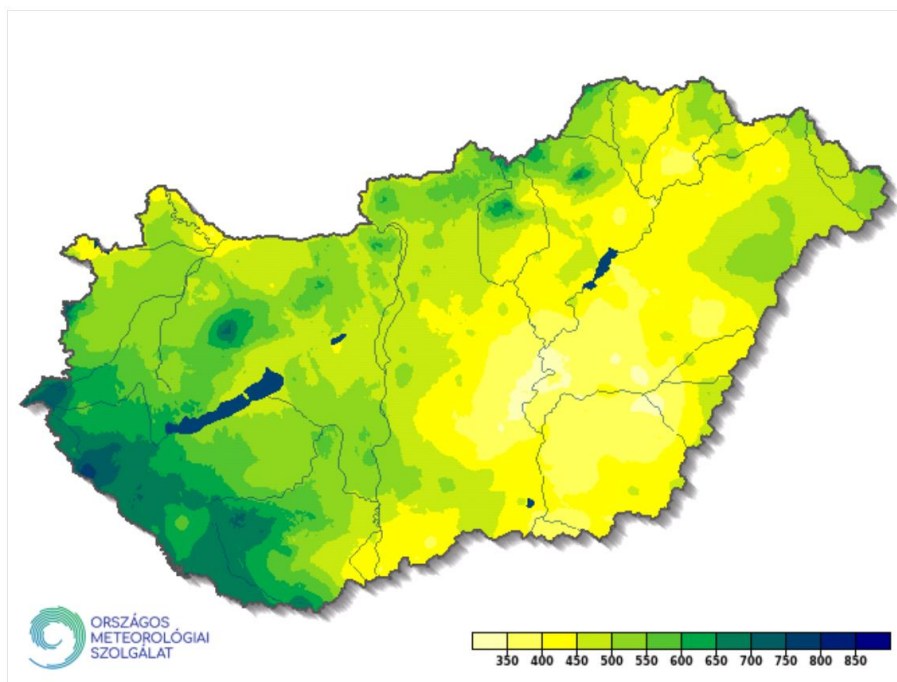
területekre bontható, míg hazánk nyugati részein és a hegyvidéken 750 mm, addig az Alföld középső részére 500 mm jellemző (3. ábra)



3. ábra Országos évi csapadékösszegek (Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)



4. ábra A 2022. évi csapadékösszeg az 1991-2020-as normál %-ában (homogenizált, interpolált adatok alapján) (Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)



5. ábra A 2022. évi csapadékösszeg (homogenizált, interpolált adatok alapján) (Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)

Feltehető, hogy a melegedés okozta a hidrológiai ciklusok felgyorsulnak, így intenzívebb esőzések formájában egyszerre több csapadék hullik a földre, így romlik az időbeli és mennyiségbeli eloszlása, az intenzívebb zivatarok esetén romlik a beszivárgás ezzel a talajok nedvességtartalma is csökken, megnő az elfolyás, ami okozhat árvízveszélyeket is. (Láng et al. 2007)

A tavaszi feltöltődési időszakokban történő csapadéknak a mennyisége 25%-kal csökkent, az őszi és téli 10-15%-kal, a nyári csapadékviszonyok nem változtak ez elmúlt 100 év átlagához képest, viszont a melegedés hatására egyre szárazabb nyarak száma növekszik és káros hatásaik jóval nagyobbak. (Varga et al. 2008)

A csapadékmennyiség csökkenése az északnyugati területeken a legnagyobb mértékű, de mivel ott átlagon felüli csapadék hullott, így nem szembetűnő, ellentétben az Dél-Alfölddel, ahol a csökkenés az eleve kevesebb átlagos csapadékmennyiségből hiányzik. (Láng et al. 2007)

1.2. Öntözött területek Magyarországon

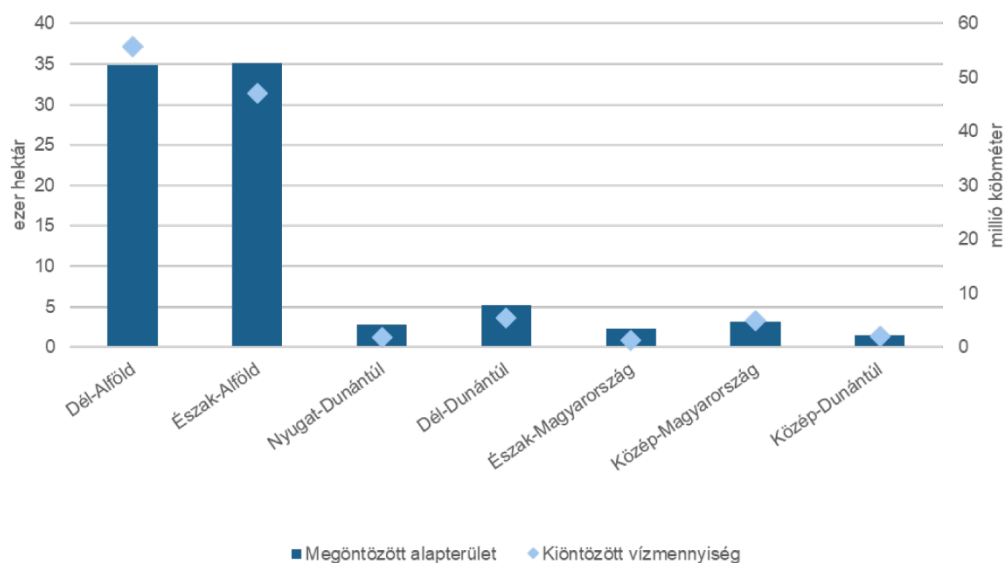
Magyarország klimatikus adottságai szárazgazdálkodásban igen jelentős termésingadozást okoznak. Az elmúlt 10 évet vizsgálva, megállapítható, hogy átlagos 25–30-100%-os termésingadozást elsősorban a kiszámíthatatlan csapadék-ellátottság okozza.

A megtermelt árualap homogenitásának, de mindenekelőtt a termés biztonságának eléréséhez a legfontosabb termesztéstechnológiai eszköz: az öntözés.

Öntözés nélkül több növénykultúra termesztése válhat bizonytalanná, illetve tűnhet el a magyar termelői palettáról. Ezek elsősorban vetőmag- és szaporítóanyag előállítás, a gyümölcsstermesztést, illetve szántóföldi zöldségtermesztést érintik. A felsorolt kultúrák a szántóterület mintegy 2-3 %-át köti le, de a mezőgazdaság termelési értékének 15-25 %-a (Cselótei 2005).

Az öntözés kiindulásánál arra kell törekedjünk, hogy az eredményes növénytermesztés érdekében milyen igényeknek kell megfeleljünk, hogy a növényben rejlő potenciálokat a legjobban ki tudjuk használni. A növények vízháztartása három kategóriába sorolható, ami lehet optimális, szélsőséges és a kettő közötti úgynevezett átmeneti állapot. Optimális esetben a növény igényeihez mértén mindenkor rendelkezésre áll a megfelelő mennyiségű nedvesség a talajban. Szélsőséges esetekben előfordul káros víztöbblet vagy káros vízhiány, amelyek a növény fejlődését gátolják, hosszú ideig fennálló állapot esetén pedig a növény pusztulásához is vezethet. Szántóföldön a legnagyobb részt átmeneti vízellátottsági állapotban van a növényállomány, a káros vízhiány és víztöbblet között, valamilyen aktuális vízellátottsággal jellemezhető. A mezőgazdasági vízgazdálkodás célja, hogy a növénytermesztés és a vízgazdálkodás olyan állapotot alakítson ki és tartson fent a növények számára, hogy a víz ne legyen korlátozó vagy befolyásoló tényező. (Vermes 1997)

Magyarországon mintegy 200 ezer hektár termőterület rendelkezik öntözési vízjogi engedéllyel, melyből az évek átlagában mintegy 50-100 ezer hektáron valósul meg öntözés. A vízjogilag öntözött területek közel háromnegyede az Alföld területeit érinti, kiemelkedő Jász-Nagykun-Szolnok és Békés vármegye 63.573 hektár területtel. Az éves üzemre engedélyezett éves vízmennyiség 2019-2021. közötti időszakban 259-591,6 millió m³ volt, ebből 34-70.5 millió m³ volt az üzemre engedélyezett vízmennyiség megyei átlaga az Alföldön. A ténylegesen kiöntözött vízmennyiség területei értékei nagy szórást mutatnak, az évek átlagában Dél-Alföldön 12-15%-kal több vizet öntöztek ki az országos átlaghoz képest, elsősorban aszályérzékenység miatt. (Demeter 2022).



6. ábra. A megöntözött terület és a kiöntözött vízmennyiség régióként (2021). (Forrás: NAIK, AKI Agrárstatisztikai Osztály)

A felhasznált öntözővíz forrása 93,6 %-ban felszíni, 5,92 %-a felszín alatti víz és mintegy 0,5%-ban parti szűrésű víz (Demeter 2021).

Magyarország az adottságaihoz és az EU többi tagországaihoz viszonyítva az öntözött területek kiterjedésében jelentős elmaradása van öntözéses gazdálkodás szempontjából. A fejlett európai országokban az öntözhető területek közel 80%-át is hasznosítják (Juhász 2021)

1.3. A kukorica vízigénye

A kukorica (*Zea mays*) optimális fejlődéséhez, növekedéséhez a hőmérséklet mellett a megfelelő vízellátás elsődleges a nagy terméspotenciálja miatt (Bocz 1992).

A kukorica vízigénye 450-550 mm, a napi vízfogyasztása Nagy (2007) szerint 4,5-5,5 mm/ha. Berzsényi (2012) kutatási eredményei alapján ezzel szemben magasabb 460-580 mm vízigényt határozott meg, ami a bevont eltérő genotípusokkal magyarázható.

Magyarországon a növény vízigénye magasabb mint a jellemző átlagos csapadékmennyiség, 100-150 mm-rel (Nagy 2021). Nagy (2012) szoros összefüggést állapított meg a termés nagysága és a csapadékelátottság között a debreceni tartamkísérletek alapján.

A vízelátottság szempontjából két markáns időszakot lehet elkülöníteni Magyarország klimatikus adottságai alapján.

A vegetatív fejlődés kezdeti szakaszában elsősorban a víztöbblet okoz károkat a kukorica fejlődésére, növekedésére. Zaidi et al. (2014) kísérleti eredményei szerint a vízborítottságtól függően, akár 23-32 %-os terméskiesést okozhat.

A vegetatív szakasz vízelátottsági viszonyaihoz képest elsőszámú terméslimitáló tényező a virágzás-szemtelítődés középső szakaszáig fellépő csapadékszegény időszak (Nielsen 2010). A megállapításokat alátámasztva Megyes et al. (2000) hasonló eredményeket közölt, kiemelve a július közepétől- augusztus közepéig terjedő időszak csapadékmennyiségét. Értekezésében a július-augusztus optimális csapadékmennyiséget 200 mm körül állapította meg. (Bocz 1992). A virágzás-termékenyülés időszakában fellépő vízstressz hatására csökken a szemtömeg és szemszám, ami akár nagymértékű termés kiesést okoz. (Smith et al. 2004). Csathó et al. (1991) kísérletei alapján a vízstressz a meddő tövek arányát is nagymértékben növelte. Magyarországon ez az időszak a legmelegebb és jellemzően itt alakul ki a talajaszály a kritikusan lecsökkent talajnedvesség és legmagasabb evapotranspirációs értékeknek köszönhetően. A generatív szakaszra jellemző stresszállapotot nagymértékben fokozhatja a vegetatív periódusban bekövetkezett vízhiányos állapot (Gombos 2019).

A vízelátottságokat nagymértékben befolyásolja a talajművelés, a tápanyag-gazdálkodás, az öntözés és a tőszám Huzsvai és Nagy (2003) tartamkísérleti eredményei alapján. Nagy (1996,1998,1999) komplex kísérletei alapján az öntözés 28%, a talajművelés 18%, a növényszám 6% és a tápanyag-gazdálkodás 48%-ban növelik a termést.

1.4. NDVI – Normalizált Differenciális Vegetációs Index

Az NDVI a normalizált különbség vegetációs indexe, az elemzők által a leggyakrabban használt távérzékelési index. A közeli infravörös fény (NIR), amit a növényzet visszaver és a vörös fény, amit elnyel, a kettő közötti különbség mérésével kapható meg. Az NDVI mindig -1 és +1 közötti érték. Mezőgazdaságban az egészséges növényzet klorofill tartalma miatt több közeli infravörös és zöld színt ver vissza és a vörös és kék sávokból nyel el többet, ezért látjuk zöldnek a növényzetet. ([http6](#))

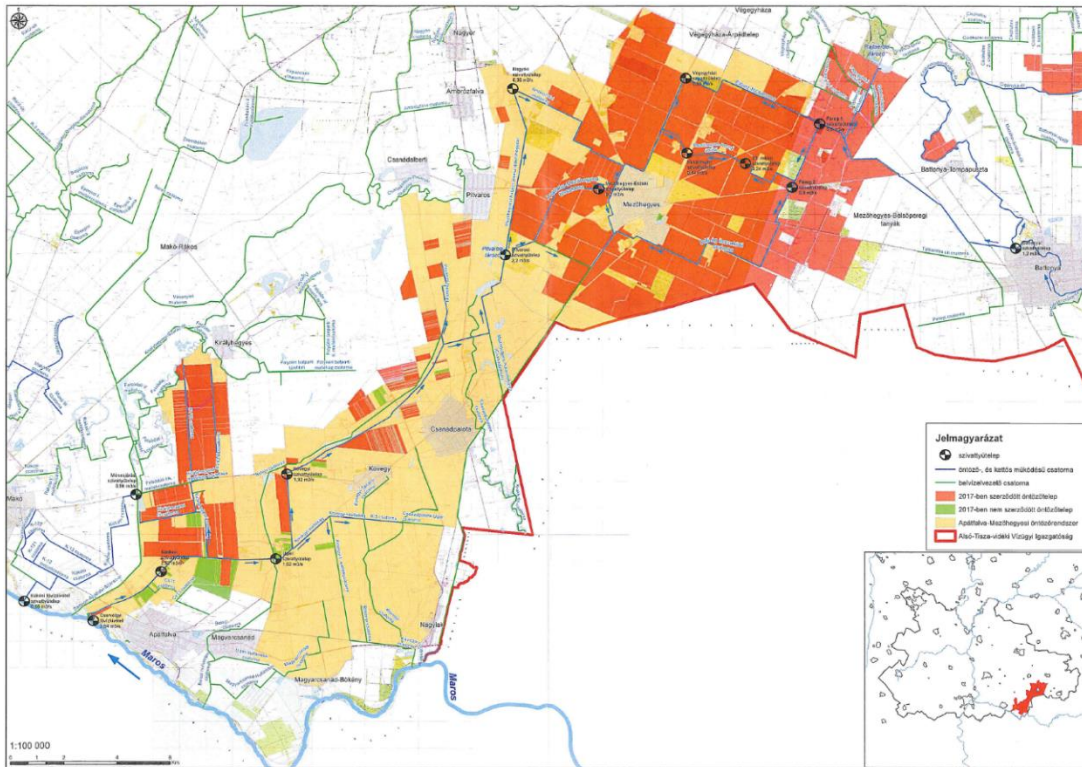
A nagy felbontású műholdképeken látható egy adott terület biomassza mennyisége, ami a levelek klorofill és víztartalmával vannak összefüggésben. Minél kisebb az index, annál kisebb a terület növényvel való borítottsága, ha közel 1, akkor az dús vegetációra utal, annál nagyobb a zöld tömeg, a vízellátottság és a jó tápanyag ellátottság. A növények zöldességének éves menete jól megfigyelhető, kukorica esetében a keléstől augusztus hónapig folyamatosan emelkedik, majd ősztől intenzíven csökkeni kezd. Aszályos években a jellegzetes évi menettől akár nagy mértékben is eltérhet, ezért nagyon hasznosak ezek az indexált térképek. ([http7](#))

1.5. Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. szerepe az öntözésben

Az öntözés hosszú múltra tekint vissza a Ménesbirtok területén. Az 1889-ben alapított mezőhegyesi cukorgyár vízellátására létesítették az Elővíz-csatornát. A csatorna Arad térségében ágazott ki a Marosból, Battonya és a ménesbirtok érintésével Nagylak közelében torkollott ismét a Marosba. A csatorna 95 km hosszúságú és $1-2 \text{ m}^3/\text{s}$ vízzállítású csatorna a cukorgyár mellett a mezőhegyesi és nagylaki kendergyár, a 288 ha mezőhegyesi és 81,7 ha nagylaki öntözött rét vízellátását biztosította.

A korszerű öntözés megteremtésének első lépése 1985-ben kezdődött, amikor is lehetőség nyílt öntözővíz beszerzésére a Szárazér-Élővíz-csatornán keresztül. Ekkor már 500 hektár öntözése valósulhatott meg csévéldobos berendezésekkel. Az Apátfalva-Mezőhegyesi öntözőrendszer kiépítése 1988-tól 1994-ig, a Szárazér-Élővíz-csatorna felújítása 1994-től 1995-ig tartott. Jelenleg ezen a két csatornaszakaszon érkezik az öntözővíz, az utóbbin elenyésző mennyiségben. Ezen szakaszok a főmű részét képezik, így fenntartásuk, üzemeltetésük is a helyileg illetékes vízügyi igazgatóság (ATIVIZIG) feladata.

A rendszert a Maros folyó táplálja mind a két irányból, az elsődleges és egyben legnagyobb vízmennyiséget szolgáltató, az Apátfalvánál található Cservölgyi fővízkivétel, melynek teljesítménye $2,64 \text{ m}^3/\text{s}$. A Mezőhegyesi-Északi szivattyútelep nagyjából 30 km-re található, így a szakaszon a távolság és magasságkülönbségek miatt további 4 szivattyútelep található. (kardosi-, ugari-, kövegyi- és pitvarosi-szivattyútelep). A Mezőhegyesi-Észak teljesítménye $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$, innen kezdődik a Ménesbirtok üzemi öntözőterülete.

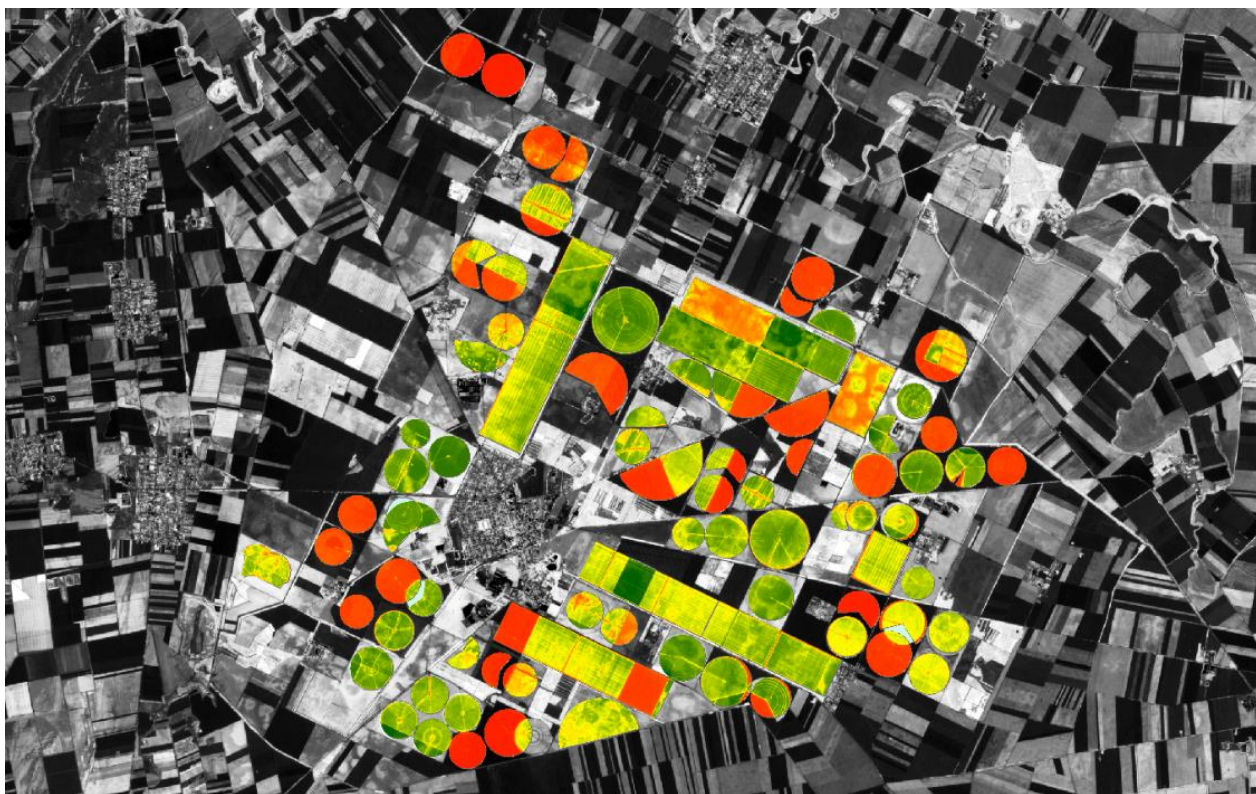


7. ábra Apátfalva-Mezőhegyes öntözőrendszer csatornahálózata és szivattyútelepek (2022)
(Forrás: ATIVIZIG)

Az üzemi területen található csatornaszakaszok döntő többségét (26 km lineár csatornák nélkül) és a 6 szivattyútelepet (Mezőhegyes-Északi-, Huszi majori-, Végegyházi-, 23. majori-, Pereg I.-, Pereg II.-szivattyútelep) az ATIVIZIG üzemelteti és tartja karban. A csatornák nagyrésze föld medrű, de találhatóak még fóliával, illetve beton elemekkel szigetelt szakaszok is.

A Ménesbirtok szántóföldi területein 1992-től 2008-ig megvalósult fejlesztéseknek köszönhetően az egyidejűleg öntözhető területek nagysága elérte a 2300-2500 ha, adott év vetésszerkezetétől függően.

Az elmúlt években megvalósult öntözésfejlesztésnek köszönhetően napjainkban 5.171 ha öntözött terület áll rendelkezésre a nagy termelési értéket képviselő növénykultúrák termesztésére, cél 3700 ha terület egyidejű vízpótlásának biztosítása.



8. ábra. A Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. öntözött területei (2022) (Forrás: saját szerkesztés)

A 8137 ha kiterjedésű szántóterületen a növénykultúrák közül legnagyobb prioritása a hibridkukorica előállításának van, de a minőségi takarmány- és élelmiszer-alapanyag termesztés is meghatározó (1. táblázat).

1. táblázat. A Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. vetésszerkezete (2018-2022) (Forrás: saját forrás)

Növénykultúra	Terület (%)
Hibridkukorica	28.7
Takarmánykukorica	8.0
Őszi búza	18.3
Napraforgó	14.3
Szója	13.9
Fű/Fűszéna	4.1
Silókukorica	3.0
Lucerna	2.9
Egyéb	6.8
Összesen:	100.0

2. Anyag és módszer

2.1. A terület rövid természetföldrajzi jellemzése

A vizsgáltba bevont terület a Csongrádi-sík kistájba tartozik az ország természeti tájainak rendszertani felosztása szerint. A kistáj a Tisza-völgy irányába lejtő, lösszel és homokkal fedett hordalékkúp síkság, domborzata 80 és 101 m közötti tszf-i magassággal jellemezhető.

A terület vízrajzát elsősorban a Maros, valamint a vízgyűjtőjéhez tartozó Mezőhegyesi-csatorna (42 km, 246 km²), a Királyhegyesi-szárazér (26 km, 98 km²) és az Élővíz főcsatorna határozza meg. A terület gyér vízfolyású, erősen vízhiányos. A jellemző talajvízállások általában 2-4 m mélyen találhatók. A vizsgált területre jellemző talajok fizikai besorolása agyagos vályog, vályog, domináns talajtípus a réti csernozjom, az alföldi mészlepedékes csernozjom, és a mélyben sós réti csernozjom talajok.



9. ábra 56 tábla talajszelvénye (Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt, 2020.)

A terület meleg, száraz éghajlatú. Az évi középhőmérséklet 10.1-10.5 °C, a vegetációs időszak átlaga pedig 17.3 °C, a hosszútávú idősorok alapján ariditási index 1.3. Az utolsó fagyok április 5. körül szűnnek meg, az őszi fagyok kezdete október 25. és 28. közé tehető. Az évi csapadék nem éri el a 550 mm mennyiséget, ebből a tenyészidőszakban jellemzően mintegy 320 mm esik.

A felszín alatti víz szempontjából fokozottan érzékeny és kevésbé érzékeny, valamint a kiemelten érzékeny felszín alatti vízminőség védelmi területeken lévő településeket tartalmazó 7/2005. (III.1.) KvVM rendelet Mezőhegyes települést és környékét az érzékeny területek közé sorolja. A 49/2001. (IV.3) Korm. rendelet Mezőhegyes települést a nitrát érzékeny területek közé sorolja. A vizsgált terület nem tartozik Natura 2000 –es területek közé. A terület jelentős része a MEPAR alapján aszályérzékeny terület.

2.2. A terület talajtani jellemzése

2.2.1. Talajkémiai paraméterek

A kísérleti terület talajának genetikai főtípusa csernozjom. A genetikai típuson belül a terület talaja a mély humuszcsernozjom (~100 cm) változatba tartozik. 2022-ben végzett talajvizsgálati eredmények (Debreceni Egyetem Agrárműszertudományi Intézet NAT-1-1054/2014) alapján a talajréteg 0-30 cm mélységében az Arany-féle kötöttségi száma 40, pH-ja (KCl) 7,6, humusztartalma 3,36% volt (2. táblázat).

2. táblázat A kísérletbe vont szántóterület talajkémiai eredményei

Elem	Átlag	Szórás	Medián	Min	Max	Ferdeség	Csúcsosság	N
pH (KCl)	7.6	0.14	7.7	7.2	7.8	-1.78	3.64	28
Arany-féle kötöttségi szám (KA)	40.0	1.87	40.0	37.0	43.0	0.16	-0.96	28
Vízben oldható összes só (m/m) %	0.04	0.00	0.04	0.04	0.04	-1.07	-2.20	28
Szénsavas mész CaCO ₃ (m/m)%	1.0	0.10	1.0	0.7	1.1	-1.41	2.66	28
Szerves szén Humusz (m/m)%	3.4	0.32	3.5	2.5	3.9	-0.81	1.06	28
Al-oldható P ₂ O ₅ (mg/kg)	219.1	69.73	211.8	105.1	354.3	0.52	-0.31	28
Al-oldható K ₂ O (mg/kg)	814.6	77.62	802.4	689.0	993.2	0.64	-0.08	28
KCl-oldható Nitrát (mg/kg)	29.6	3.78	30.5	19.7	34.7	-0.84	0.65	28
Al-oldható Na (mg/kg)	47.5	3.62	46.6	42.6	53.5	0.29	-1.31	28
KCl-oldható Mg (mg/kg)	196.3	16.46	194.0	165.6	229.4	0.22	-0.64	28
KCl-oldható SO ₄ -S (mg/kg)	8.5	1.23	8.4	6.4	11.0	0.18	-0.69	28
EDTA-oldható Mn (mg/kg)	261.8	190.97	137.0	43.0	570.0	0.35	-1.83	28
EDTA-oldható Zn (mg/kg)	2.2	0.69	2.0	1.2	4.0	0.83	0.30	28
EDTA-oldható Cu (mg/kg)	4.3	1.64	3.9	1.8	8.2	0.65	-0.34	28

2.2.2. Talajfizikai paraméterek- talajvízkémia tulajdonságok

A vizsgált területeken a talaj 0-100 cm szelvényében egységesen agyagos vályog, helyenként agyag fizikai féleségű, az Arany-féle kötöttségi értékek igen szűk határon belül változnak, a pF görbék karakterisztikái is hasonlóan alakulnak. A vízgazdálkodási besorolásban, tulajdonságokban lényeges heterogenitás nem tapasztalható, értékei:

- szántóföldi vízkapacitás (VKsz): 37-39 tf%,
- holtvíz (HV): 9-16 tf%,
- diszponibilis víz (DV): 18-22 tf%
- víznyelés sebessége: 70-100 mm/óra
- hidraulikus vezetőképesség: 1-4 mm /óra

A talaj vízgazdálkodását alapvetően befolyásoló összporozitás (P) a területek 30-40 cm mélységben 41-50 %-os porozitási érték a jellemző, valamint az 1,3-1,5 g/cm³ közötti térfogattömeg érték. Ez alapján elmondható, hogy a vizsgált területen a megfelelő porozitás értékek és térfogattömeg értékek mellett nem áll fenn a réteg feletti vízpangás veszélye, mely elsősorban az okszerű talajművelésnek köszönhető.

A Ménesbirtok Zrt öntözésfejlesztését megalapozó dokumentumok közül az Öntözési Talajvédelmi Terv alapján a talajvízben a nitrát és a szulfát koncentráció esetében a legtöbb mintavételi pontban a kapott eredmények meghaladják a „B” szennyezettségi határértéket. A Na% a vizsgálati területen a talajvizekben magas, jellemző a 30% feletti, mely megfelel a mélyben sós csernozjomok esetében tapasztalható értéknek. A többi vizsgált komponens értéke határérték alatti.

2.2.3. Kísérletbe bevont környezeti adatbázisok és távérzékelte adatok

Szaktervezésemben részletesen a 2018-2022 évek termesztési és környezeti adatait dolgoztam fel, így a vízellátottság szempontjából kedvező és kedvezőtlen évjáratok is kellő mértékben reprezentáltak voltak a részletes elemzésben. Az elemzés megalapozása céljából vizsgáltam a Mezőhegyes térségének az öntözés szempontjából releváns klimatikus paraméterek változását 2002-2022 időszakban, elősegítve a vízpótlás hatékonyságának növelését. Az eredmények megbízhatóságának növelése érdekében, az egyes évjáratokban 4 jellemző genotípus került kiválasztásra évenként eltérő vetésterülettel csökkentve a térbeli heterogenitásból adódó hibákat (3. táblázat).

3. táblázat A kísérletbe bevont genotípusok területei

Genotípus	2018	2019	2020	2021	2022
	ha	ha	ha	ha	ha
4	43	34	53	60	53
3	94	95	33	46	64
1	138	56	59	56	120
2	132	116	111	135	175
Összesen	407	301	256	297	412

Az elemzésbe bevont mezőgazdasági táblák termesztéstechnológiája egységes volt, elsősorban az elővetemény jelentette az eltérést (4. táblázat).

4. táblázat A kísérletbe bevont területek termesztéstechnológiai összefoglalója

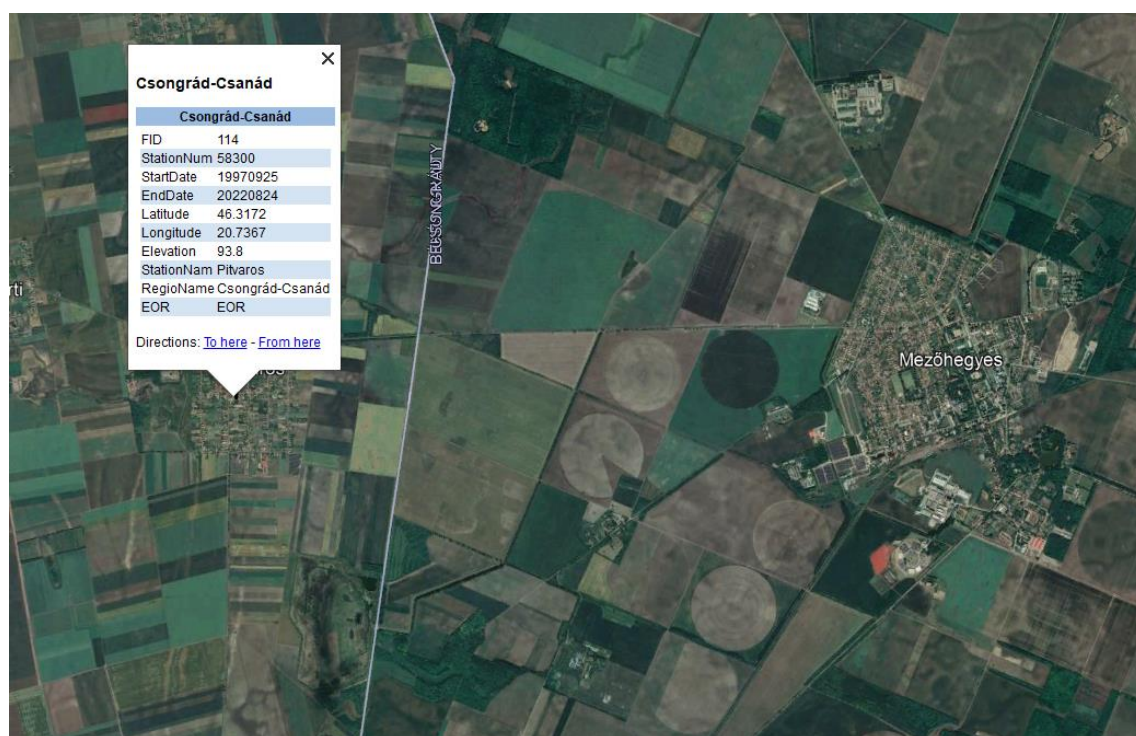
Év	Tábla	Alapművelés	Elővetemény	Vetési technológia
2018.	13	Szántás	őszi búza	3 frakció
	44	Szántás	repce	4 frakció
	59	Szántás	szója	4 frakció
	60	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	61	Szántás	őszi búza	4 frakció
	64	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	65	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
2019.	11	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	16	Szántás	őszi búza	4 frakció
	17	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	18	Szántás	szója	4 frakció
	35	Szántás	őszi búza	3 frakció
	59	Szántás	őszi búza	4 frakció
2020.	64	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	13	Szántás	őszi búza	3 frakció
	14	Szántás	szója	3 frakció
	38	Szántás	takarmánykukorica	4 frakció
	47	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	58	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	59	Szántás	őszi búza	4 frakció
	65	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
2021.	66	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	82	Szántás	szója	4 frakció
	11	Szántás	őszi búza	4 frakció
	12	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
2022.	41	Szántás	szója	3 frakció
	86	Szántás	őszi búza	4 frakció
	6	Szántás	őszi búza	3 frakció
	9	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	10	Szántás	hibridkukorica	4 frakció
	33	Szántás	őszi búza	4 frakció
	70	Szántás	napraforgó	4 frakció
	71	Szántás	hibridkukorica	4 frakció

Az öntözés gyakorlatát a 2021-2022 években nagymértékben befolyásolta a folyamatban lévő beruházás, kapacitás kiesést okozva a vetőmag előállítás kritikus szakaszaiban (5. táblázat).

5. táblázat Az öntözéssel kijuttatott vízmennyiség a genotípusoként és évjáratonként

Év	Genotípus1	Genotípus2	Genotípus3	Genotípus4
	Öntözővíz össz (mm)			
2018	88	99	91	80
2019	202	209	188	205
2020	217	243	33	201
2021	162	152	170	109
2022	94	107	155	211

A klimatikus paraméterek adatbázisának alapja az Országos Meteorológiai Szolgálat Pitvaros állomás (ID: 58300) mérési programjának napi adatai voltak (10. ábra) . Dolgozatomban a léghőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), a relatív páratartalom (%) , szélesség (m/s) és a csapadék (mm) adatokat dolgoztam fel.



10. ábra. Pitvarosi klímaállomás térbeli pozíciója a Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. területeihez

A mérési adatokból előállított adatbázist a Debreceni Egyetem Precíziós Növénytermesztési K+F Szolgáltató Központ által fejlesztett metagro.hu információs

rendszerbe integráltuk, elősegítve a hatékony aggregálást, szűrést, az évjáratok több szempontú vizsgálatát, illetve a növényállomány vízforgalmának modellezését.

A biomassza multitemporális nyomonkövetésére a Sentinel 2 műhold felvételeit gyűjtöttem le 1998-2022 időszakra. A Sentinel-2 (A és B) passzív optikai műholdpár 2015, illetve 2017 évektől kezdték meg működésüket. (ESA) A műholdpár 785 km magas napszinkron pályán kering így 5 napos gyakorisággal történhet adatgyűjtés egy adott területről. Az alkalmazott push broom technológián alapuló passzív MSI-t (MultiSpectral Instrument) szenzor 12 spektrális sávban készít felvételeket a látható, közeli és közepes infravörös tartományban, 12 bit radiometrikus felbontással. A felvételek 100*100 km csempékben, spektrális sávától függően alapból 10-60 m térbeli felbontással rendelkeznek. Az egységes vetületi rendszer UTM, ebben az esetben WGS84 UTM 34 (EPSG: 32634). A leválogatott műholdfelvételek a N0301 pásztában a T34TDS UTM zóna csempéket érintette.

A felvételek kiválasztása és leválogatása után a feldolgozás az elemzés céljától függően elsősorban a felvételek felhőborítottsága és a növénykultúra fenológiai fázisai alapján történt (6. táblázat).

6. táblázat A távérzékelte adatbázis felvételei évenként és fő fenológiai szakaszonként

Fenológiai szakasz	2018	2019	2020	2021	2022
Vegetatív	5. 20.	6. 9.	5. 21.	5. 26.	6. 3.
	5. 30.	6. 16.	6. 25.	6. 5.	6. 25.
	6. 24.	6. 26.	6. 28.	6. 18.	6. 28.
	7. 4.		6. 30.	7. 5.	7. 3.
Generatív	7. 6.	7. 6.	7. 10.	7. 8.	7. 8.
	7. 14.	7. 19.	7. 15.	7. 10.	7. 20.
	7. 29.	8. 5.	7. 28.	7. 13.	7. 23.
	8. 3.	8. 28.	7. 30.	7. 18.	7. 30.
	8. 10.	9. 4.	8. 2.	7. 23.	8. 2.
	8. 13.	9. 27.	8. 12.	7. 30.	8. 17.
	8. 18.		8. 17.	8. 2.	8. 27.
	8. 23.		8. 22.	8. 7.	9. 8.
	8. 25.		8. 27.	8. 12.	
	8. 28.		8. 29.	8. 14.	
			9. 6.	8. 19.	
			9. 11.	8. 24.	
				8. 29.	
				9. 13.	
Összesen (db)	14	9	16	18	12

Az elsődleges korrekciók (radiometrikus és térbeli) után meghatároztam a nemzetközi szakirodalomban elterjedt Normalizált Vegetációs Index értékeit az egyes genotípusokra/időpontra és mezőgazdasági táblára (ROUSE):

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$$

ahol NIR B8 spektrális sáv

RED B4 spektrális sáv

A feldolgozás eredményeképpen egy adott tábla heterogenitását a biomassa táblán belüli relatív szórásával (szórás/átlag) és a táblán belül a biomassa térbeli elrendeződésével ($NDVI/NDVI_{\text{táblaátlag}}$) is jellemeztük.

2.2.4. Térinformatikai és statisztikai értékelés

A térbeli adatok kezelése, transzformációja és térbeli műveletei a nyílt forráskódú QGIS 3.30.1 verziószámú szoftver segítségével történt. Ugyancsak e platformon dolgoztam fel a raszter alapú adatforrásokat, előállítva az egyes táblák esetében a leíró geostatisztikai eredményeket.

A hisztorikus meteorológiai adatbázis előállítása és a növényállomány vízforgalmával kapcsolatos számítások, modellezések a Debreceni Egyetem Precíziós Növénytermesztési K+F Szolgáltató Központ által kifejlesztett Metagro Növénytermesztési Információs Rendszer keretében történtek.

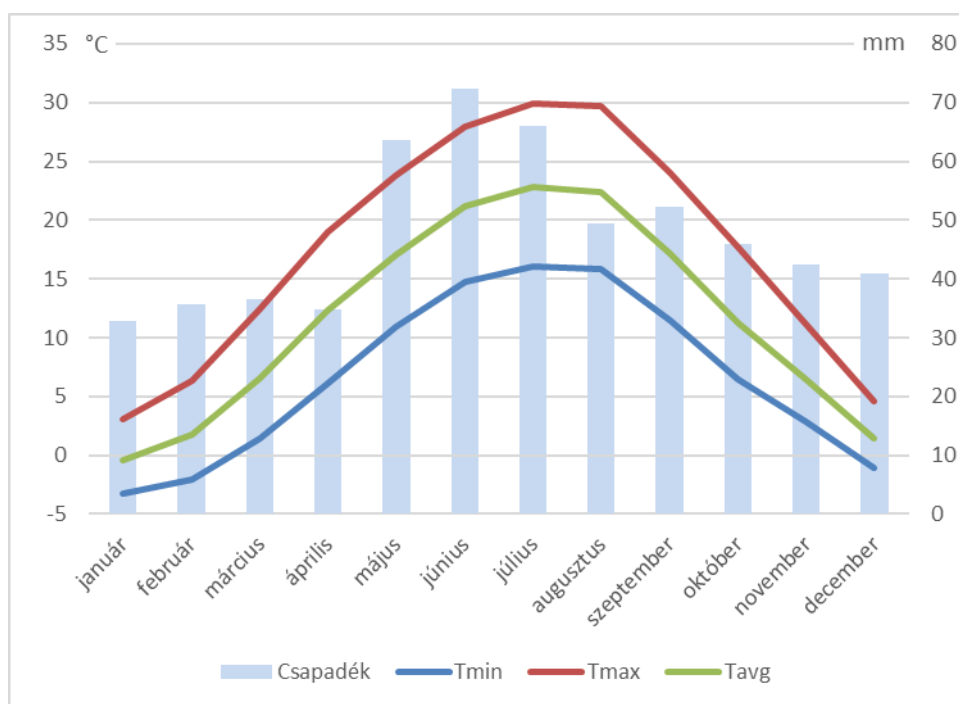
A statisztikai elemzésekhez az adatok feldolgozását Microsoft Excel 2016 programcsomaggal végeztem. A különböző paraméterek és az átlagtermés közötti kapcsolat megállapításához Pearson-féle korrelációanalízist alkalmaztam.

3. Eredmények és értékelésük

3.1. A célterület multitemporális klímavizsgálata

A klimatikus viszonyok 20 éves időtávú elemzése során a Mezőhegyes szomszédságában található Pitvaros településen működő meteorológiai állomás adatait használtuk fel. Az Országos Meteorológiai Szolgálat által mért paraméterek közül a csapadék és a párolgás, valamint a hőmérséklet 2002-2022 közötti hosszú idősorai, illetve az ezekből származtatott mutatók szolgáltak referenciaként a 2018-2022-es tenyészévek növényfenológiai-, termés-, klímaadatait illetően.

A kistájon - tágabb értelemben kukorica alföldi termőterületeinek csaknem egészen - a víz a termés kritikus limitáló tényezője, így vizsgálataink mindenekelőtt a klimatikus vízmérleg elemeinek alakulását, a növényi vízellátottság, mint a produkciót elsődlegesen meghatározó paraméter jellemzését célozták. Emellett a vízigényre a párolgáson keresztül közvetve ható, a léghőmérséklet erős vagy szélsőséges pozitív anomáliáira, valamint a légköri aszályra utaló mutatószámokat képeztük és hasonlítottuk össze.



11. ábra A hőmérséklet és a csapadék átlagos évi járása (OMSZ-Pitvaros, 2002-2022.)

A legutóbbi mintegy 20 év csapadékösszege évi 569,7 mm volt, melyből a kukorica tenyész időszakát hozzávetőleg lefedő április-szeptember időszakban 338,2 mm, a három nyári hónapban pedig 187,2 mm hullott (11. ábra). Az országos összehasonlításban (500-900 mm) és a kukorica évi 400-500 mm-es igényét tekintve egyaránt alacsony összegekkel szemben 1140

mm évi potenciális párolgás áll, ebből az április és szeptember közötti időszakra 899,8 mm, a nyári hónapokra pedig 549 mm jut átlagosan. Pusztán az időszakai csapadékmennyiségekkel összevetve is megállapítható, hogy a terület eredendő éghajlati sajátossága a negatív vízmérleg, valamint az, hogy a lehetséges párolgási ráta az esetek túlnyomó hányadában csak részben realizálódik. Ennek mértékét a megelőző időszak csapadékösszege és a talajban tározott diszponibilis vízkészlet nagysága határozza meg.

A hőmérsékleti viszonyokat 12 °C-os évi, 19 °C-os április-szeptemberi és 22 °C-os nyári középhőmérséklet jellemezte. A szélső értékek -27 °C és 40 °C közöttiek voltak a referencia időszakban. A hőmérséklettől is függő relatív légnedvesség éves középértéken 74 %-nak adódott, átlagos minimumát tekintve éves összehasonlításban 40 %, április-szeptemberben 41 %, a június-augusztusi időszakban pedig 45 % volt. Azon napok száma, amikor a légnedvesség napi átlaga nem érte el a referencia időszak átlaga szerinti 40%-ot, évente átlagosan 4, április-szeptember között 3, míg a három nyári hónap során 2 volt.

3.2. A vizsgált tenyészévek meteorológiai jellemzői

A legfontosabb klímaparamétereket (közhőmérséklet, minimum- és maximum hőmérséklet, hőségnapok, forró napok és fagyos napok száma, effektív hőösszeg, illetve a csapadékösszeg, a potenciális párolgás összege, 5, illetve 10 mm magasabb potenciális párolgási rátával jellemezhető napok száma, valamint a 30 és 50%-nál alacsonyabb napi közepes légnedvességgel jellemezhető napok száma) évenként foglaltuk össze a Melléklet 1. sz. táblázatában. A 2018-as, 2019-es, 2020-as, 2021-es és 2022-es tenyészévekben a teljes évre, a vegetációt megelőző december-májusi időszakra, a három nyári hónapra, valamint a négyféle vizsgált genotípus adott évi tényleges tenyészidőszakára vonatkoztatva számítottuk ki az egyes mutatókat.

3.3. Hőmérséklet és effektív hőösszeg

A 2018-2022-es tenyészévek közül azok hőmérsékleti viszonyai alapján kiemelhető 2021 és 2022. Ezek a legtöbb paraméter alapján erős pozitív anomáliát mutattak. A 39-40 °C körüli abszolút tenyészidei csúcshőmérsékleteik mellett a hőstressz további mutatóiban is felülmúlták a fennmaradó 3 évet. A hőségnapok (napi maximum hőmérséklet legalább 30 °C) száma különösen 2022-ben volt igen magas, miközben a forró napokból (napi maximum hőmérséklet legalább 35 °C) egy nagyságrenddel volt több ekkor és 2021-ben, mint a többi évben. A 2002-2022-es időszak átlagához viszonyítva is kimagaslik a 2022-es vegetáció, ekkor mintegy 50%-

kal volt magasabb a fenti jelzőnapok száma, de számításaink a további évekre is 10-30%-kal több hőségnapot eredményeztek. Forró napok tekintetében az átlagos, középérésű genotípusok tenyészidejében 7-8 fordult elő a referencia időszak átlaga alapján, ennek 2019 épp megfelelt, 2018 és 2020 során csak 2-3 alkalommal, míg 2021 és 2022 során 20 alkalommal kellett számolni a 35 °C feletti napi csúcshőmérsékletek okozta stresszfaktorral.

A 20-20,7 °C körüli többéves vegetációs (hozzávetőleg április 15-május 1-től szeptember 3-15-ig) átlaghoz képest a 2018-2022 időszakból csak 2019-ben és 2020-ban nem jelentkezett pozitív anomália, 2018-ban ~2 °C, 2021-ben ~1 °C, míg 2022-ben 2-3 °C volt. Az 5 vizsgált év hőmérsékletének részletes alakulását mutatja be a Melléklet 1-5. ábrája. Megfigyelhető, hogy az átlagtól való pozitív eltérésben a maximum hőmérsékletek anomáliája játszik kulcsszerepet. Az átlagosnál melegebb tenyészidőszakok során ugyanis ez a paraméter tér el kifejezett módon a referenciától, miközben a minimumok éves görbéi viszonylag jól illeszkednek a többéves átlagéra.

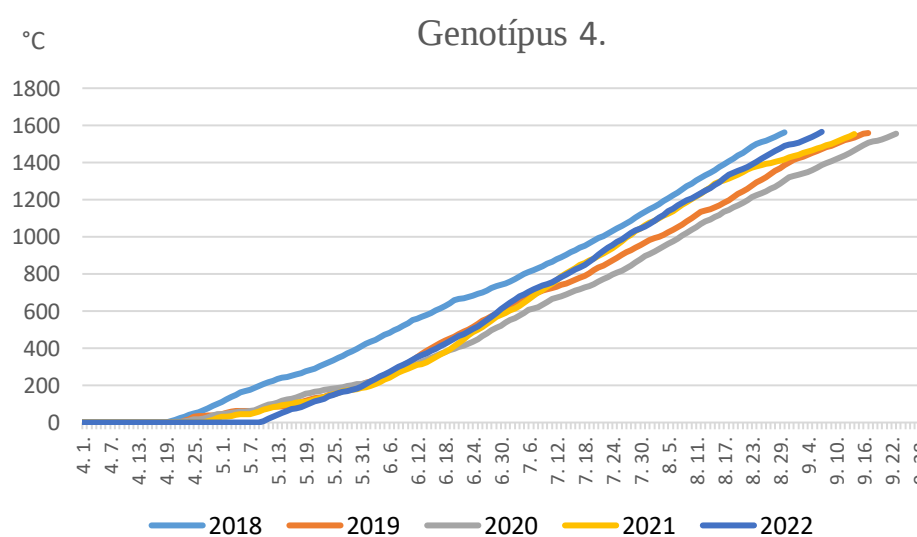
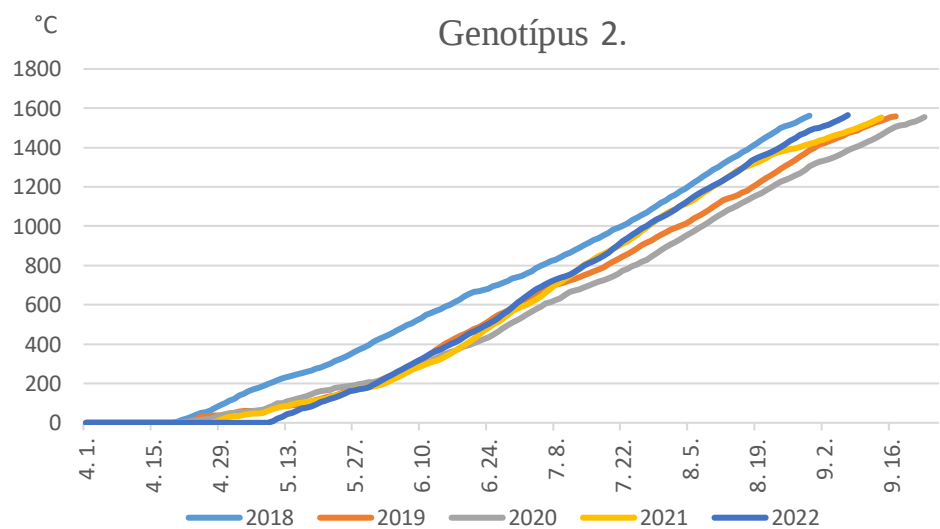
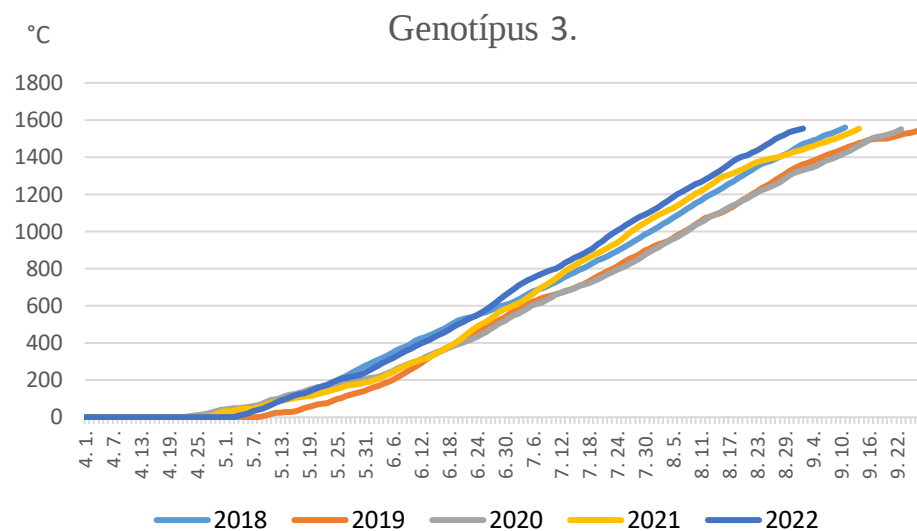
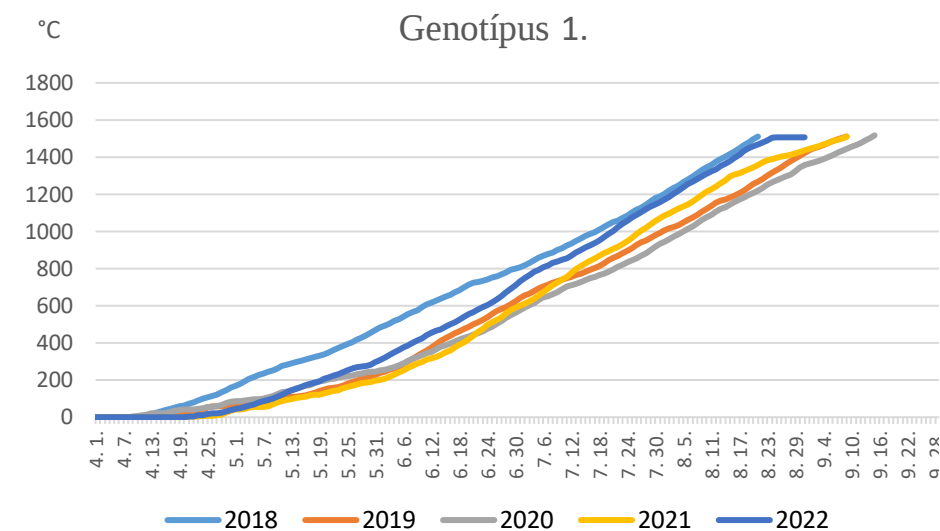
Az effektív hőösszeg tekintetében a kísérleti vegetációs időszakok mindegyike megfelelt a vizsgált genotípusok ökológiai igényeinek. Az általában 121-159 nap hosszúságú vegetációk során (7. táblázat) 1505-1565 foknap között alakult a kukorica által hasznosítható, 10°C-os bázishőmérsékletre számolt hőösszeg.

7. táblázat: A vizsgált genotípusok tenyészidőszakainak hossza (nap, 2018-2022.)

	2018	2019	2020	2021	2022
Genotípus 1	131	152	159	146	127
Genotípus 2	132	148	156	139	120
Genotípus 3	130	142	153	139	121
Genotípus 4	129	155	155	138	123

Fiziológiai szempontból számottevő különbséget csupán a hőösszeg halmozódásának időbeli dinamikájában tudtunk kimutatni, melyet a tenyészidőszak elején, a tavaszi időszakban jelentkező hűvösebb periódusok megléte, illetve hiánya okozott. Kiemelendő minden egyes genotípus esetében a 2018-as év, mely már a május-júniusi időszakban 100-200 foknappal magasabb hőösszeget jegyzett a többi vegetációnál, ugyanakkor a többéves referenciához képest eltérése nem volt számottevő. Az április-májusban mind gyakrabban bekövetkező, az évszakos átlaghoz képest hűvös időszak a legutóbbi tenyészévekben jellemző, a termesztés szempontjából kockázati tényezőként értékelhető jelensége.

A vizsgált évek során ennek közvetlen kárt okozó fellépése, a vegetáció későbbre, a száraz nyári időszakra tolódásától eltekintve nem volt jellemző, de 2020-ban két genotípus tenyészidőszakának kezdeti fázisában is volt 1, illetve 2 fagyos nap, mely a komolyabb termés kiesés kockázatát növelte. Az egyes genotípusok kumulált hőösszegének évenkénti alakulását a 12. ábrán mutatjuk be.

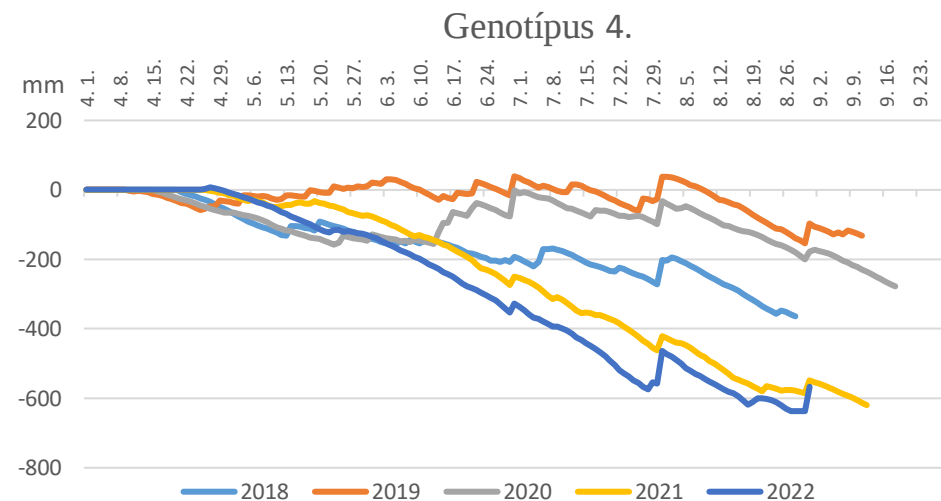
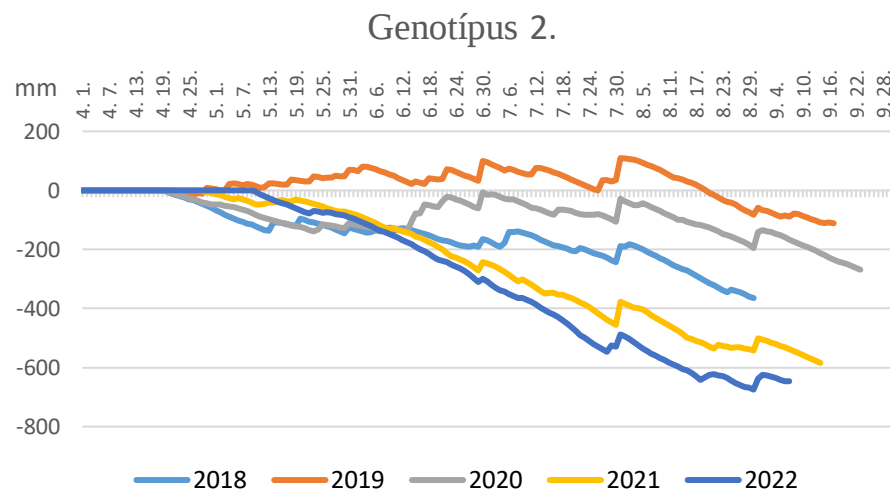
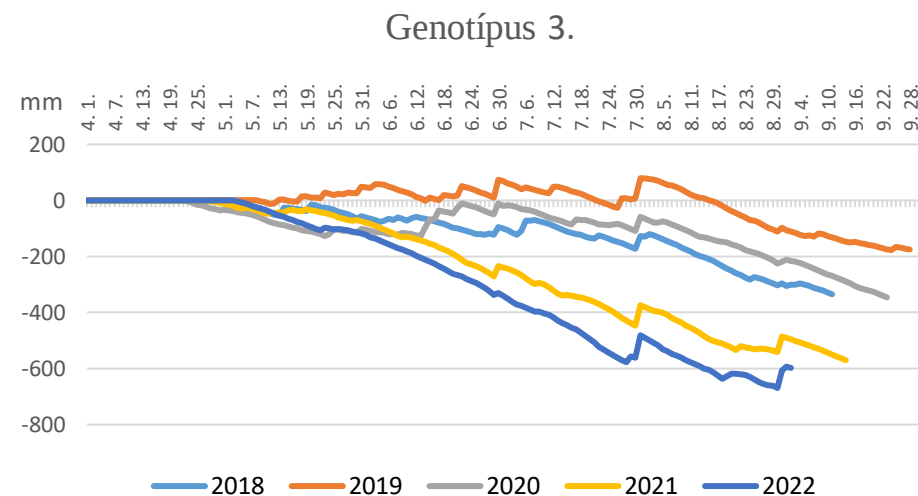
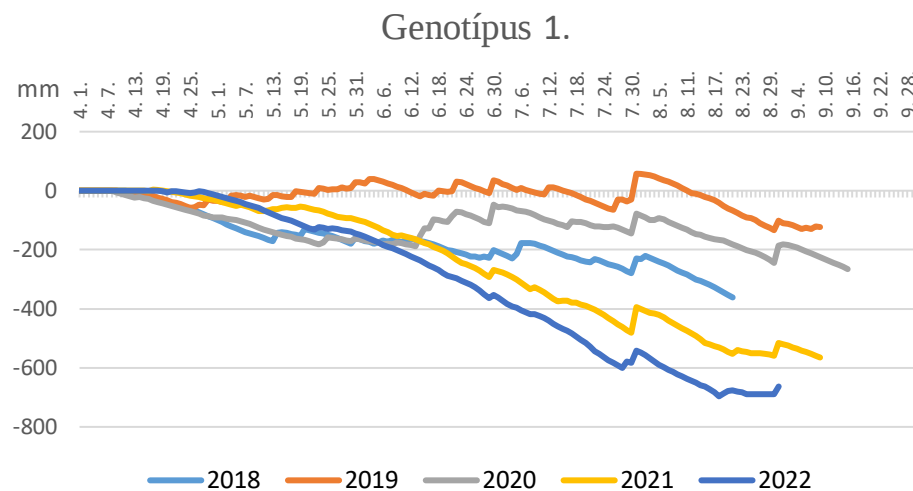


12. ábra: A vizsgált kukorica genotípusok kumulált hőösszegének évenkénti menete (foknap, 2018-2022.)

3.4. A klimatikus vízmérleg és alkotói

A vizsgálatban szereplő kukorica genotípusok tenyészidőszakára rendelkezésre álló mérések alapján kísérletet tettünk az egyenleg szempontjából bevételi- és veszteségoldali tételek szembeállítására. A pozitív tételek közül mind a csapadék, mind a felhasznált öntözővíz mennyisége rendelkezésre állt, míg a párolgásra, mint a növénytermesztési tér legnagyobb volumenű veszteség tételére csupán a potenciális evapotranspirációt tudtuk alkalmazni. Ismert, hogy hazai termőhelyi viszonyok között a rendelkezésre álló vízmennyiség korlátozottsága miatt a kukoricaállományok potenciális és a tényleges párolgása igen ritkán egyezik meg, azaz a potenciális párolgás jelentősen meghaladja a tényleges párolgás nagyságát. A tényleges párolgás viszonylag nagy hibával jellemezhető becslése helyett feltételeztük, hogy adott termőhelyen a két paraméter nagyságrendbeli viszonya hosszabb időtávon hasonló, illetve az ezt terhelő statisztikai hiba kutatásunk szempontjából nem okoz az eredményeket érvénytelenítő mértékű eltérést. Célunk az egyes időszakok erősen vízhiányos jellegének vagy kedvezőbb vízellátottságának karakterizálása volt, melyre hipotézisünk szerint a relatíve csekély számítási igényű módszer alkalmas.

A csapadék és az öntözések összesített mennyiségeit a Melléklet 7. ábráján, míg a potenciális párolgás nagyságát a Melléklet 6. ábráján mutatjuk be, a négy vizsgált genotípus tenyészidőszakaira, kumulált idősoros formában. A továbbiakban a pozitív és a negatív tételek szembeállításával képeztük a tulajdonképpeni egyenleget, mellyel a mindenkor tenyészidőszak során mutatkozó, különböző előjelű és volumenű vízellátottsági állapotok fennállását és tartamát tudtuk szemléltetni (13. ábra), illetve a növényfenológiai- és termésadatokkal összevetni. Minden egyes vizsgált genotípus esetében kimutatható volt a korábban már erős hőstresszel karakterizált évek vízstresszel való érintettsége is, így a 2021-es és a 2022-es vegetációkat előzetes hipotézisünkben korlátozott terméskilátással, gyengébb növényi fejlődéssel vontuk össze. A 2019-es és 2020-as tenyészidőszakok sokkal kedvezőbb vízellátottságot mutattak, ezekben a vízmérleg közel kiegyenlítettnek volt mondható, 2019-ben a vegetatív fejlődési szakasz tekintélyes részében pozitív fázisokkal. 2018 esetében közepes vízellátottsági állapotot mutattunk ki, azonban a célterület talajának kedvező vízszolgáltató képességét, illetve a potenciális párolgás, mint input paraméter negatív irányú torzító hatását egyaránt figyelembe véve, a V6/VT fenológiai fázisokig jellemzően a 200 mm-es szinteknél nem súlyosabb negatív egyenlegnél még nem feltételeztünk komolyabb termés kiesést.



13. ábra: A csapadék és a ténylegesen kijuttatott öntözővíz, valamint a potenciális párolgás halmozott napi értékei alapján számított klimatikus vízmérleg évenkénti alakulása az egyes genotípusok tenyészideje során (2018-2022.)

A vízstressz tartamának és volumenének számszerűsítésére, egyben a puszta összegek mellett a csapadék és öntözés időbeli eloszlásának nagyobb súllyal történő figyelembevételének céljára összesítettük a vízmérleg egyes tenyészévek során negatív, illetve pozitív fázisainak hosszát. Az eltérő hosszúságú vegetációk miatt relatív fázistartamban kifejezett száraz időszakok egyedül 2019-ben igazolták a feltételezést, mely szerint ekkor hosszabb ideig állt fenn kedvező vízellátottság, a többi 4 évjáratban a negatív egyenleg tartama csaknem a teljes vegetációra kiterjedt, ez azonban önmagában keveset árul el a szárazság, illetve aszály mértékéről (8. táblázat). A kumulált napi vízegyenlegből napi átlagban kifejezett átlagos vízhiány (negatív egyenleg) illetve átlagos víztöbblet (pozitív egyenleg) megfelelően számszerűsíti a korábbi megállapításokat: a 2019-es tenyészidőben volt legkedvezőbb a vízellátottság, a pozitív fázisokban akár 47 mm-es átlagos vízegyenleggel, míg a 2021-es és 2022-es évjáratban napi léptékben átlagosan -280-290 mm, illetve -330-360 mm-es mérleggel számolhattunk. A 2018-as év mérsékelt vízdeficitje a megelőző téli-tavaszi időszak magas, 340 mm feletti feltöltő csapadékának és a kedvező talajadottságoknak köszönhetően nem tartozott a súlyos szárazsággal, illetve aszályal sújtott évjáratok közé a kukorica szempontjából.

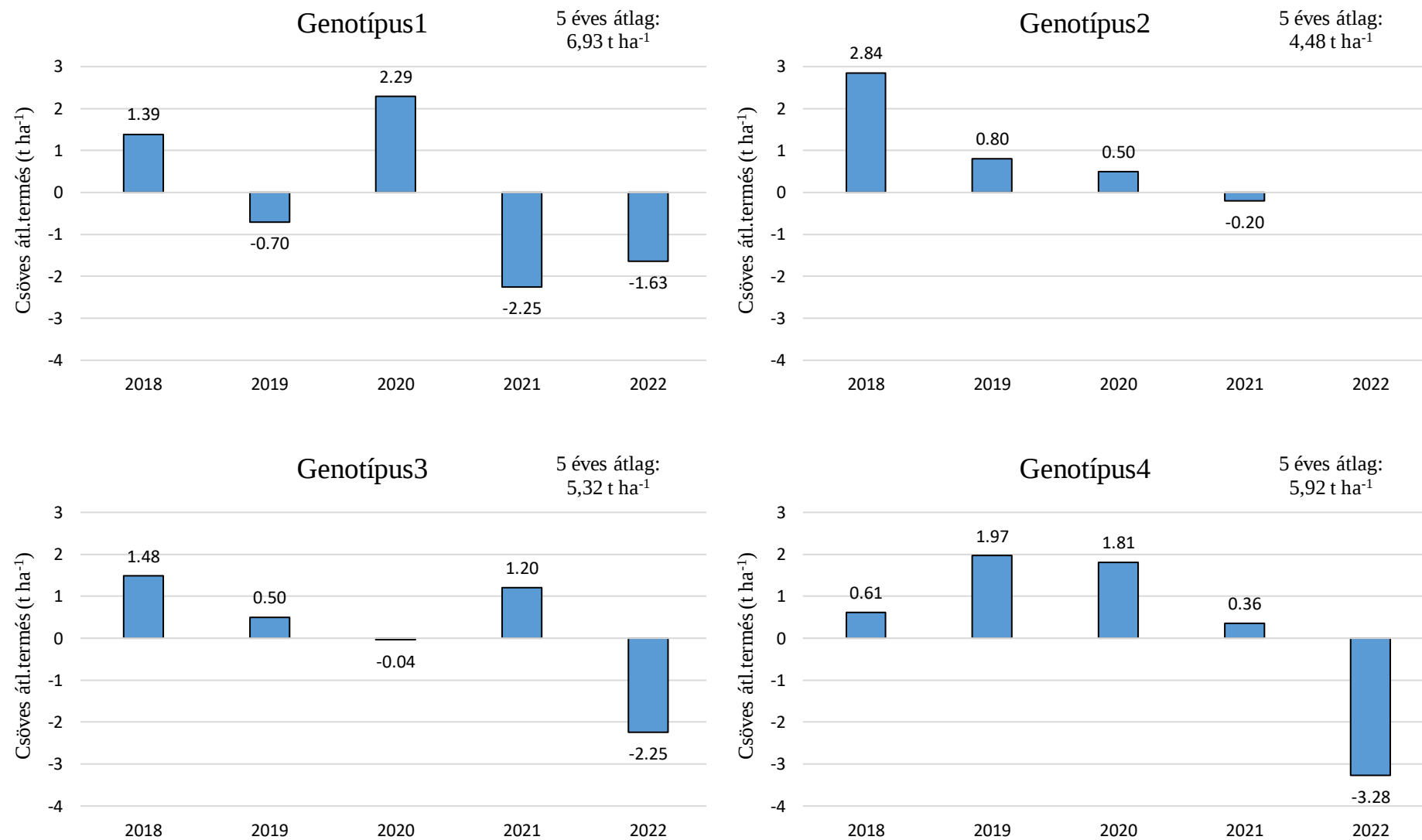
Vizsgálataink pontossága érdekében a jövőben tovább növelhető lenne a talaj diszponibilis vízkészletére vonatkozó információk, valamint a tényleges párolgás minél pontosabb becslési módszereinek bevonásával.

8. táblázat: A klimatikus vízmérleg pozitív és negatív relatív fázistartama a tenyészidő hosszának százalékában, valamint az átlagos egyenleg értéke (mm) a vizsgált genotípusok adott évi tenyészidőszakaira vonatkoztatva (2018-2022.)

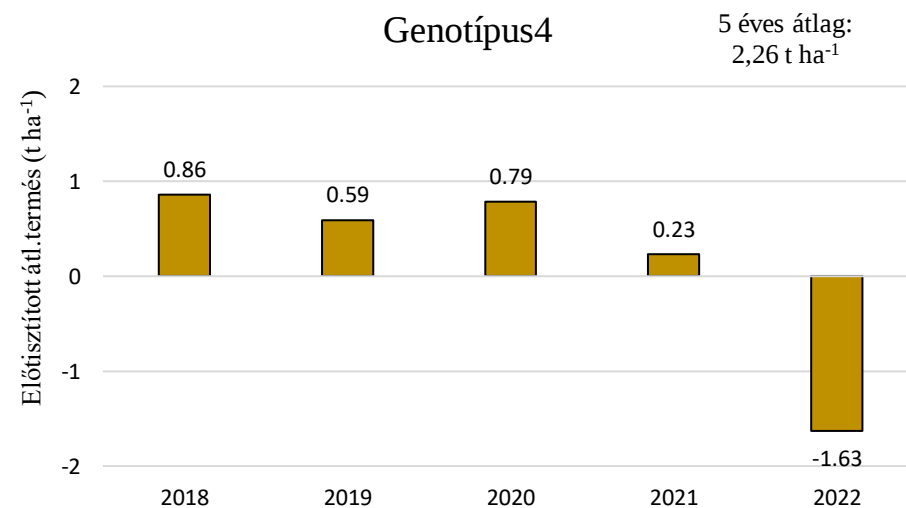
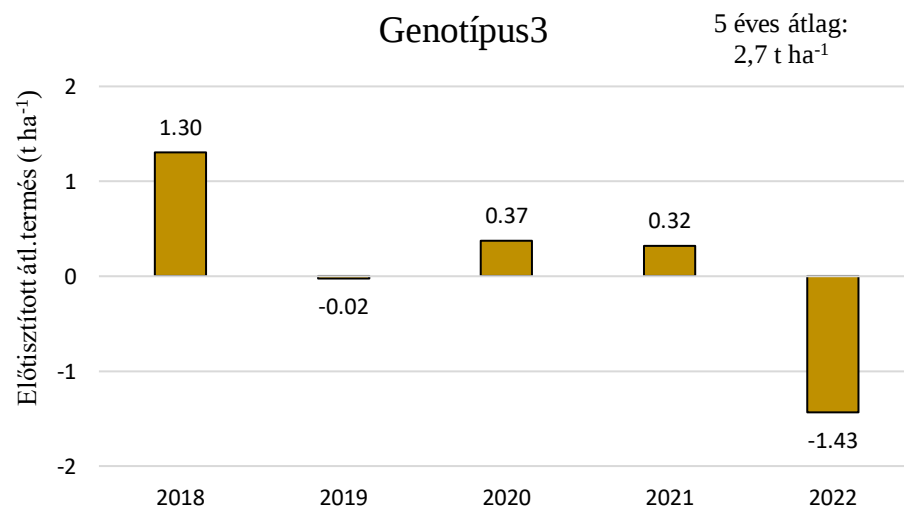
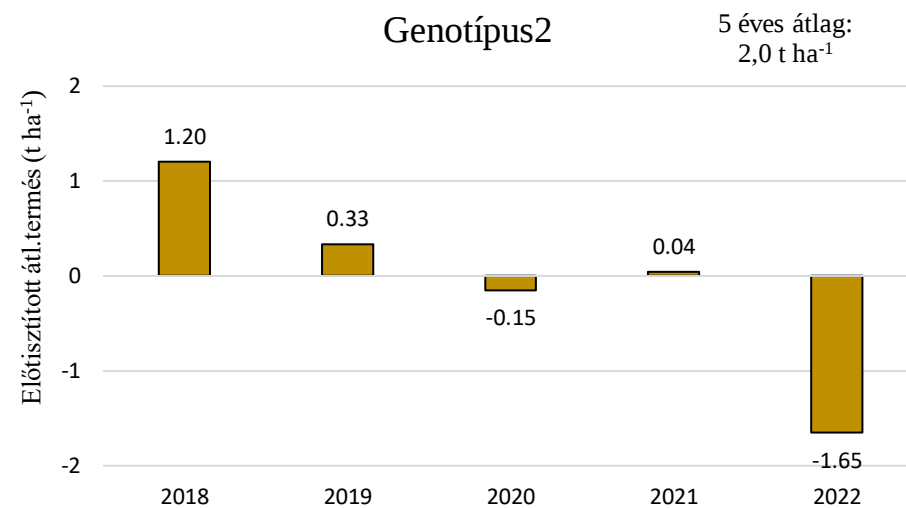
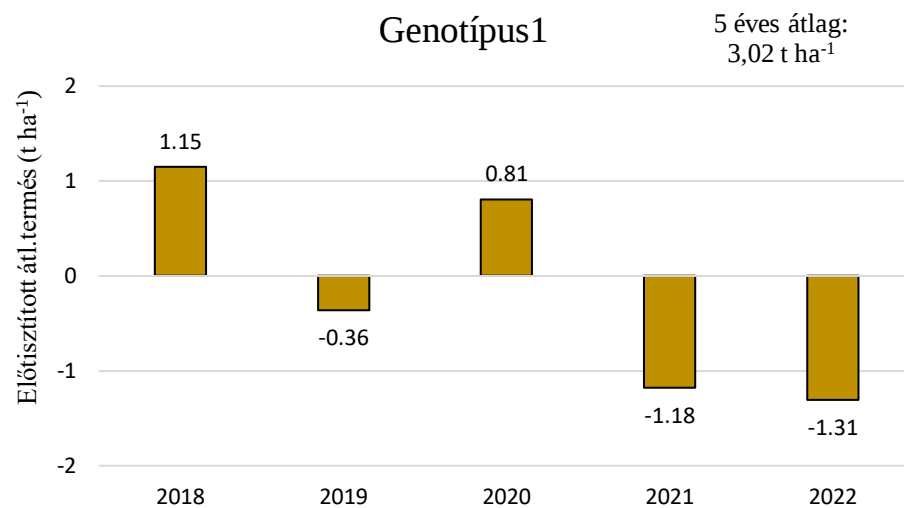
		2018	2019	2020	2021	2022
Negatív vízmérleg	Genotípus 4	100	70	100	100	97
	Genotípus 3.	100	40	100	100	100
	Genotípus 1.	100	67	100	98	100
	Genotípus 2.	100	25	100	100	100
Pozitív vízmérleg	Genotípus 4	0	30	0	0	3
	Genotípus 3.	0	60	0	0	0
	Genotípus 1.	0	33	0	2	0
	Genotípus 2.	0	75	0	0	0
Átlagos vízhiány	Genotípus 4	-179	-44	-105	-293	-336
	Genotípus 3.	-132	-90	-115	-279	-349
	Genotípus 1.	-181	-40	-129	-276	-337
	Genotípus 2.	-169	-58	-100	-283	-360
Átlagos víztöbblet	Genotípus 4	-	16	-	-	4
	Genotípus 3.	-	32	-	-	-
	Genotípus 1.	-	21	-	3	-
	Genotípus 2.	-	47	-	-	-

3.5. Terméseredmények értékelése

Az évjáratok hatása a vizsgálati években hasonlóképpen alakult a csöves átlagtermés és az előtisztított termés esetében (14-15. ábra). Gazdasági szempontból potenciálisan az előtisztított termés mennyisége a meghatározó, így azt részletezem. A Genotípus1 esetében a vizsgált évek közül 2018 és 2020 volt a legkedvezőbb, 38 és 27%-os terméstöbbletet eredményezett. 2021-ben és 2022-ben a genotípus esetében virágzás idején kedvezőtlenek voltak a környezeti feltételek a megfelelő termékenyülés kialakulásához, ami jelentős terméseszkökenést (40-43%) okozott. A Genotípus2 vetőmagkukorica számára a 2018-as év hőmérsékleti viszonyai és vízellátottsága voltak a legkedvezőbbek a növények növekedéséhez és termékenyüléséhez, így ebben az évben 60%-os terméstöbblet keletkezett. A genotípus számára 2022 volt a legkedvezőtlenebb. A száraz és csapadékmentes időszakok hosszát az öntözés sem tudta kompenzálni, 83 %-os terméseszkökenést tapasztaltunk. A Genotípus3 esetében 2019-2021 az 5 éves átlag körüli szemtömeget takarítottak be. A tenyészidőszak klimatikus viszonyai és az öntözés együttes hatása 2018-ban 48%-os terméstöbbletet, 2022-ben 53%-os terméseszkökenést okoztak. 2018-ban és 2020-ban hektáronként közel 1 tonnával nagyobb termése volt a Genotípus4-nek, mint a vizsgált 5 év átlagának. 2022-ben a kedvezőtlen környezeti feltételek következtében 1,63 tonnával kevesebb termés volt hektáronként az előtisztítást követően (15. ábra).



14. ábra A genotípusok csöves átlagtermésének eltérései az 5 éves átlaghoz (2018-2022) viszonyítva



15. ábra A genotípusok előtsíztított átlagtermésének eltérései az 5 éves átlaghoz (2018-2022) viszonyítva

Pearson-korrelációval vizsgáltam a 2018-2022 időszak meteorológiai paraméterei és a betakarított termés közötti összefüggéseket.

A júniusi öntözés kedvező hatással van a termésmennyiség alakulására. Július-augusztus időszakban az öntözővíz mennyiség növekedésével fordítottan arányos a betakarított termés mennyisége. A természetes csapadék mennyisége virágzásig kedvezően hat a termésmennyiség alakulására. Vegetatív fejlődés idején az öntözés és a csapadék együttes mennyisége közepesen befolyásolja a szemek mennyiségének kialakulását (9. táblázat).

A hőmérséklet minimum, maximum és átlagos értékei a tenyészidőszakban gyengén vagy közepesen befolyásolják a csövek és az előtisztított szemek mennyiségét. Az aszályos időszakokat jellemző kiugró hőmérsékleti értékek, a 30 °C-nál magasabb maximum és átlagértékek jelentősen károsítják ($r = -0,631$ - $-0,807$) a termékenyülést és a szemfejlődést (10. táblázat).

A 40%-nál alacsonyabb páratartalom a tenyészidőszakban kedvezőtlenül befolyásolja a termésmennyiség alakulását, a termékenyülésre közepes ($r = -0,449$ - $-0,581$), a vetőmag-termesztésben felhasználható szemek mennyiségére jelentős ($r = -0,701$ - $-0,766$) hatással van.

A 80%-nál magasabb és az átlagos RH értékek a tenyészidőszakban a termés mennyiségét mérsékelten növelik ($r = 0,408$ - $0,590$) befolyásolják. Az evapotranspirációs paraméterek a csöves termés kifejlődését közepesen, az előtisztított termés mennyiségét jelentősen csökkentik (11. táblázat)

9. táblázat Korrelációanalízis eredményei az öntözés- és csapadékmennyiségek, valamint a terméseredmények között (2018-2022)

	Önt. Máj	Önt. Jún	Önt. Júl	Önt. Aug	Önt. Össz	Csap. Máj	Csap. Jún	Csap. Júl	Csap. Aug	Csap. Össz	Máj önt+c sap	Jún önt+c sap	Júl önt+c sap	Aug önt+c sap	Önt+c sap	Csap. Össz
	mm	mm	mm	mm	máj-aug	mm	mm	mm	mm	máj-aug	mm	mm	mm	mm	máj-aug	tenyészt időszak
Csöves átlag (t ha ⁻¹)	-0,067	0,335	-0,505	-0,312	-0,127	0,288	0,474	0,473	0,119	0,555	0,373	0,462	0,110	-0,275	0,397	0,492
Előtisztított átlagtermés (t ha ⁻¹)	0,009	0,266	-0,459	-0,406	-0,157	0,348	0,485	0,547	0,287	0,612	0,444	0,453	0,204	-0,297	0,426	0,516

10. táblázat Korrelációanalízis eredményei a hőmérsékleti paraméterek, valamint a terméseredmények között (2018-2022)

	T _{avg} °C	T _{min} °C	T _{max} °C	T _{min_0.05} °C	T _{max} ≥30 db	T _{max} ≥35 db	T _{avg} ≥25 db	T _{avg} ≥27 db	T _{avg} ≥30 db	T _{min} <0 db
Csöves átlag (t ha ⁻¹)	0,376	0,476	0,345	0,450	-0,687	-0,631	-0,560	-0,520	-0,684	0,528
Előtisztított átlagtermés (t ha ⁻¹)	0,379	0,552	0,326	0,582	-0,768	-0,718	-0,593	-0,571	-0,807	0,332

T_{avg} - napi átlaghőmérséklet, T_{min} - napi minimum hőmérséklet, T_{max} - napi maximum hőmérséklet, T_{min_0.05} - , T_{max}≥25, 30, 35 – 25, 30, 35°C-nál magasabb maximum hőmérsékletű napok száma, T_{avg}≥25, 27, 30 – legalább 25, 27, 30°C-os középhőmérsékletű napok száma, T_{min}<0 - fagyos napok száma

11. táblázat Korrelációanalízis eredményei a levegő páratartalma és az evapotranspirációs értékek, valamint a terméseredmények között (2018-2022)

	RH=<40	RH=<50	RH>=80	RH>=90	RH _{avg}	ET ₀ ≥5	ET ₀ ≥10	ET ₀
	db	db	db	db	%	db	db	mm
Csöves átlag (t ha ⁻¹)	-0,449	-0,581	0,396	-0,246	0,559	-0,633	-0,621	-0,576
Előtisztított átlagtermés (t ha ⁻¹)	-0,701	-0,766	0,408	-0,351	0,590	-0,710	-0,704	-0,713

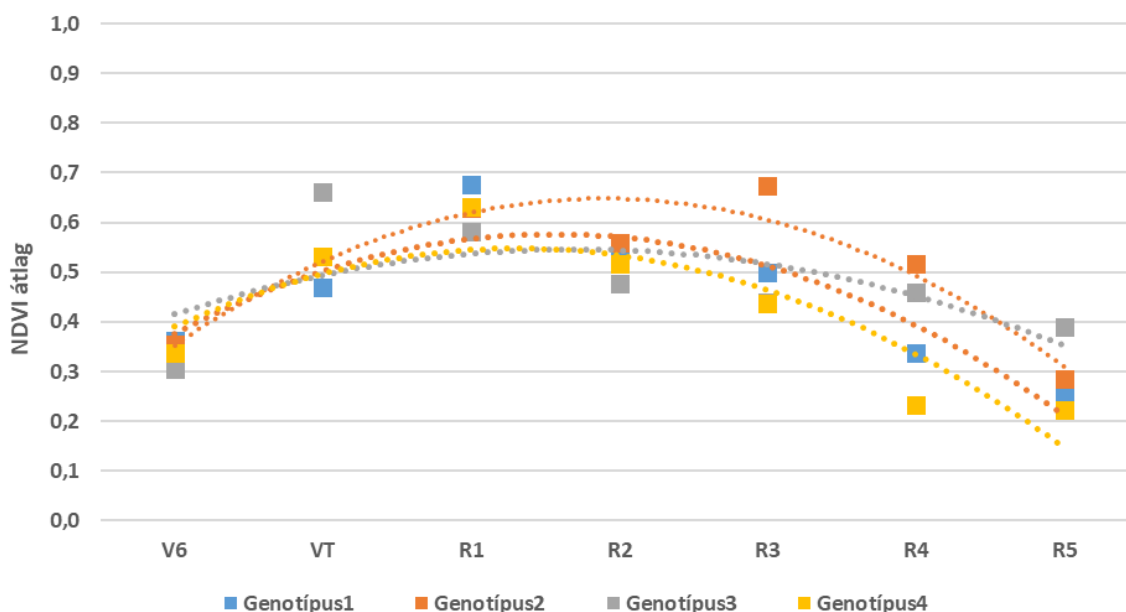
RH=<40, 50 – legalább 40, 50%-os napi közepes relatív páratartalomú napok száma, RH>=80, 90 – legalább 80, 90%-os napi közepes relatív páratartalomú napok száma, RH_{avg} – átlagos relatív páratartalom, ET₀≥5, 10 – legalább 5, ill. 10 mm-t elérő napi potenciális evapotranspirációval jellemezhető napok száma, ET_{null} – napi potenciális evapotranspiráció

3.6. Biomassza változás és a termés közötti összefüggés vizsgálata

Vizsgáltam a műholdas távérzékelés megbízhatóságát a kukorica vetőmag-előállításban, elősegítve a stressz mértékének és időtartamának preventív detektálását. A cél érérése érdekében elemeztem a biomassza változás dinamikáját a kukorica generatív szakaszában kitűzött, meghatározva a fenológiai szakaszra jellemző csökkenés intenzitását (érés) az évjáratok függvényében, illetve a biofizikai változások és a termés közötti összefüggéseket.

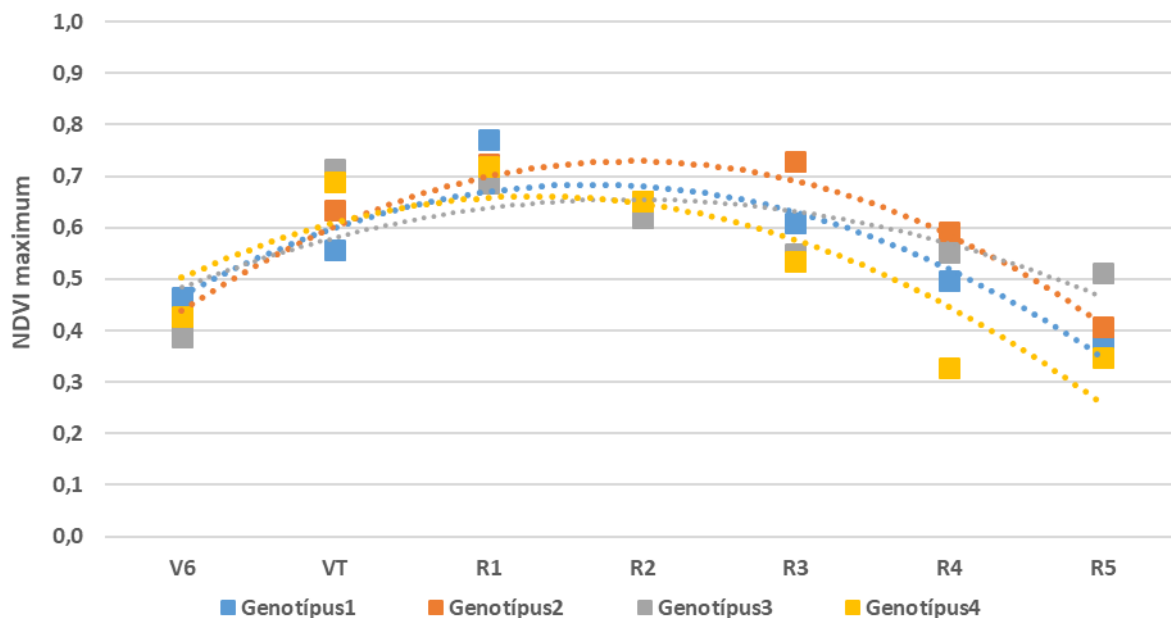
A kiválasztott NDVI index multitemporális értékei a nemzetközi szakirodalmakhoz hasonlóan alkalmasak egy adott évjárat generatív szakaszának jellemzésére. Az R6 szakaszt a vizsgálatokból kizártam, mert a fiziológiai érés szakaszában a növénykultúra sajátosságai miatt több mezőgazdasági tábla egy része vagy teljes területe betakarításra került. Egy adott évjárat értékeit nagymértékben befolyásolja a gyomborítottság foka, de a stabilitás így is nyomon követhető.

A vizsgált genotípusok NDVI értéke R1 fenofázisban érték el a legmagasabb értéket, a Genotípus3 esetében ez a maximum már címerhányás (VT) idején bekövetkezett a vizsgált időszakban. Az NDVI értékekben R2 fenofázisban bekövetkező visszaesés egyes genotípusoknál az apasorok kivágásával magyarázható (16-17. ábra). A növények klorofilltartalmának mennyisége a virágzást követő fenofázisokban a Genotípus4 esetében csökken a legdinamikusabban. A Genotípus2 zöld növényi részei a vegetációs időszak végéig a legaktívabbak (16-17. ábra).



16. ábra Az átlagos NDVI értékek változás-dinamikája a vizsgált genotípusoknál

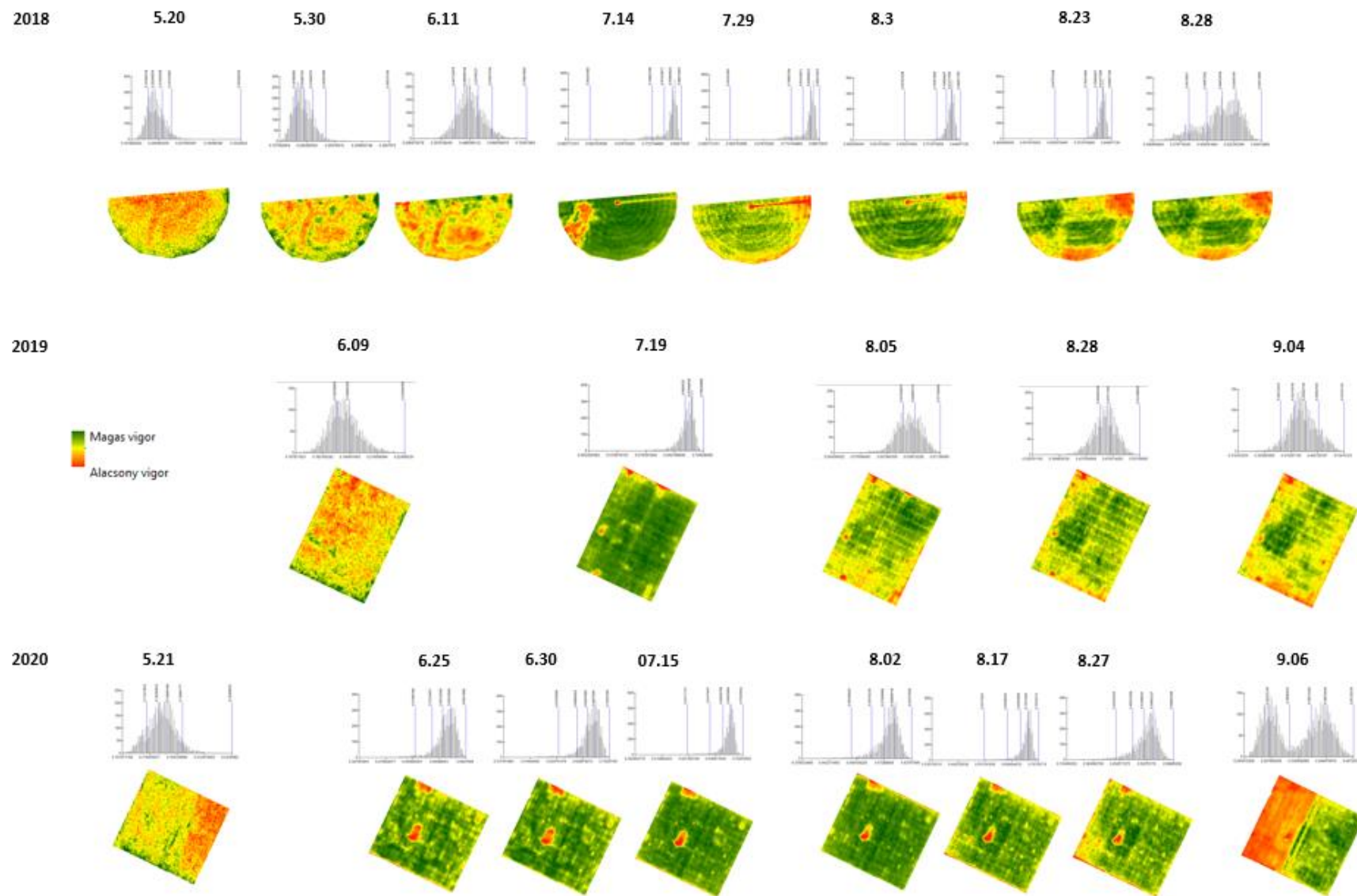
A táblán belüli heterogenitás miatt vizsgáltam a biofizikai változásokat az NDVI maximum értékeinek függvényében. Megállapítottam, hogy az illesztett függvény nem változott, a genotípusok közötti eltérések markánsan nem változtak (17. ábra).

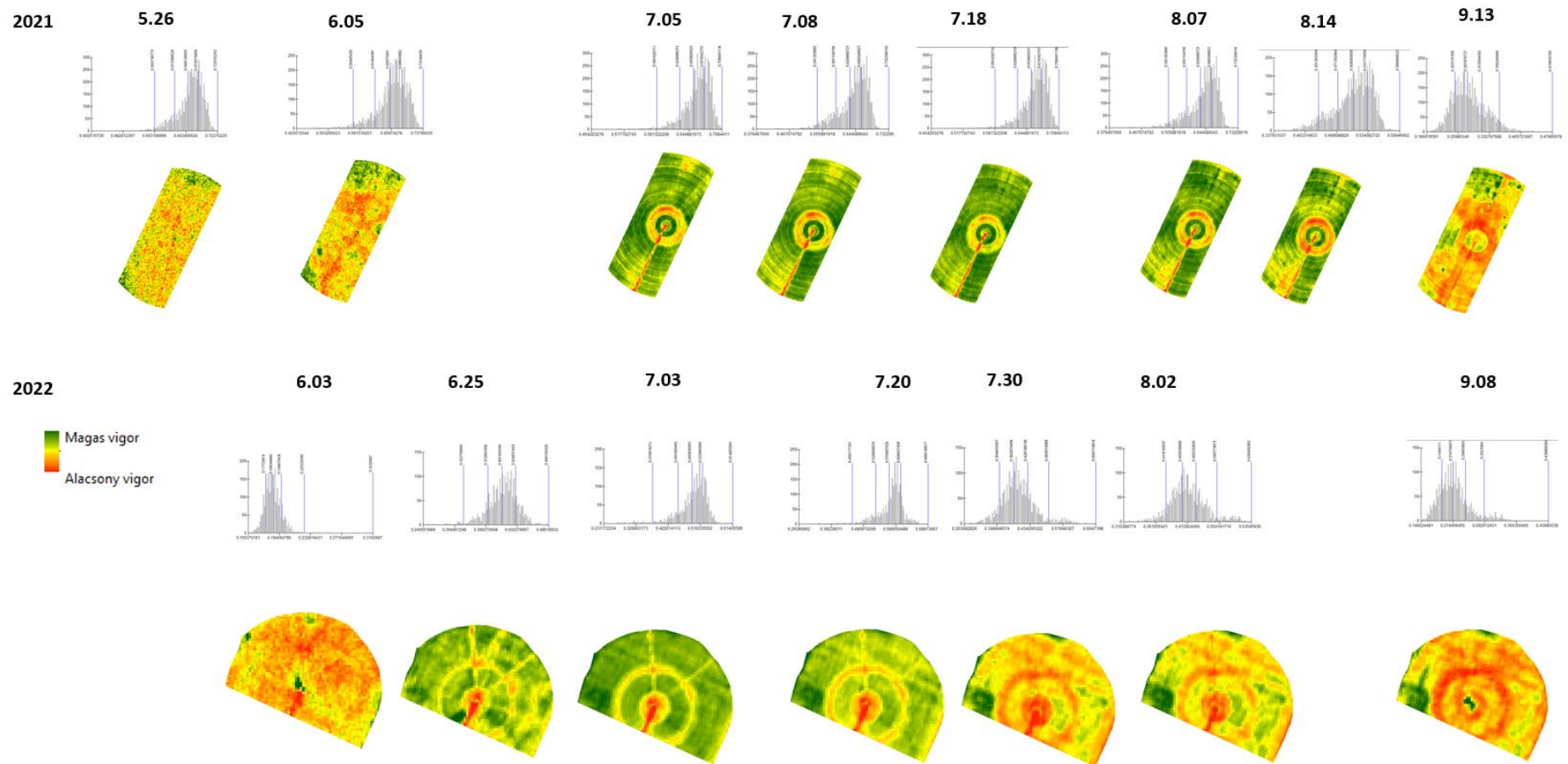


17. ábra A maximális NDVI értékek változás-dinamikája a vizsgált genotípusoknál

Vizsgáltam az egyes genotípusok esetében a biofizikai változások dinamikáját. A 2018-2022 időszakot elemzési eredményei alapján az adott genotípus biofizikai értékei és az évjárat klimatikus jellemzői között szoros összefüggés van. A genotípusok közötti maximális NDVI értékekben tapasztalt eltérések elsősorban a növényi habitus adottságokból és a tenyészidőszakból adódik.

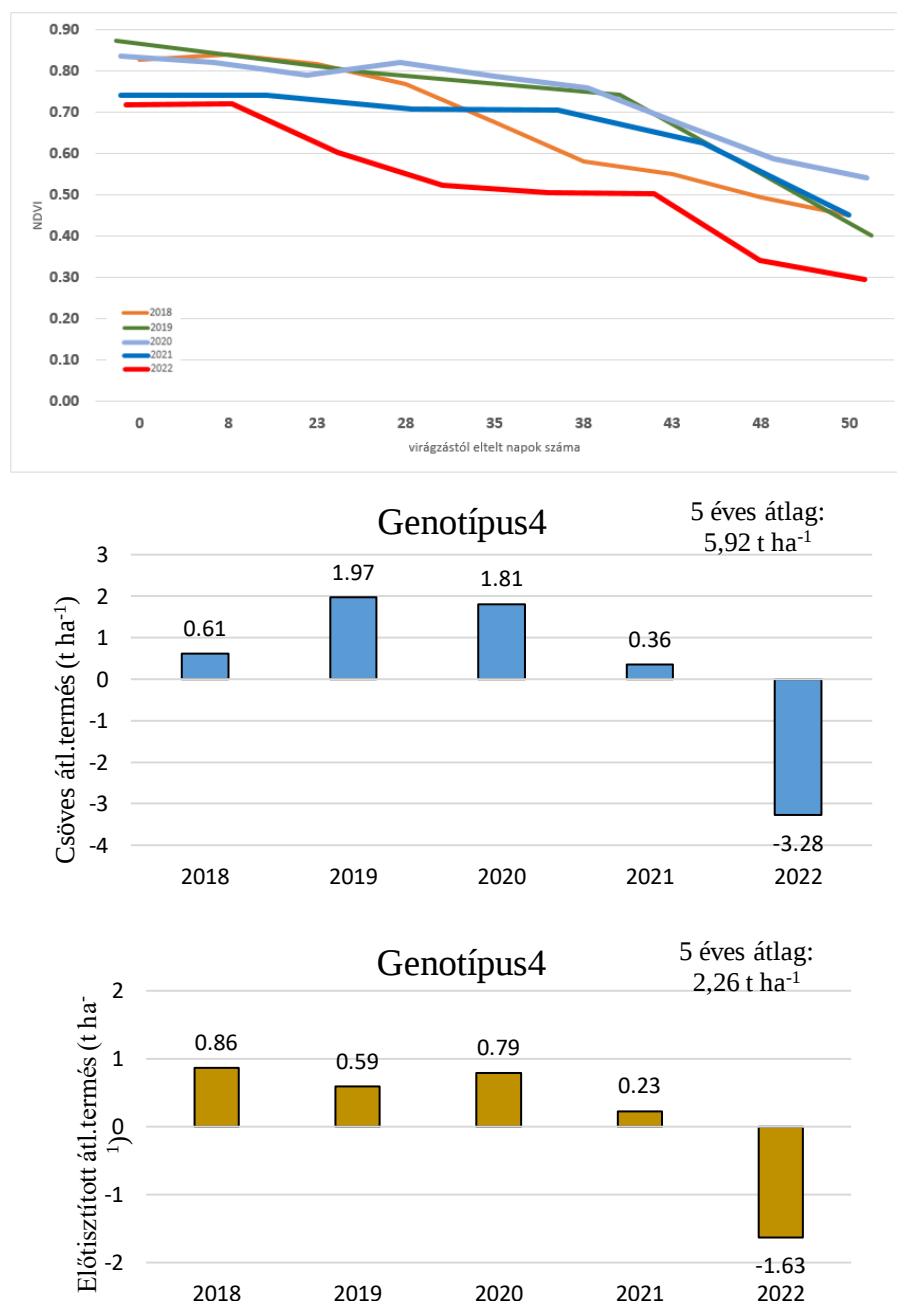
A genotípusok generatív szakaszában mért NDVI értékek változása az egyes évjáratokban markánsan eltértek. Figyelembe véve a termesztéstechnológia egyéb elemeinek homogenitását (tápanyag-gazdálkodás, talajművelés, vetés stb.) az eltérések az évjáratok klíma paramétereinek eltérése és az egyes mezőgazdasági táblák vízpótlásának (öntözés) eredménye (18 ábra).





18. ábra. Biomassza táblán belüli heterogenitás változása és hisztogramja a tenyésztőidőszakban (Mezőhegyes, Genotípus3 2018-2022.)

A klimatikus vizsgálatok eredményei alapján vizsgáltam a kukorica generatív szakaszában, a termékenyülés-érés közötti időtartam biomassza produkcióban bekövetkezett változásokat. A genotípusok NDVI értékei közötti eltérés az adott vonal habitus különbségeiből adódik. Megállapítottam, hogy adott évjárat biomassza, így a szemtelítődés időszaka megfelelően nyomon követhető távérzékelt adatok alapján. Az évjárat hatását a biomassza produkcióra a Genotípus4 adatai alapján elemeztem (19. ábra).



19. ábra. A biomassza változás dinamikája és a csöves/előtisztított termés az egyes évjáratokban az 5 év átlagához viszonyítva (Genotípus 4)

Az NDVI maximális értékei 0.87-0.71 értékek között változtak, a kedvezőbb vízellátottságú évjáratokban az R2-R3 fenológiai szakasz végéig egy közel azonos vagy

kismértékű csökkenés figyelhető meg. Az elemzések alapján megállapítottam, hogy a két kedvezőtlen évjárat biomassza dinamikája lényegesen eltér egymástól. A 2021-es évtényésidőszaka a maximális NDVI értékekben tért el a kedvezőbb évjáratokhoz képest, de a generatív szakasz napi NDVI értékeinek csökkenése a kedvező évjáratokhoz hasonlóan alakult, 0.002 átlagos értéket számítva. A 2022-es évjáratban az alacsonyabb maximális NDVI értékekkel párhuzamosan lényeges 0.01 mértékű napi átlagos csökkenést állapítottam meg, ami a klimatikus elemzések eredményeit támasztja alá növényfiziológiai megközelítésben.

Elemeztem a maximális és átlagos NDVI értékek és a termés közötti összefüggéseket a vizsgált 2018-2022 időszakban. A Pearson-korreláció eredményei alapján az 5 év átlagából megállapítható, hogy a termésmennyiség és a vegetációs index átlagos és maximális értékei között is R2 fenofázisban a legszorosabb a kapcsolat ($r = 0,758-0,771$). Nővirágzás (R1) és tejes érés (R3) során a biomassza mennyisége és a termésmennyiség között közepes az összefüggés ($r = 0,500-0,601$). A kapcsolat egyenes arányú. A fiziológiai érés időszakára a termésmennyiség kialakul, viszont a növények vegetatív részei a terméskötés időszakától kezdve fokozatosan öregednek, a változók közötti kapcsolat gyengül (12. táblázat).

12. táblázat Korrelációanalízis eredményei a vizsgált Genotípusok előtiszttított termésmennyiségei és a fenofázisok vegetációs index értékei között

	V6	VT	R1	R2	R3	R4	R5
NDVI átlag	0,071	0,038	0,568	0,758	0,580	0,301	0,147
NDVI max	0,043	-0,031	0,601	0,771	0,500	0,347	0,203

V6 – 6 leveles állapot, VT – címerhányás, R1 – nővirágzás, R2 – hólyag állapot, R3 – tejes állapot, R4 – tészta állapot, R5 – horpadás állapot, R6 – fiziológiai érettség, HM – betakarítás

A vizsgált Genotípusok terméseredményeit és az NDVI értékekkel jellemzett növényi fejlettségi állapotot 5 év átlagában vizsgáltam. Az összefüggésvizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a biomassza mennyisége és a terméseredmények között az R1 fenofázisig nincs jelentős kapcsolat. A Genotípus2 és Genotípus4 maximális és átlagos NDVI értékei és a kialakult termés mennyisége nővirágzástól a szemek tésztaállapotba kerüléséig szoros összefüggést mutatnak ($r = 0,784-0,998$). A Genotípus1 és Genotípus3 esetében virágzás idején közepesen, majd erősödő mértékben befolyásolja a növények fejlettségi állapota az előtiszttított átlagtermés mennyiségét (13-14. táblázat).

13. táblázat Az előtisztított átlagtermés ($t\ ha^{-1}$) és a fenofázisok átlagos NDVI értékeinek összefüggései (Pearson korreláció)

NDVI átlag		V6	VT	R1	R2	R3	R4	R5
LG30179	Genotípus 1	-0,056	-0,572	0,474	0,624	0,864	0,424	-0,573
LG30215	Genotípus 2	0,361	0,133	0,932	0,974	0,854	0,719	0,404
LG30273	Genotípus 3	-0,093		0,544	0,725	0,745	0,417	0,620
LG31250	Genotípus 4	-0,024		0,964	0,883	0,945	0,997	0,955

V6 – 6 leveles állapot, VT – címerhányás, R1 – nővirágzás, R2 – hólyag állapot, R3 – tejes állapot, R4 – tészta állapot, R5 – horpadás állapot, R6 – fiziológiai érettség, HM – betakarítás

14. táblázat Az előtisztított átlagtermés ($t\ ha^{-1}$) és a fenofázisok maximális NDVI értékeinek összefüggései (Pearson korreláció)

NDVI max		V6	VT	R1	R2	R3	R4	R5
LG30179	Genotípus1	-0,108	-0,546	0,523	0,437	0,625	0,212	-0,291
LG30215	Genotípus2	0,326	0,043	0,887	0,964	0,784	0,377	0,517
LG30273	Genotípus3	-0,217		0,651	0,799	0,689	0,483	0,770
LG31250	Genotípus4	0,002		0,923	0,834	0,656	0,998	-0,748

V6 – 6 leveles állapot, VT – címerhányás, R1 – nővirágzás, R2 – hólyag állapot, R3 – tejes állapot, R4 – tészta állapot, R5 – horpadás állapot, R6 – fiziológiai érettség, HM – betakarítás

4. Következtetések és javaslatok

Mezőhegyesen az alföld déli részén több évtizedre visszanyúló hagyománya van a hibridkukorica előállításnak és az esőszerű öntözésnek is egyaránt. Az aszályos évek és csapadékhiányos időszakok rámutattak arra, hogy a közel 30 éves öntözőberendezések, amik az 1980-as és 90-es évek tapasztalataira lettek méretezve, a napjainkban felmerülő igényeket már nem képesek kielégíteni, így szükségessé vált az öntözőrendszer fejlesztése, korszerűsítése Európa legrégebbi, 1784-ben alapított állami gazdaságának a Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. területein.

Dolgozatom legfontosabb célkitűzése a kibővült öntözött területekhez kapcsolódó megalapozó vizsgálatok voltak, előkészítve egyrészt az öntözés jelenlegi gyakorlatára épülő hatékonyságvizsgálatokat, másrészt egy egyedi döntéstámogató információs rendszer specifikus funkcióinak meghatározását. A historikus adatelemzések alapján figyelembe véve a térbeli kiterjedést, illetve vizsgáltam a klímaváltozásból adódó anomáliákból eredő kockázatokat. A vizsgálatok elsősorban az öntözés gyakorlatához segít a megnövekedett terület optimális üzemeltetésével kapcsolatban, illetve a lehatárolt célok alapján segítik az egyes termesztéstechnológiai elemek optimalizálását vízpótlással/öntözéssel.

Vizsgálataim alapján a távérzékelésből nyert adatok hatékonyan integrálhatók az öntözési beavatkozások tervezésébe, elősegítve a stressz időszakok preventív detektálását. Historikus adatbázisok kialakításával, közel valós időben nyomon követhető egy adott növényállomány fejlődése-növekedése, így egy adott terület átlagához viszonyított relatív eltérés.

A vizsgálataim és a gyakorlati tapasztalatok alapján szükséges egy egyedi döntéstámogató rendszer fejlesztése az öntözés hatékonyságának növelése céljából.

Az öntözés tervezésére, tágabb értelemben a talaj-növény-klíma rendszer vízforgalmának modellezésére többféle eljárás kínálkozik. Ezek leggyakrabban olyan determinisztikus modellek, vagy modell-szubmodell komplexek, melyek bemenő paraméterei meteorológiai, agrometeorológiai, talajtani és növényfenológiai méréseket, megfigyeléseket, peremfeltételekként talaj- és növény- és technológiai paramétereket használnak, kimenetük pedig a növénytermesztési tér vízegyenlege és az abból származtatott egyéb információk.

A növényállomány mint ökoszisztéma vízforgalmának modellezése valójában a benne foglalt minden jelentősebb kicserélődési folyamat adott periódusra történő szimulációját feltételezi.

A növényi növekedésdinamika és az életfolyamatok vízellátottsági hátterének szimulációja számos talajparaméterre kell támaszkodjon. A paraméterek köthetők adott

földrajzi ponthoz, táblához, azonban a szélesebb körű alkalmazhatóság, sőt a talajviszonyok területi mozaikossága miatt sok esetben már a táblán belüli kiterjeszthetőség is megkívánja, hogy több talajtípusra, fizikai féleségre is legyen elérhető adat.

A vízforgalom modellezését gyakorlati szempontból napi léptékben szükséges megvalósítani, kimenete adott növényvel nem borított talajfelszín vagy adott növénykultúra állományának aktuális gyökérterének vízegyenlege, melyet az adott állomány vízigényének ismeretében a felhasználó számára tovább alakít aktuális öntözési igénnyé, azaz naponta tesz javaslatot a mm-ben kifejezett öntözési szükségletre – vagy annak szükségtelenségére. A rendszerben biztosítani kell, hogy a modellezés táblánként/talajfoltonként történjen, biztosítva akár hatékonysági, vagy saját öntözési stratégiája alapján az egyes mezőgazdasági tábla/öntözőkör komplex vízigényét rangsorolva.

Az öntözési döntéstámogató rendszer szerves részét kell képezze a naponta két alkalommal, nyolcad fokokra legenerált numerikus időjárás-előrejelző modell outputjai is, mely a csapadékviszonyok adott bizonytalansági szinten történő 0-120 órás előrejelzésével is jelentősen növelheti a rendszer kimeneteinek használati értékét.

5. Összefoglalás

Napjainkban egyre jobban érezhetővé válik a hazánkat is feltehetően érintő éghajlatváltozás, melynek hatásai nagyban befolyásolják a sikeres mezőgazdasági termelést is.

Azért is fontos kiemelni a mezőgazdasági termelést, mivel Magyarország területének közel 55%-a mezőgazdasági terület, melyből 4,16 millió hektár a szántó. Ezeken a területeken kell megtermelni a szükséges mennyiségű termést, ami biztosítja az emberi fogyasztásra alkalmas élelmiszerek alapanyagát, a haszonállatok takarmányigényét, a hazai és külföldi piacokra szánt termékeket és ami a legfontosabb, a következő évi vetésekhez szükséges mennyiségű és minőségű szaporítóanyag előállítását is.

Szakdolgozatom fő célkitűzései:

- több éves meteorológia idősor vizsgálata Mezőhegyes szántóterületein
- a növényállomány vízforgalmának vizsgálata üzemi körülmények között
- évjárat hatása a növényi biomasszára és a termésre eltérő genotípusok esetében
- a terméskomponensek és a környezeti paraméterek összefüggéseinek vizsgálata
- rávilágítani az okszerű, víztakarékos, modern öntözés minél fontosabb szerepére

A térbeli adatok kezelése, transzformációja és térbeli műveletei a nyílt forráskódú QGIS 3.30.1 verziószámú szoftver segítségével történt. Ugyancsak e platformon dolgoztam fel a raszter alapú adatforrásokat, előállítva az egyes táblák esetében a leíró geostatistikai eredményeket. A historikus meteorológiai adatbázis előállítása és a növényállomány vízforgalmával kapcsolatos számítások, modellezések a Debreceni Egyetem Precíziós Növénytermesztési K+F Szolgáltató Központ által kifejlesztett Metagro Növénytermesztési Információs Rendszer keretében történtek. A statisztikai elemzésekhez az adatok feldolgozását Microsoft Excel 2016 programcsomaggal végeztem. A különböző paraméterek és az átlagtermés közötti kapcsolat megállapításához Pearson-féle korrelációanalízist alkalmaztam.

A klimatikus viszonyok 20 éves időtávú elemzése során a Ménesbirtok Zrt közvetlen távolságában található Pitvaros településen működő meteorológiai állomás adatait használtam fel. Az Országos Meteorológiai Szolgálat által mért paraméterek közül a csapadék és a párolgás, valamint a hőmérséklet 2002-2022 közötti hosszú idősorai, illetve az ezekből származtatott mutatók szolgáltak referenciaként a 2018-2022-es tenyészévek növényfenológiai-, termés-, klímaadatait illetően.

Az évjáratok hatása a vizsgálati években hasonlóképpen alakult a csöves átlagtermés és az előtisztított termés esetében. Gazdasági szempontból potenciálisan az előtisztított termés mennyisége a meghatározó, így azt részletezem. A Genotípus1 esetében a vizsgált évek közül

2018 és 2020 volt a legkedvezőbb, 38 és 27%-os terméstöbbletet eredményezett. 2021-ben és 2022-ben a genotípus esetében virágzás idején kedvezőtlenek voltak a környezeti feltételek a megfelelő termékenyülés kialakulásához, ami jelentős terméseszkkenést (40-43%) okozott. A Genotípus2 vetőmagkukorica számára a 2018-as év hőmérsékleti viszonyai és vízellátottsága voltak a legkedvezőbbek a növények növekedéséhez és termékenyüléséhez, így ebben az évben 60%-os terméstöbblet keletkezett. A genotípus számára 2022 volt a legkedvezőtlenebb. A száraz és csapadékmentes időszakok hosszát az öntözés sem tudta kompenzálni, 83 %-os terméseszkkenést tapasztaltunk. A Genotípus3 esetében 2019-2021 az 5 éves átlag körüli szentőmeget takarítottak be. A tenyészidőszak klimatikus viszonyai és az öntözés együttes hatása 2018-ban 48%-os terméstöbbletet, 2022-ben 53%-os terméseszkkenést okoztak. 2018-ban és 2020-ban hektáronként közel 1 tonnával nagyobb termése volt a Genotípus4-nek, mint a vizsgált 5 év átlagának. 2022-ben a kedvezőtlen környezeti feltételek következtében 1,63 tonnával kevesebb termés volt hektáronként az előtisztítást követően

Vizsgáltam az egyes genotípusok esetében a biofizikai változások dinamikáját. A 2018-2022 időszakot elemzési eredményei alapján az adott genotípus biofizikai értékei és az évjárat klimatikus jellemzői között szoros összefüggés van. A genotípusok közötti maximális NDVI értékekben tapasztalt eltérések elsősorban a növényi habitus adottságokból és a tenyészidőszakból adódik.

A genotípusok generatív szakaszában mért NDVI értékek változása az egyes évjáratokban markánsan eltértek. Figyelembe véve a termesztéstechnológia egyéb elemeinek homogenitását (tápanyag-gazdálkodás, talajművelés, vetés stb.) az eltérések az évjáratok klíma paramétereinek eltérése és az egyes mezőgazdasági táblák vízpótlásának (öntözés) eredménye

Elemeztem a maximális és átlagos NDVI értékek és a termés közötti összefüggéseket a vizsgált 2018-2022 időszakban. A Pearson-korreláció eredményei alapján az 5 év átlagából megállapítható, hogy a termésmennyiség és a vegetációs index átlagos és maximális értékei között is R^2 fenofázisban a legszorosabb a kapcsolat ($r = 0,758-0,771$). Nővirágzás (R1) és teljes érés (R3) során a biomassa mennyisége és a termésmennyiség között közepes az összefüggés ($r = 0,500-0,601$). A kapcsolat egyenes arányú. A fiziológiai érés időszakára a termésmennyiség kialakul, viszont a növények vegetatív részei a terméseszkkenés időszakától kezdve fokozatosan öregednek, a változók közötti kapcsolat gyengül.

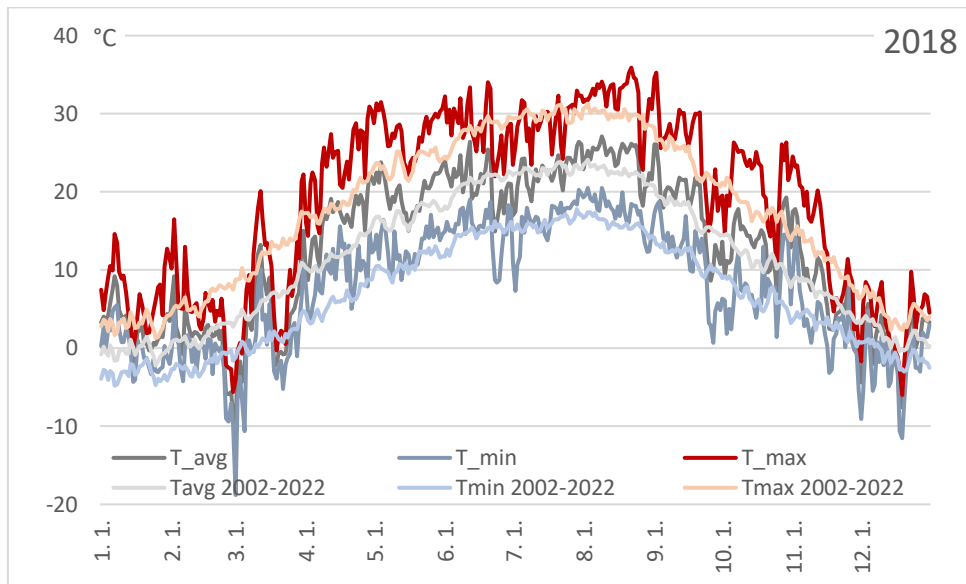
Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni hálás köszönetemet a Debreceni Egyetem Precíziós Növénytermesztési K+F Szolgáltató Központ vezetőjének Dr. Dobos Attila Csabának és kollégáinak Dr. Molnár Krisztinának és Dr. Rácz Csabának, akik nélkül a szakdolgozatom nem jöhetett volna létre.

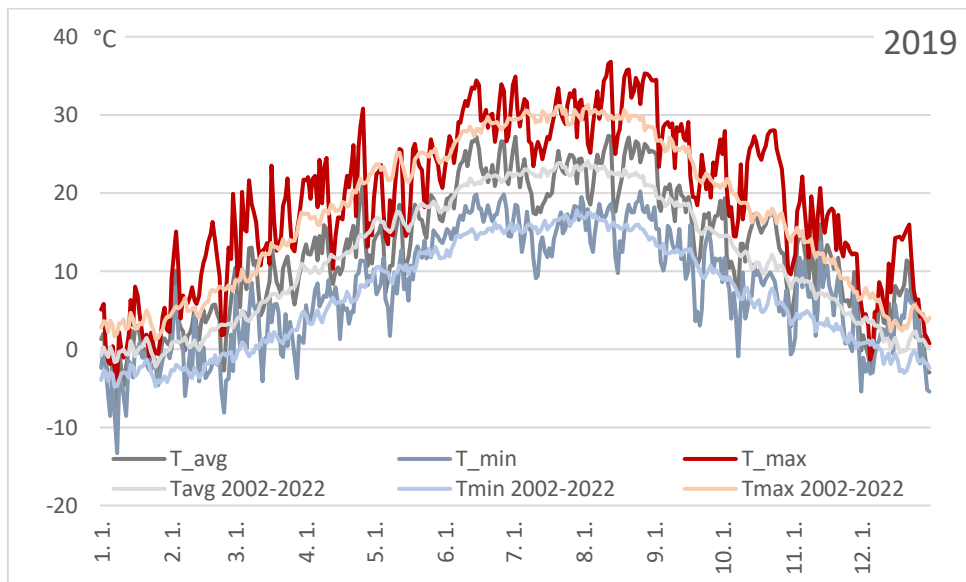
Témavezetőmnek Dr. Gombos Béla egyetemi docensnek a kutatás során való iránymutatásért, a szükséges irodalmak beszerzésében való segítségért és hogy a szakdolgozatom elnyerhette végleges formáját.

Továbbá a Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt.-nél dolgozó kollégáimnak a számomra átadott termesztési technológiákért, adatokért és segítségért.

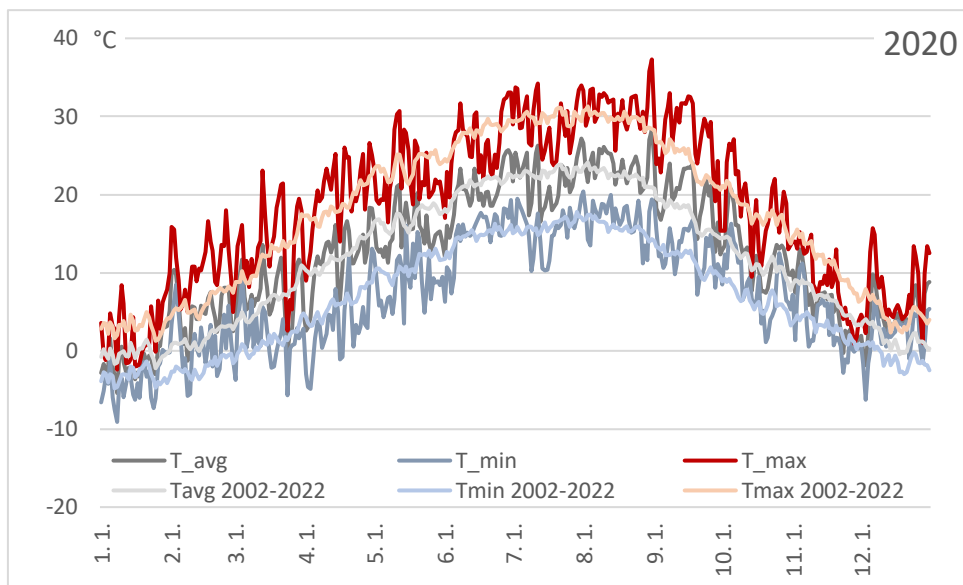
Mellékletek



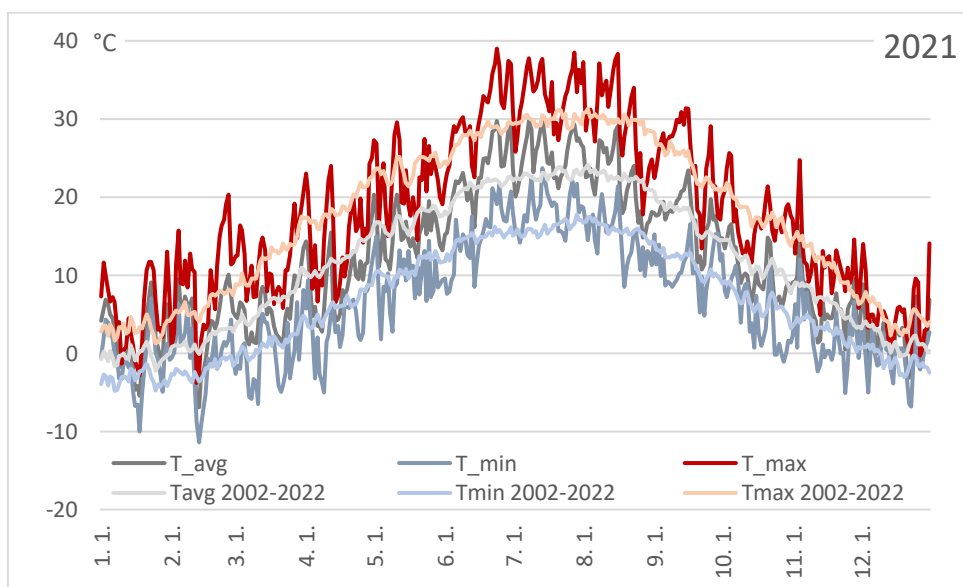
Melléklet 1. ábra: A hőmérséklet napi középértékének, valamint szélsőértékeinek menete a 2018-as tenyészév során, illetve a 2002-2022-es időszak átlagában



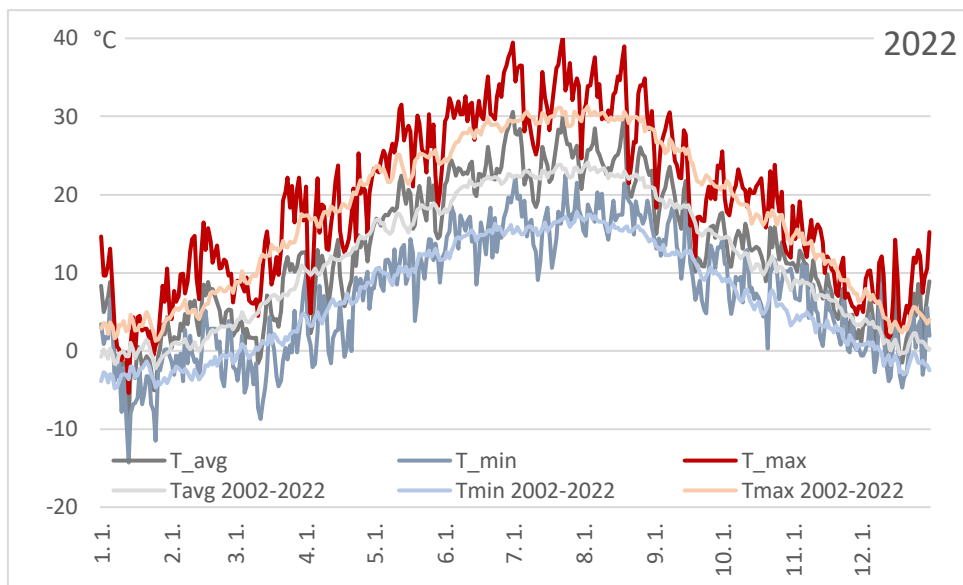
Melléklet 2. ábra: A hőmérséklet napi középértékének, valamint szélsőértékeinek menete a 2019-es tenyészév során, illetve a 2002-2022-es időszak átlagában



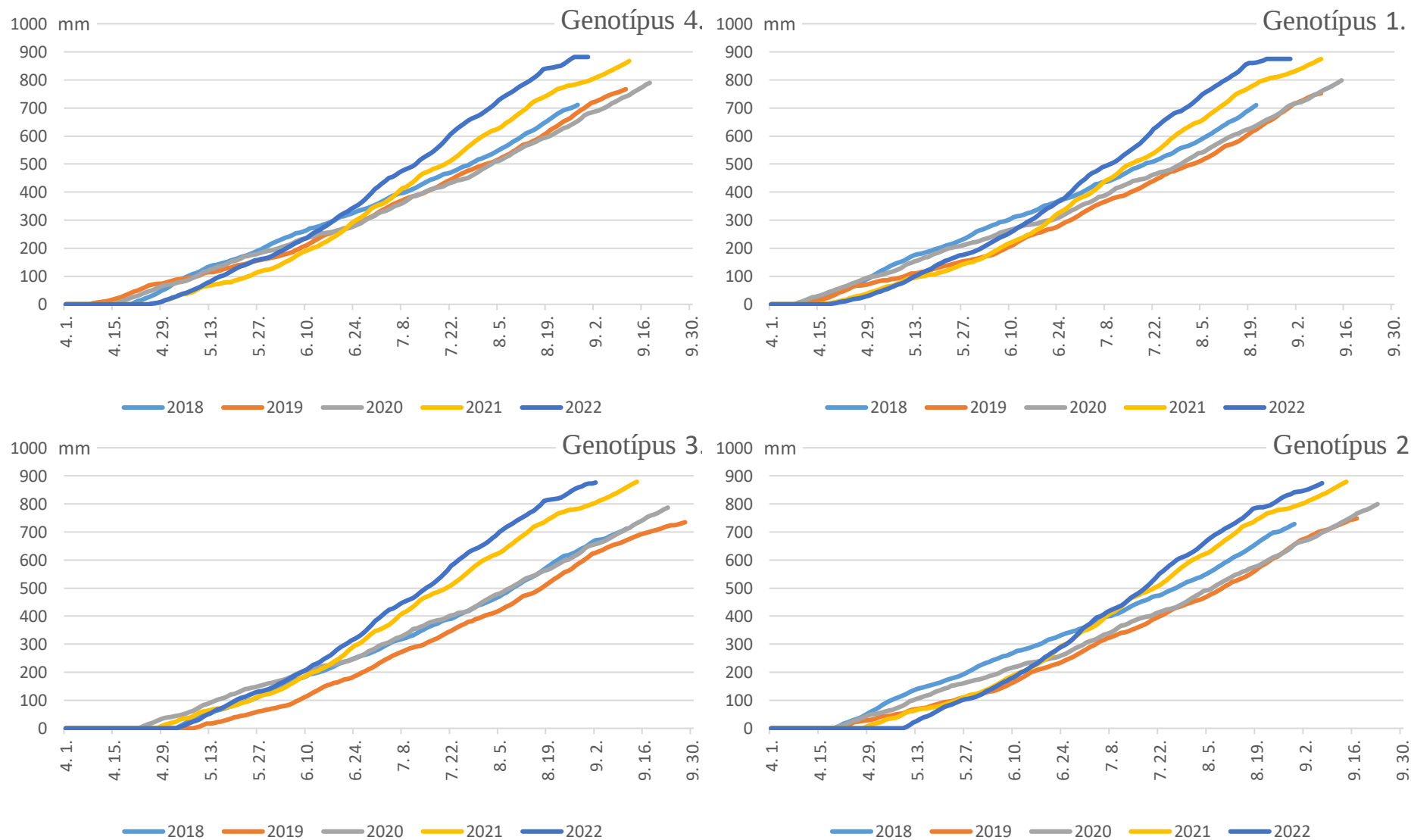
Melléklet 3. ábra: A hőmérséklet napi középértékének, valamint szélsőértékeinek menete a 2020-as tenyészév során, illetve a 2002-2022-es időszak átlagában



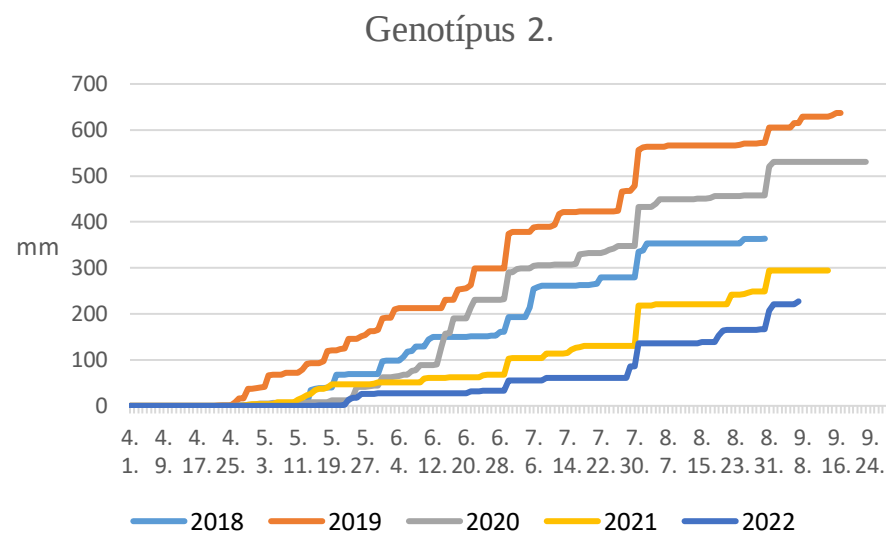
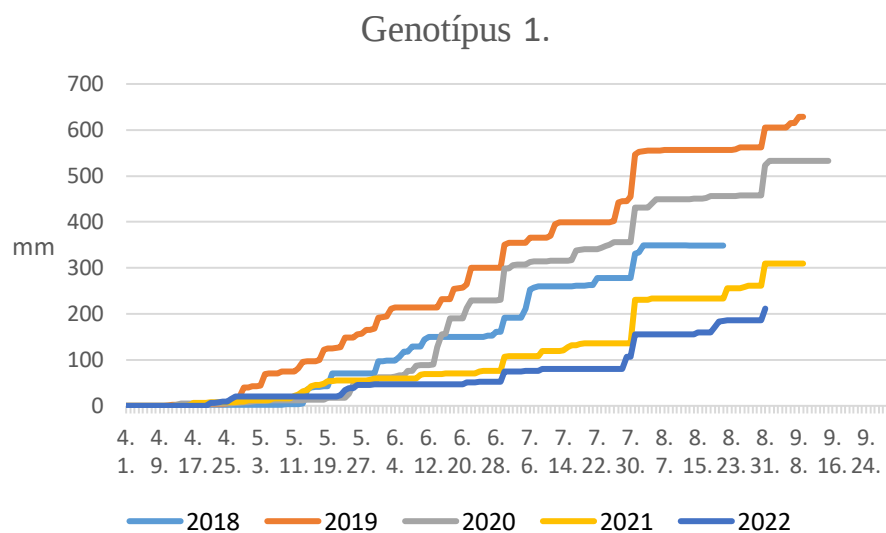
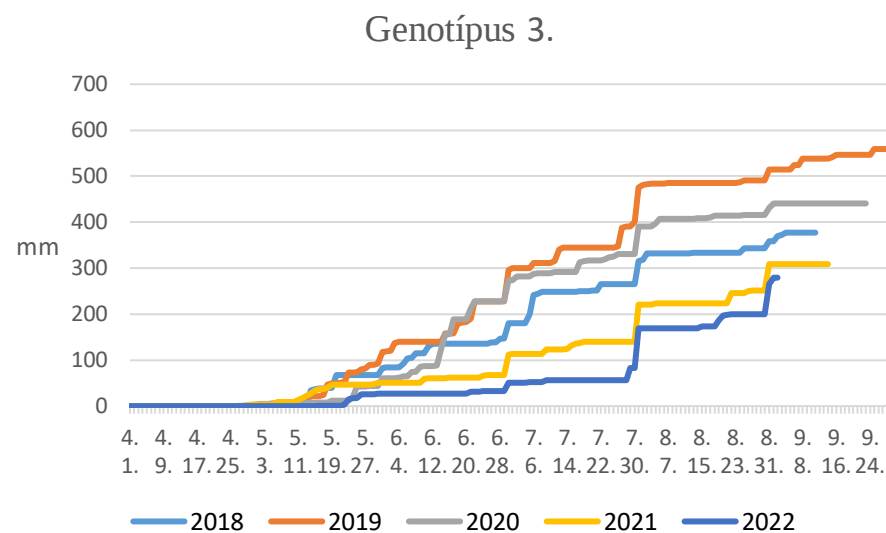
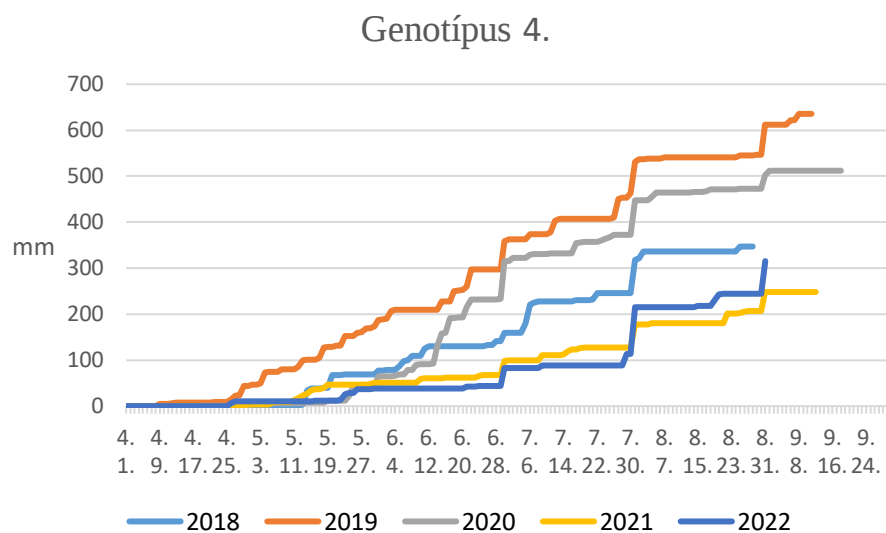
Melléklet 4. ábra: A hőmérséklet napi középértékének, valamint szélsőértékeinek menete a 2021-es tenyészév során, illetve a 2002-2022-es időszak átlagában



Melléklet 5. ábra: A hőmérséklet napi középértékének, valamint szélsőértékeinek menete a 2022-es tenyészév során, illetve a 2002-2022-es időszak átlagában



Melléklet 6. ábra: A potenciális párolgás halmozott napi összegeinek menete az egyes kukorica genotípusok tenyészidőszakaiban (2018-2022.)



7. ábra: A csapadék és a kijuttatott öntözővíz halmozott napi összegeinek menete az egyes kukorica genotípusok tenyésztőszakaiban (2018-2022.)

Melléklet 1. táblázat: A fontosabb klimatikus paraméterek és mutatók a vizsgált évek eltérő időszakaira, valamint a kísérletben szereplő genotípusok tényleges tenyészidőszakaira vonatkoztatva (2018-2022.)

	m.e.	2018	December-	Június-	Tenyészidőszak			
Paraméter		éves	május	augusztus	genotíp. 4	genotíp. 3	genotíp. 1	genotíp. 2
Min. hőmérséklet	°C	-18,8	-18,8	7,3	6,3	7,3	5,0	5,0
Középhőm.	°C	12,7	7,8	22,7	21,8	21,9	21,4	21,7
Max. hőmérséklet	°C	635,9	31,5	35,9	35,9	35,9	35,9	35,9
Hőségnapok	db	66	9	49	56	57	53	58
Forró napok	db	3	0	2	2	3	2	2
Eff. hőössz. (10°C)	°C	2081,8	516	1151	1532,8	1559,9	1510,8	1562,3
Fagyos napok	db	69	63	0	0	0	0	0
Csapadékmennyiség	mm	585,2	340,6	198,4	266,9	285,8	258,5	267
Rel. légnedv. <30%	db	0	0	0	0	0	0	0
Rel. légnedv. <50%	db	11	6	0	5	3	6	5
Potenciális párolgás	mm	1238,8	423,3	513,2	711	712,2	710,2	728,3
Pot. párolgás >5mm	db	6	30	57	81	81	79	83
Pot. párolgás >10mm	db	0	0	0	0	0	0	0
	m.e.	2019	December-	Június-	Tenyészidőszak			
Paraméter		éves	május	augusztus	genotíp. 4	genotíp. 3	genotíp. 1	genotíp. 2
Min. hőmérséklet	°C	-13,3	-13,3	9,1	1,3	3,0	1,3	1,7
Középhőm.	°C	12,8	6,8	22,9	19,8	20,8	19,8	20,4
Max. hőmérséklet	°C	36,8	30,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8
Hőségnapok	db	55	1	52	55	54	55	55
Forró napok	db	8	0	8	8	8	8	8
Eff. hőössz. (10°C)	°C	1863,3	273,2	1180,9	1538,2	1551,8	1511,3	1558,6
Fagyos napok	db	69	73	0	0	0	0	0
Csapadékmennyiség	mm	596,6	278,4	233,6	430,2	371,4	425,8	430,8
Rel. légnedv. <30%	db	1	1	0	0	0	0	0
Rel. légnedv. <50%	db	31	29	0	8	2	8	3
Potenciális párolgás	mm	1212,8	420,6	536,7	766,8	734,6	752,1	748,4
Pot. párolgás >5mm	db	13	8	62	76	74	74	77
Pot. párolgás >10mm	db	0	0	0	0	0	0	0
	m.e.	2020	December-	Június-	Tenyészidőszak			
Paraméter		éves	május	augusztus	genotíp. 4	genotíp. 3	genotíp. 1	genotíp. 2
Min. hőmérséklet	°C	-9,1	-9,1	6,3	-0,8	2,3	-1,1	0,5
Középhőm.	°C	12,3	7,1	22,1	19,8	20,1	19,4	19,9
Max. hőmérséklet	°C	37,3	30,7	37,3	37,3	37,3	37,3	37,3
Hőségnapok	db	51	2	40	51	51	49	51
Forró napok	db	2	0	2	2	2	2	2
Eff. hőössz. (10°C)	°C	1748,9	264,8	1106	1531,7	1550,8	1517,3	1555,2
Fagyos napok	db	60	63	0	1	0	2	0
Csapadékmennyiség	mm	594,5	183,9	256,9	311	310,6	316,2	310,6
Rel. légnedv. <30%	db	0	0	0	0	0	0	0
Rel. légnedv. <50%	db	33	30	2	19	15	23	18
Potenciális párolgás	mm	1124,3	379,1	487,1	789,5	786,8	798,4	799,2

Pot. párolgás >5mm	<i>db</i>	8	16	54	81	83	81	83
Pot. párolgás >10mm	<i>db</i>	1	0	1	1	1	1	1
	m.e.	2021	December-	Június-	Tenyészidőszak			
Paraméter		éves	május	augusztus	genotíp. 4	genotíp. 3	genotíp. 1	genotíp. 2
Min. hőmérséklet	°C	-11,4	-11,4	7,6	1,8	1,8	1,7	1,8
Középhőm.	°C	11,9	6,7	23,5	21,0	21,1	20,2	21,1
Max. hőmérséklet	°C	39,0	29,6	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0
Hőségnapok	<i>db</i>	60	0	57	58	59	57	59
Forró napok	<i>db</i>	20	0	20	20	20	20	20
Eff. hőössz. (10°C)	°C	1724,8	210,8	1233,1	1531,9	1553,2	1509,7	1553,2
Fagyos napok	<i>db</i>	79	58	0	0	0	0	0
Csapadékmennyiség	<i>mm</i>	456,7	223,7	87,7	138,8	138,8	147	138,8
Rel. légnedv. <30%	<i>db</i>	0	1	0	0	0	0	0
Rel. légnedv. <50%	<i>db</i>	30	26	19	25	25	23	25
Potenciális párolgás	<i>mm</i>	1225,4	301,5	669,3	867,6	878,9	874,5	878,9
Pot. párolgás >5mm	<i>db</i>	7	5	76	90	92	87	92
Pot. párolgás >10mm	<i>db</i>	15	0	15	15	15	15	15
	m.e.	2022	December-	Június-	Tenyészidőszak			
Paraméter		éves	május	augusztus	genotíp. 4	genotíp. 3	genotíp. 1	genotíp. 2
Min. hőmérséklet	°C	-14,3	-14,3	8,5	3,8	3,8	0,0	3,8
Középhőm.	°C	12,7	6,8	24,2	22,4	22,7	21,7	22,9
Max. hőmérséklet	°C	40,2	31,5	40,2	40,2	40,2	40,2	40,2
Hőségnapok	<i>db</i>	72	4	67	70	71	67	72
Forró napok	<i>db</i>	20	0	20	20	20	20	20
Eff. hőössz. (10°C)	°C	1925,5	313	1294,8	1534,9	1554,1	1505,1	1565,1
Fagyos napok	<i>db</i>	79	79	0	0	0	0	0
Csapadékmennyiség	<i>mm</i>	435,4	167,1	67	104,5	122,5	113,4	129,1
Rel. légnedv. <30%	<i>db</i>	1	1	0	0	0	0	0
Rel. légnedv. <50%	<i>db</i>	69	26	43	49	49	49	49
Potenciális párolgás	<i>mm</i>	1319,4	383,7	729,2	881,7	876,1	874,9	873,9
Pot. párolgás >5mm	<i>db</i>	3	17	83	98	99	95	100
Pot. párolgás >10mm	<i>db</i>	16	0	16	16	16	16	16

Genotípus 1-2-3-4: a különböző kukorica genotípusok, **min. hőmérséklet:** a napi minimumhőmérséklet, **középhőm:** napi átlaghőmérséklet, **max. hőmérséklet:** napi maximum hőmérséklet, **eff. hőössz (10°C):** a 10°C-os bázishőmérsékletre számolt hasznos hőösszeg, **rel. légnedv <30%:** a 30%-os napi közepes relatív páratartalommal jellemezhető napok száma, **rel. légnedv <50%:** az 50%-os napi közepes relatív páratartalommal jellemezhető napok száma, **pot. párolgás >5mm:** az 5mm-nél magasabb potenciális párolgási rátával jellemezhető napok száma, **pot. párolgás >10mm:** a 10mm-nél magasabb potenciális párolgási rátával jellemezhető napok száma

Irodalomjegyzék:

1. Páhoki P. (2019): Mezőgazdasági ismeretek I., Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., Budapest, 73-74 p.
2. Vermes L. (1997): Vízgazdálkodás, Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 268-273 p.
3. Láng I. & Csete L. & Jolánkai M. (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok A VAHAVA jelentés, Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 23-26 p.
4. Cselőtei L. (2005): Az öntözés története Magyarországon (1935-2005) – Fejlesztés, fejlődés
5. Rakonczai J. (2000): A környezet hidrogeográfiai összefüggései az Alföldön. In: Pálfi I. (szerk.): A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. Nagyalföld Alapítvány Kötetek 6. Békéscsaba, 16–26. p.
6. Demeter E. (2020): Statisztikai jelentések – Öntözésjelentés 2019. Ev. In: *Tájékoztató jelentés az öntözésről - NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, Bp. XXIII(1).*, 1-19. p.
7. Demeter E. (2021): Statisztikai jelentések – Öntözésjelentés 2020. Ev. In: *Tájékoztató jelentés az öntözésről - NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, Bp. XXIV(1).*, 1-21. p.
8. Demeter E. (2022): Statisztikai jelentések – Öntözésjelentés 2021. Ev. In: *Tájékoztató jelentés az öntözésről - NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, Bp. XXV(1).*, 1-23. p.
9. Juhász J. (2011): A mezőgazdaság jövőbeni vízhasználata. *Hidrológiai Közöny* 91(5). pp. 12-16. jövőképek. *Hidrológiai Közöny* 5., 37-40. p.
10. Varga-Haszonits Z. & Varga Z. & Lantos Zs. & Enzsölné Gerencsér E. & Milics G. (2008): A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására – *Agrokémia és talajtan* 57(1.), 7-20. p.
11. Antal E. (1999): Meteorológia – In: Tarsoly István (szerk.): Magyarország a XX. században IV. Tudomány – Műszaki és természettudományok, Babits Kiadó, Szekszárd, 369-384. p.
12. Józsa L. (1894): A mezőhegyesi csatorna vizének jósága és értéke az öntözés szempontjából, *Köztelek*, Budapest, 4.évf. 18, 299-300. p., 19, 321-322. p.
13. Tamás J. (2008): Agrárium és környezetgazdálkodás, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 35 p.
14. Farsang A. (2018): Öntözési Talajvédelmi Terv, Szemle Környezet- és Talajtani Szaktanácsadó Bt., Szeged 52 p.
15. Rouse, J.W. & Haas & R.H. & Scheel & J.A. and Deering & D.W. (1974): Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, vol. 1, 48-62 p.
16. Gombos B. & Nagy János (2019): Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*. 69.2 5-23 p.
17. Csathó P. & Lásztity B. & Sarkadi J. (1991): Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméslelmeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 40.4 339-351 p.
18. Bocz E. (1992): Szántóföldi növénytermesztés, Mezőgazda Kiadó, Budapest
19. Nagy J. (2021): Kukorica, Szaktudás Kiadó, Budapest
20. Nagy J. (2012): The effect of fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in a longterm experiment. *Időjárás*. 116.1 39-52 p.
21. Berzsenyi Z. & Árendás T. & Bónis P. & Micskei, Gy. & Sugár E. (2012): A növénytermesztési tényezők tartamhatásának vizsgálata a kukorica produktivására eltérő évjáratokban. In: Pannon, Egyetem Georgikon Kar (szerk.) LIV. Georgikon Napok: kivonat-kötet: programfüzet, valamint az elhangzó és poszter előadások rövid kivonatainak gyűjteménye: [a mezőgazdaságtól a vidékgazda(g)ságig] : [Keszthely, 2012. október 11-12.] Keszthely, Magyarország : Pannon Egyetem Georgikon Kar 128 p. 38 p.
22. Nagy J. (2007): Evaluating the effect of year and fertilisation on the yield of mid ripening (FAO 400-499) maize hybrids *CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS* 35: 3 1497-1507 p.
23. Megyes A. & Rátonyi T. & Huzsvai L. & Szabó Gy. & Dobos A. & Sum O. (2000): A műtrágyázás hatása a Dekalb 471 SC kukorica hibrid (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéses kezelésben. *Növénytermelés* 49:3 307-316 p.
24. Nielsen D.C. & Halvorson A.D. & Vigil M.F. (2010): Critical precipitation period for dryland maize production. *Field Crops Research*. 118. 259-263 p.
25. Smith W.C. & Betran J. & Runge E.C.A.(eds.): *Corn. Origin, History, Technology and Production*. Hoboken, N.J.: John Wiley, 949 p.
26. Huzsvai, L & Nagy J. (2003): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéses termesztésben *Növénytermelés* 52:5 533-541 p.
27. Nagy J. (1996): The effect of fertilization and irrigation on the yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids with various genotypes In: Ittersum, MK; Venner, GE; Geijn, SC; Jetten, TH (szerk.) 4th Congress of the European Society for Agronomy Wageningen, Hollandia: European Society for Agronomy 736 421-440 p.

28. Nagy J. (1998): Interaction between fertilization and soil cultivation in maize production Acta Agronomica Hungarica: A quarterly of the Hungarian Academy of Sciences: An International Multidisciplinary Journal in Agricultural Science 46:4 698-705 p.
29. Nagy, J. (1999): A talajművelés és a műtrágyázás kölcsönhatásának értékelése In: Nagy J. & Németh T. (szerk.) Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai Debrecen, Magyarország: Debreceni Agrártudományi Egyetem (DATE) 179 p. 72-87 p. 16 p.
30. Zaidi P.H. & Rafique S. & Rai P.K. & Singh N.N. & Srinivasan G. (2014): Tolerance to excess moisture in maize (Zea mays L.): susceptible crop stages and identification of tolerant genotypes. Field Crops Research.90:189-202 p.

Internetes források:

1. http1 Szántóterület. <https://www.agroinform.hu/szantofold/szantoterulet-novekedes-szanto-gyumolcsos-szolo-59153-001> (2023 április)
2. http2 Vetőmagelőállítás. <https://www.agrarszektor.hu/noveny/20191214/ujra-csucson-a-vetomag-elallitas-magyarorszagon-18355> (2023 április)
3. http3 Elmúlt évszázad időjárása. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszazad_idojaras_a/ (2023 április)
4. http4 Elmúlt évek időjárása. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/ (2023 április)
5. http5 Sentinel. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (2023 április)
6. http6 NDVI. <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/> (2023 május)
7. http7 NDVI 2. https://www.met.hu/ismertetok/NDVI_ismerteto.pdf

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: SZLOVÁK NORBERT
A Hallgató Neptun kódja: EFOYRW
A dolgozat címe: ÖNTÖZÉSI DÖNTÉSTÁMOGATÓ RENDSZER MEGHATÁROZÁSA
TÖBB ÉVES ADATSOROK ÉS TÁVÉRZÉKELÉS SEGÍTSÉGÉVEL VETŐMAGKUKORICA
ELŐÁLLÍTÁSBAN
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET, ÖNTÖZÉSI ÉS
MELIORÁCIÓS TANSZÉK

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

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

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

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

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

Kelt: SZARVAS, 2023 év MÁJUS hó 09 nap


Hallgató aláírása

4. sz. függelék – Hallgatói és konzulensi nyilatkozat minta

NYILATKOZAT

Alulírott SZARVÁS NORBERT, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, TESSEDIK Campus, GÖDÖLLŐI SZAKMÉRŐK szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: SZARVÁS 2024 év 05 hó 09 nap


Hallgató

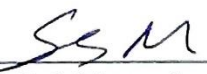
NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: SZARVÁS, 2023 év május hó 9 nap


Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!