

SZAKDOLGOZAT

Németh Attila Martin

Kaposvár

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvári Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnöki alapképzési szak

Hőmérsékletindexek vizsgálata hazai viszonylatban

Belső konzulens:

Dr. Somfalvi-Tóth Katalin

egyetemi adjunktus

Belső konzulens intézete/tanszéke:

Növénytermesztés-tudományok Intézet/ Agronómia Tanszék

Készítette:

Németh Attila Martin

HLQ23U

Kaposvári campus

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
1.1. Célkitűzés.....	5
2. Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1. Kukorica eredete.....	5
2.2. Kukorica jelentősége	6
2.3. Kukorica morfológiája.....	8
2.4. Kukorica termesztése hazánkban	9
2.5. Kukorica termesztésének kihívásai	11
2.6. Hőstressz hatása a kukoricában.....	13
3. Saját vizsgálatok.....	15
3.1. Anyag és módszer	15
3.1.1. Alkalmazott meteorológiai adatbázis	15
3.1.2. Új hőstressz-index (HSI) matematikai háttere	16
3.2. Eredmények és következtetések.....	18
3.2.1. Nyári napok	18
3.2.2. Forró napok számának változása az elmúlt évtizedekben.....	20
3.2.3. Hőségnapok térbeli és időbeli változása	22
3.2.4. Trópusi éjszakák számának változása az elmúlt évtizedekben	24
3.2.5. Hőstressz index eredményeinek bemutatása.....	26
3.2.6. Az eredmények összehasonlító elemzése	28
4. Összegzés.....	29
5. Köszönetnyilvánítás	30
6. Szakirodalom	31

1. Bevezetés

A világunkat érintő globális probléma a felmelegedés. Az elmúlt évek tudományos kutatásai azt mutatják, hogy ennek a problémának nemhogy a megoldását, vagy vissza fordítását tesszük, hanem inkább az ütemét gyorsítjuk és roham léptékben haladunk afelé, hogy visszafordíthatatlan károkat okozunk. A globális trendek követése, a problémák nem megfelelő időben történő észlelése olyan láncreakciókat indított el a világban, amik következményei beláthatatlanok és mindenkire hatással lesznek rövid vagy hosszabb távon. A globális klímaváltozás következtében a Föld átlaghőmérséklete az elmúlt száz év során mintegy 0,6–0,7 °C-kal emelkedett. Bár ez a mérték elsőre csekélynek tűnhet, jelentőségét jól érzékelteti, hogy a legutóbbi jégkorszak kialakulását mindössze körülbelül 3 °C-os globális hőmérséklet-csökkenés idézte elő mintegy 10–12 ezer évvel ezelőtt.

A tudomány jelenlegi állása szerint a felmelegedés elsődleges oka az üvegházhatás fokozódása. A vízpára, a szén-dioxid, a metán, valamint a különböző halogénezett szénhidrogének – amelyek jelentős részben antropogén, ipari eredetű gázok és az ózonréteg károsodásához is hozzájárulnak – kulcsszerepet játszanak ebben a folyamatban. E gázok jelenléte nélkül a Föld átlaghőmérséklete mintegy 30 °C-kal alacsonyabb lenne. Az üvegházhatású gázok a légkör hővisszatartó kapacitását növelik, így koncentrációjuk emelkedése a Föld energiaháztartásának további felborulását és a globális felmelegedés erősödését eredményezi (Bíró 2015).

Napjaink egyik legjelentősebb globális problémáját a mezőgazdaság és a természeti erőforrások fenntartható hasznosítása jelenti. A természet adta erőforrások – mint a fémek, ásványi anyagok, fa, termőföld, élelmiszer, víz és levegő – az emberi élet fennmaradásának alapfeltételei. A jelenlegi tendenciák azonban azt mutatják, hogy az emberiség nagyobb mértékben használja fel ezeket a készleteket, mint amilyen ütemben azok természetes úton megújulni képesek.

A jövő egyik legfontosabb feladata a természeti erőforrásokkal való hatékonyabb gazdálkodás. Ennek során elengedhetetlen, hogy a nyersanyagok kitermelésétől a termékek előállításán és felhasználásán át egészen a hulladékká válásukig olyan folyamatokat alkalmazzunk, amelyek minimalizálják a környezetterhelést. Kiemelt szerepe van a körforgásos gazdaság elveinek, a folyamatos terméktervezésnek és -fejlesztésnek, valamint az anyagtakarékos technológiák bevezetésének.

A globális cél világos: kevesebb erőforrás felhasználásával kell nagyobb gazdasági és társadalmi értéket teremteni, miközben biztosítani kell a környezet állapotának megőrzését. A jelenlegi gazdasági rendszerek átalakítása elengedhetetlen ahhoz, hogy a fenntartható jövő elérhetővé váljon. (Fróna D. 2018)

A dolgozatom másik fő eleme a hőmérsékletindexek változásán kívül a kukorica. Ez a gabonanövényünk mind hazai mind világszinten fontos, nagy területen és mennyiségben termelt kultúrnövény. Sokoldalú felhasználása teszi igazán jelentős termesztett növényé ezt az amerikai kontinensről behozott növényt. A másik lényeges érv, ami a kukorica mellett szól, hogy az utóbbi időben lényegesen befolyásolták a környezeti tényezők a termesztését és ezáltal egy új kihívás elé állították a gazdákat. Az elmúlt évek termésátlagai akkora ingadozást mutatnak, hogy a növény termesztése teljesen kiszámíthatatlan és instabil. Ennek a tendenciának az egyik tényezője a hőmérséklet, aminek nyomkövetését és egy korábbi szakmai munkával való összehasonlítását tartalmazza ez a dolgozat. A hőmérséklet hatását a növekedés alatt, illetve a különböző fenológiai fázisokra lebontva, hogy milyen mértékben érik a vetéstől egészen az aratásig.

1.1. Célkitűzés

Bartholy és munkatársainak (2007) kutatása jó alapot biztosított a dolgozatom elkészítéséhez, hiszen azokat a hőmérsékleti indexeket vizsgálták a régmúltban, amelyek a mezőgazdasági termelést, és ezáltal a kukorica termésbiztonságát is befolyásolják a mai napig. Ugyanakkor az elmúlt 17 évben nem történt országos szintű felmérés, miközben a kukoricatermesztés egyre nehezebb helyzetbe került, ezért célul tűztem ki, hogy 1971 és 2024 közötti időszakra megvizsgálom néhány hőmérsékleti index alakulását, illetve egy saját hőmérsékleti index kidolgozását is megkísérlem.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Kukorica eredete

A kukorica eredete a mai országhatárokat tekintve megosztja a tudósokat. Egyes feltételezések szerint őshazája Brazília déli, illetve északkeleti részén terül el, valamint Paraguay területe is ide vehető és később terjedt el Közép-Amerika és Mexikó területére. Mások szerint ez a folyamat fordítva történt, géncentruma Mexikó, illetve ez a közép-amerikai térség, ahonnan eljutott a déli területekre, mint például Brazília, Bolívia, Paraguay, Peru és később az észak-amerikai kontinensre, a ma ismert Amerikai Egyesült Államok, illetve Kanada déli területeire. (Rapaics 1943)

Ezt a vitát csak az őskukorica, vadkukorica megtalálása zárhatta volna le, de ez kihalt vadon élő formában, ezáltal csupán a feltételezésekre és a különböző kutatásokra tudunk hagyatkozni. Ezek a kutatások helyszínt tekintve Mexikóvárosban zajlanak de különböző Mexikó területén

található barlangok, völgyek régészeti feltárásai segítik a folyamatokat. A kutatók régészek, egyéb szakemberek itt végzik a legnagyobb volumenű munkát. A–kukoricát az európaiak számára Kolumbusz Kristóf azaz Cristobal Colon hozta el. Az első írásos feljegyzés erről 1492. november 6-án került a felfedező naplójába. Ekkor még mahiznak nevezte el a növényt. Ez a mai kukorica őst jelentette és Kuba belső vidékéről származik. Európába először Spanyolországba került 1493-ban, tekintve Kolumbusz innen indult felfedező útjára. Az 1500-as évek elején portugál, velencei hajósok által jutott el Európa több országába is. Latin neve *Zea mays* L, ez annyit jelent, a *Zea* görögül gabonafélét, *Mays* fajnév, L pedig Liné nevét jelöli, aki ezt a felfedezést, leírást adta róla 1753-ban (Surányi, Szabó, Heszki 2014). Rendszertani besorolása a növények országa, zárvatermők törzse, egyszikűek osztálya, Geraminales rendje, perjevirágúak rendje, perjefélék családjá, és *Zea* nemzetség egyetlen ismert faja. Ezenkívül a kukoricafélék rajába még 7 nemzetség tartozik, ezek szerte a világban megtalálhatóak. (Orosz 2009)

2.2 Kukorica jelentősége

A világon a rizs és a búza mellett a kukorica a legfontosabb kultúrnövénye az embernek. Ez megmutatkozik mind a termesztett terület mind a termesztett mennyiség függvényében is. Mind ételmezésben mind takarmányozásban igen fontos szerepet tölt be, ezáltal igen fontos kultúrnövény.

A kukorica két fő irányvonalát ismerjük, a csemegekukorica, illetve a takarmánykukorica. A csemege változata a takarmánynál később került európai szintésre, körülbelül 250-300 évvel a takarmány testvérehez képest. Természetesen itt is először Spanyolországban honosodott meg majd került francia olasz, majd görög területekre. Egyes kutatók szerint Észak-Amerikába is viszonylag későn az 1700-as évek végétől kezdtek csemegekukorica termesztésbe az ott élő gazdák, farmerek (Ervin 1951).

Magyarországon a kukorica elterjedését két fő irányvonal határozta meg. Az egyik egy dél-keleti, déli balkáni útvonal, ahol a török hódítók Magyarország elfoglalásakor hozták be országunkba. A másik egy dél-nyugati, nyugati irányvonal, amely Itáliából származó kukoricákat említ. Ez valószínűleg a spanyol felfedezés hatására indult meg. Ugyanis Kolumbusz spanyol hódító lévén jutott el először Itáliába majd onnan az akkori Magyarország területére. Valószínűleg ezen teóriák mind helyesek az ország nyugati felében az itáliai forrás a hiteles, míg az ország déli és keleti részén a török forrás. Természetesen a törökbúza elnevezés is valószínűleg ezt hivatott alátámasztani (Tenailon 2011).

A kukorica, Magyarországon történő megjelenését követően gyorsan elterjedt. Ennek oka, hogy a török feldúlás idején szegénység volt. A feldúlt területek szegények, hiányosak és romokban heverték, ahol a jobbágyság ezt a növényt tudta a leggyorsabban és a leggazdaságosabban termesztetni. (Orosz 2009)

A kukorica korunk egyik legfontosabb szántóföldi növénye. Igen sokoldalúan felhasználható mind takarmánynövényként, mind az ipar számára mind az emberi fogyasztásra alkalmas. Az egész növény felhasználható, különböző részeit különböző iparágak hasznosítják. Ezen tulajdonságainak köszönhetően nagy felvevőpiaccal rendelkezik, könnyen értékesíthető. Szénhidrát-és ezáltal energiatartalma igen magas ezért közkedvelt emberi csemege ennek ellenére viszont csak Portugáliában, Mexikóban, Indiában és Dél-Amerika egyes országaiban teszi ki a gabonafogyasztás jelentős részét. Ezekben az országokban a helyi specialitások, különlegességek egyik fő alapanyaga. Emberi fogyasztásra a learatott formában még nem megfelelő, szükséges több előkészítő folyamat, így gyártanak belőle pl. kukoricapelyhet, kukoricadarát, kukoricalisztet és a kínálat folyamatosan bővül. (Radics és munkatársai 1994).

Manapság még mindig takarmánynövényként való felhasználása a legjelentősebb ez annak is köszönhető, hogy különböző növényi részei több különböző módon lehet hasznosítani. Abraktakarmányként, szemtermését, melyet vagy egyéb összetevőkkel összekeverve vagy takarmánytápként vagy darált formában használnak fel. A jobb emészthetőség érdekében ma már alkalmaznak különböző feltárási módszereket, mint pl. puffasztás, pelyhesítés stb. Mint említésre került kukorica növény teljes egészében felhasználható takarmányozási célokra, ennek három módját ismerjük. az érett kukoricaszár takarmányozásra való felhasználása a sűrűre vetett kukoricacsalamádé zölden való legeltetése, silókukoricából készült különböző szilázsok etetése. A hazai klímaviszonylatnak köszönhetően silókukoricának növekvő jelentősége megfigyelhető a szarvasmarhák tömegtakarmányozásában megfelelő körülmények között gazdaságos de korszerű termesztéstechnológiát követel. Amennyibe az adott egység alkalmas egész éves ellátást biztosít a szarvasmarhaféléknek, miközben tömegtakarmány és abraktakarmány is egyszerre.

A szem jellegzetessége alapján több csoportra oszthatjuk: sima keményszemű kukorica, sima puhaszemű kukorica, lófogú kukorica, csemegekukorica, pattogatnivaló kukorica, lisztes kukorica, viasz kukorica, pelyvás kukorica. (Radics és munkatársai 1994)

2.3. Kukorica morfológiája

A kukorica föld feletti és föld alatti részekből áll. Az egyik a gyökérzet a másik a hajtásrendszer. A föld feletti rész zászlóshajója a szár ezen találhatóak a levelek, a termővirágzat melynek a csúcsán a hímvirágzat (címer). A megtermékenyülést követően a torzsavirágzathoz lesz a kukoricacső.

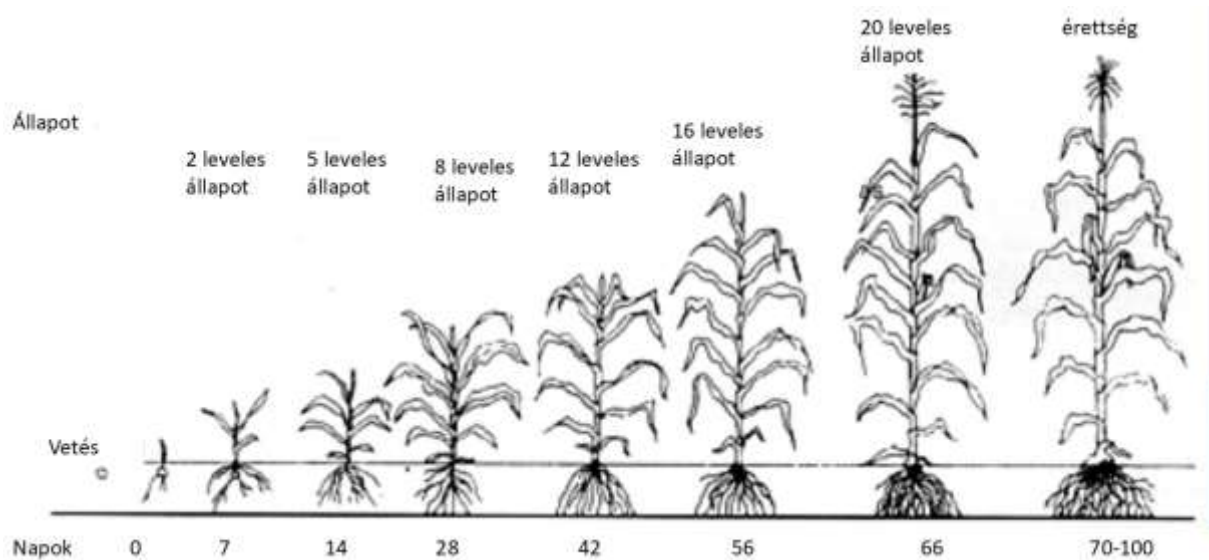
A kukorica gyökérzete bojtos gyökérrendszer, mely elsődleges és másodlagos gyökerekből áll. Az elsődleges gyökérzet a csíra gyököcskéből fejlődik ki, a főgyökér gyorsan és intenzíven a talaj mélyébe hatol és ezzel igyekszik elérni a növény a kellő stabilitást. Ezt a szerepet a gyökérzet fontosabb módosulatai, mint a támasztó légygyökér vagy koronagyökér igyekszik ellátni. A kifejlett növény akár 2 m-es mélységig és 70-100 cm-es távolságig is képes gyökérzetet növeszteni.

A kukorica leveleinek, szárának paraméterei a fajtától az időjárási körülményektől változik. Itthon átlagosan 1,2-3 m lehet. A főhajtást nodusok tagolják, két csomóközi rész a növényen felfelé haladva egyre hosszabbá válnak. A szárölelő levelek főleg fiatal korban a szártagokat betakarják, később is csak egy részük válik láthatóvá. A levelek levélnyel nélküliek, erezetüket tekintve mellékeres levelek.

A termősvirágzat torzsavirágzat, amely a főhajtás vagy a mellékajtások levélhónaljában lévő rügyekből fejlődő törpehajtás csúcsán helyezkedik el. Hazánkban az átlagos női ivarú virágzat szám egy, illetve kettő ritkább esetekben számolhatunk hárommal. A virágzathoz tekintve egylaki, morfológiailag elkülönült úgynevezett diklin virágzat. Amint a torzsavirágzat megtermékenyült kifejlődik belőle a kukoricacső, melynek részei a csutka, csutkanyél, bajusz vagy bibemaradvány, kukoricacsuhé és a számunkra értéket képviselő szemek. A kukoricacső tulajdonsága fajtajelleg de befolyásolják a termesztés körülményei, mint pl. a talaj minősége, tápanyagellátottsága, valamint nedvességtartalma. A csutka egy hengeres virágzati maradvány. A kukoricacső végén bajusz védi az értékes szemeket a madaraktól. A termősvirág magházából fejlődik a kukoricaszem, melyek alakja fajta szerint változik. A következő ábrán látható a kukorica morfológiája, természetesen a képen látható összes növényi szerv egy termesztési időszakban jelenik meg a kukoricán, időben eltolva.

A külső tényezők rendelkezésre állása alapján (nedvességtartalom, oxigén, hőmérséklet) a lehető legrövidebb időn belül kezd el csírázni a kukorica. Az első szakaszban az elegendő víz a legfontosabb tényező mert a csírázás vízfelvétellel kezdődik. Hőmérsékletet tekintve igen tág tűrésű a csírázás folyamata, mely csupán az idő hosszát befolyásolja. Akár 6 Celsius fokon is

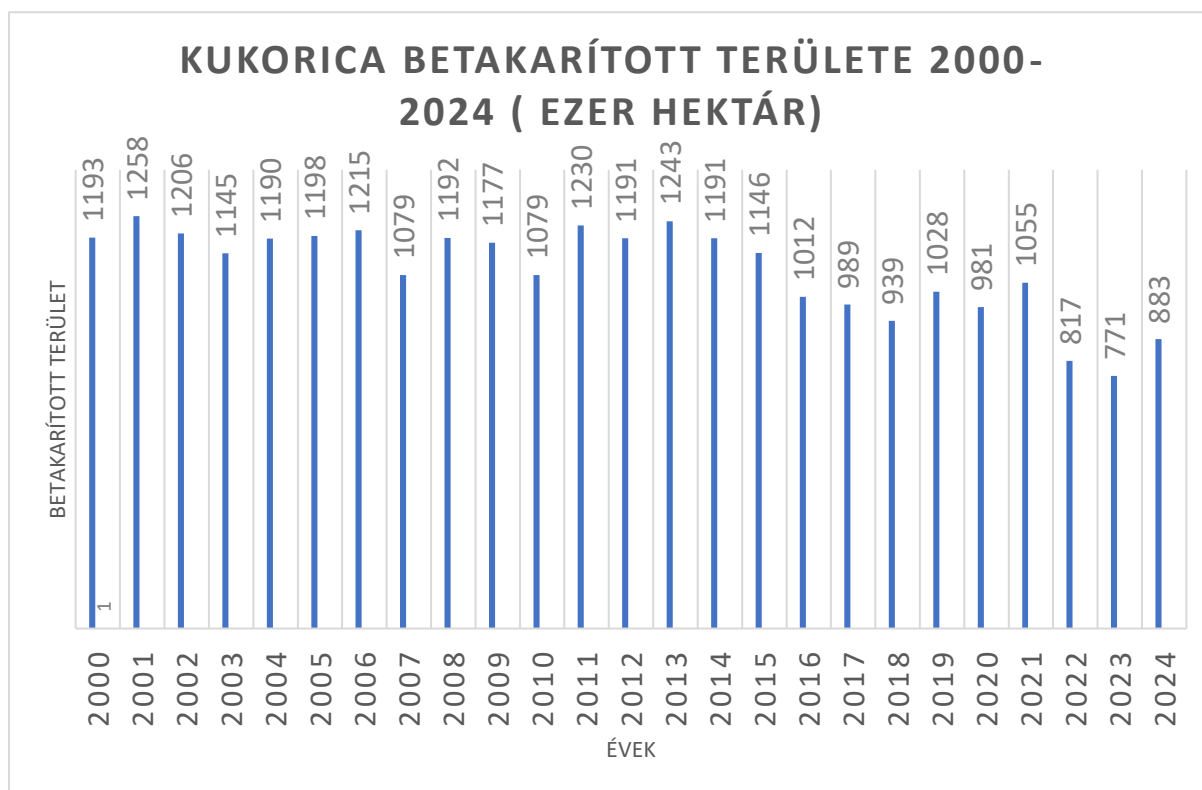
elindul de nagyon érzékeny lesz a csíranövényünk. A legideálisabb a 21 Celsius fokos talajhőmérséklet. Ilyen esteben a vetéstől számítva az 5-6. napon láthatjuk a sorokat. A hajtásrendszer fejlődése a fő hajtással kezdődik, ezt sok tényező befolyásolja, mint pl. a hőmérséklet, talajnedvesség és a fajta. Általánosságban elmondható, hogy a 3-5. héten gyorsul fel a növekedési folyamat és július végén augusztus elején ez a folyamat befejeződik. Ezt követően a növény a cső növekedésére fordítja az energiáját. (Borsos és munkatársai 1994) Ezen folyamatokat mutatja az 1. ábra.



1.ábra: A kukorica fenológia fázisai (Corteva Agriscience: A kukorica fejlődési fázisainak meghatározása nyomán saját szerkesztett ábra)

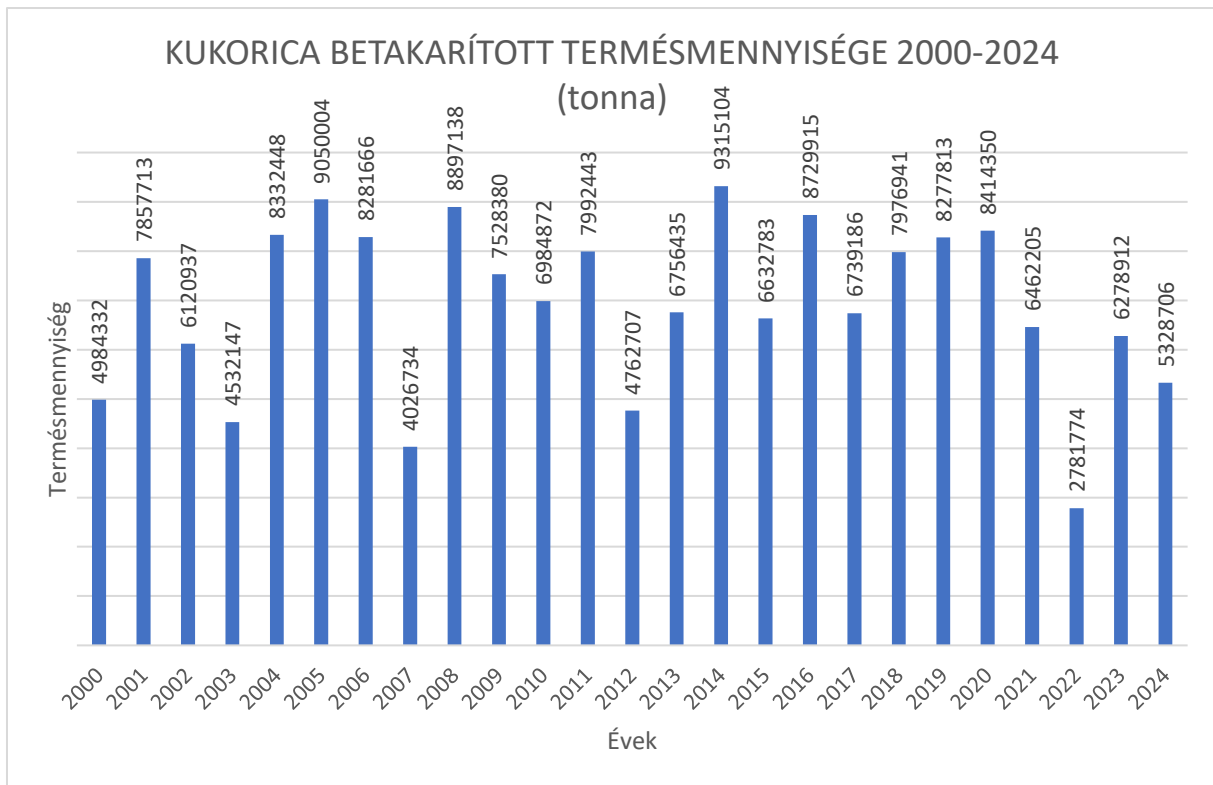
2.4. Kukorica termesztése hazánkban

A kukorica Magyarországon évtizedek óta a legnagyobb területen termesztett szántóföldi kultúra, amelynek termésmennyisége ugyanakkor erőteljes ingadozásokat mutat. (Máté, 2022). Pontos számokat tekintve a KSH adatai alapján az elmúlt 20 évben 800 ezer és 1 millió 200 ezer hektárra tehető. Ezt a szempontot figyelembe véve 2023-ban volt a legkisebb vetésterületen kukorica, 771 ezer hektár, míg a legnagyobb területi vetéssel 2001-es év 1258000 elvetett hektárral rendelkezett. Az utóbbi egy nagyobb léptékű időintervallumban is igen kiemelkedő, országos csúcst jelent. Az elmúlt 24 év területi átlaga 1096000 hektár.



2.ábra: Kukorica betakarított területe Magyarországon 2000-2024 között ezer hektárban feltüntetve (KSH adatai alapján)

Területi bontásban a legnagyobb vetésterületek a Dél-Dunántúlon és az Észak-Alföldön koncentrálódnak, míg a Közép- és Észak-Magyarország térségeiben kisebb jelentősége van a kultúrának. A mennyiségeket tekintve szintén ezt az időtartamot vizsgálva megkapjuk hogy a legtöbb kukoricát 2014-ben takarították be, 9 315 104 tonnát. A legkevesebb termést hozó év a 2022-es év bizonyult 2 781 774 tonnával. A bő két évtized átlaga 6,9 millió tonna. Azért láthatjuk, hogy a szórás óriási, mind a két szélső érték közötti különbség terén mind az egyes évek átlagtól való eltérése kapcsán. Ennek természetesen több oka is lehet az egyik ok a hőstressz.



3.ábra: Kukorica betakarított mennyiség Magyarországon 2000-2024 között tonnában feltüntetve (KSH adatai alapján)

Összességében a magyar kukoricatermesztésre a hosszú távon növekvő, de évenként erősen ingadozó termésmennyiségek, a jelentős piaci kitétség és a költségek emelkedése a jellemző. A termesztés jövedelmezőségét a hozamok mellett egyre inkább a piaci feltételek, a technológiai alkalmazkodás, valamint a hibridválasztás befolyásolja, amelynek során a szárazságtűrés, a szárszilárdság és a vízleadás váltak meghatározó szempontokká. (Markó 2023)

2.5. Kukorica termesztésének kihívásai

A kukorica termesztésének egyik legkritikusabb ökológiai tényezője a hőmérséklet, amely közvetlen hatással van a növény fejlődésére, a fenológiai fázisok időbeli alakulására, valamint a terméshozam mennyiségére és minőségére. A hőmérsékleti viszonyok az év különböző szakaszaiban eltérő jelentőséggel bírnak, ezért a fenológiai és agronómiai szempontok összehangolása elengedhetetlen a hatékony termesztéshez.

A kukorica kelési és kezdeti fejlődési szakaszaiban az áprilisi átlaghőmérséklet meghatározó. A növény optimális keléséhez a talajhőmérsékletnek legalább 10–12 °C-nak kell lennie. Az ennél alacsonyabb hőmérséklet késlelteti a csírázást, és csökkenti a kelési egyenletességet, ami

később a növényállomány heterogenitásában, valamint a termés hozam csökkenésében jelentkezhet. Az áprilisi hőmérséklet az ország nagy részén rendszeresen elmarad az ideális értéktartománytól, így a vetés időpontjának és a talajelőkészítés módjának optimalizálása kulcsfontosságú a korai fejlődés támogatásához (Beegum és munkatársai 2023)

A vegetációs időszak teljes átlaghőmérséklete szintén meghatározó a kukorica termékenysége szempontjából. A növény számára kedvező hőmérsékleti tartomány 17–19 °C, amely elősegíti a fotoszintézis intenzitását, a szemtelítődést és a szárazanyag-képződést. A hőösszeg – azaz a vegetációs időszak során összegyűlt napi középhőmérsékletek kumulatív értéke – kulcsfontosságú mutató a fenológiai szakaszok előrehaladásában. Az optimális hőösszeg 1250–1750 °C között biztosítja, hogy a növény minden fejlődési szakasza a megfelelő ütemben haladjon, elősegítve a maximális termésképződést. A hőösszeg és a csapadék együttes vizsgálata, amelyet °C/mm egységben szokás kifejezni, a vízháztartási viszonyok mérésére szolgál. Magyarországon az optimális hő/csapadék arány 2,5 °C/mm, az elfogadható tartomány pedig 1,9–3,1 °C/mm között helyezkedik el. Az átlagos hazai érték 2,1 °C/mm, amely a tűrés alsó határán található, ezért a relatív hőhiány rendszeresen a termés csökkenéséhez vezet, különösen az Alföld és a Közép- és Dél-Dunántúl területein (López és munkatársai 2025).

A vegetációs periódus részletes elemzése hónapokra lebontva további információt nyújt a hőigényekről. Májusban a növény intenzív vegetatív növekedése zajlik, és a hőmérséklet 15–18 °C közötti átlagértéke támogatja a levélfelület és a fotoszintetikus kapacitás gyors bővülését. Júniusban, amikor a virágzás kezdődik, a hőmérséklet 18–22 °C között ideális, mivel a megtermékenyülés érzékeny a szélsőséges hőmérsékleti ingadozásokra. Júliusban és augusztusban a szemképződés és a szemek telítődése zajlik; a 20–24 °C közötti átlaghőmérséklet elősegíti a szárazanyag-felhalmozódást és a termés minőségi paramétereinek kialakulását. Az átlagos napi hőmérséklet kiugróan magas értékei, különösen a hőhullámok idején, csökkenthetik a szemek tömegét, és hátráltathatják a fotoszintetikus aktivitást, ezáltal mérsékelve a hozamot (Vatca és munkatársai 2021).

A globális klímaváltozás hatásai tovább fokozzák a hőmérséklet szerepének jelentőségét. A hőmérsékleti viszonyok eltolódása, a hőhullámok gyakoribb előfordulása és a vegetációs időszak egyenlőtlen hőeloszlása módosíthatja a kukorica fenológiai szakaszait, ami kockázatot jelenthet a termésbiztonságra. Magyarország éghajlati heterogenitása miatt a hatások regionálisan eltérőek lehetnek; a szárazabb, melegebb Alföldön a hőmérséklet emelkedése és a csapadék csökkenése együtt súlyos stresszt jelent a növény számára, míg a Nyugat- és Dél-Dunántúlon a hatások mérsékeltebbek lehetnek. Összefoglalva, a kukorica termesztése

szempontjából a hőmérséklet az egyik legfontosabb meghatározó tényező (Kim, Lee 2023). A kezdeti keléshez és a vegetatív fejlődéshez szükséges optimális áprilisi hőmérséklet, a vegetációs periódus átlaghőmérséklete és a hőösszeg kritikus szerepet játszik a termésképződésben, míg a hőösszeg/csapadék arány a vízhiány hatásainak mérséklésében kulcsfontosságú. A hőmérsékleti viszonyok folyamatos figyelemmel kísérése, valamint a klímaváltozásból adódó várható eltolódások ismerete alapvető a hazai kukoricatermesztés fenntartható tervezéséhez, a vetésidők optimalizálásához és a termésbiztonság növeléséhez (Dorka 2005).

A globális átlaghőmérséklet emelkedése jelentős kihívást jelent a kukoricatermesztés számára, mivel a növény különösen érzékeny a hőstresszre a reprodukzív és a korai gabonatöltési szakaszban (Huzsvai és munkatársai 2024). A hőstressz hatását tovább bonyolítják a környezeti tényezők, például a páratartalom, a talajnedvesség és a napsugárzás, amelyek együttesen komplex szabályozási folyamatokat idéznek elő. A genetikai diverzitás, különösen az őshonos és vad fajták vizsgálata, új donorok, QTL-ek és gének azonosítását teszi lehetővé a hőtolerancia növelése érdekében. A genomszintű asszociációs vizsgálatok (GWAS) kulcsfontosságú szerepet töltenek be a hőtűrő tulajdonságok feltárásában, míg a mutációs nemesítés a meglévő populációk genetikai variabilitásának bővítését szolgálja. Transzgenikus megközelítésekben bizonyították a hőstressz-faktorok (HSF) és hőstressz-fehérjék (HSP) fokozott termelésének kedvező hatását. A molekuláris biotechnológia új eszközei, köztük a CRISPR, lehetőséget biztosítanak a hőtoleráns kukoricagenotípusok gyors és célzott előállítására (Ivica és munkatársai 2023).

2.6. Hőstressz hatása a kukoricában

Először is fontos tisztázni, hogy mit nevezünk hőstressznek. Ezt a fogalmat a közelmúltból Bahuguna és Jagadish (2015) írta le legpontosabban. Hőstressznek azt a hirtelen vagy fokozatos hőmérséklet-emelkedést nevezzük, amely meghaladja a kritikus küszöbértéket, és ennek következtében helyrehozhatatlan károkat idéz elő a növények növekedésében, fejlődésében és anyagcsere-folyamataiban. A hőstressz következtében fellépő sejtszintű és élettani változások gyakran a fotoszintézis, a légzés, valamint a vízháztartás zavarához vezetnek, amelyek együttesen jelentősen csökkenthetik a terméshozamot. (Bahuguna és Jagadish 2015) Az utóbbi évtizedben rengeteg kutatás és bizonyíték került napvilágra, ami azt támasztja alá, hogy a hőhullámok milyen káros hatással vannak a kukorica termesztésére. Ezek a kutatások világszinten zajlanak, mint például Európában (Hawkins et al, 2013), Kínában (Gao et al, 2021) vagy az Amerikai Egyesült Államokban (Lobell és Asner, 2003). Éppen ezért a kutatók,

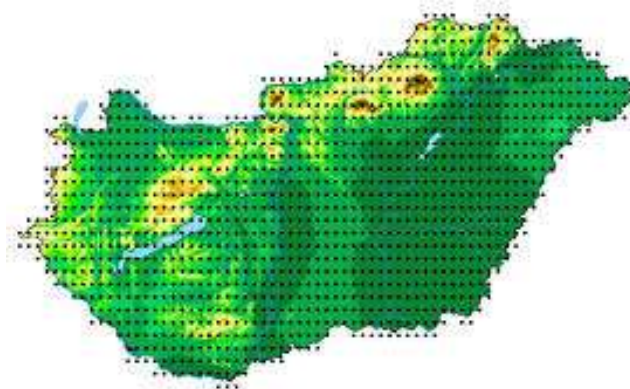
növénynemesítési szakemberek, mezőgazdasági szakemberek azon dolgoznak, hogy ezeket a kutatásokat felhasználva kifejlesszenek olyan megoldásokat, amik ellenállóbbá teszik ezt az ágazatot a meteorológiai kihívásoknak. Ezek a megoldások lehetnek a növények nemesítésével kapcsolatban tett lépések de lehetnek akár a termesztéstechnológiában tett változtatások (Ivica és munkatársai 2023). A tudósok nagyon sokat foglalkoztak annak felderítésével és megoldásával, hogy mit okoz a hőstressz a növénynek. Számos kutatás hangsúlyozza, hogy a kukorica fejlődése során több kritikus fázis is azonosítható, amelyekben a hőstressz kiemelkedően káros hatást gyakorol a növény növekedésére és termés hozamára. Mind a rövid ideig tartó, mind a hosszan fennálló hőstressz jelentősen rontja a gabonafélék reprodukív folyamatait, valamint a betakarított mennyiséget és minőséget. (Prasad et al., 2017) A különböző vizsgálatok kimutatták, hogy a kezdeti csírázási szakaszban ért hőstressz nem olyan befolyásoló a végső termést illetően, mint a későbbi periódusokban. Ez többek között annak köszönhető, hogy a csírázás szakasza után még viszonylag sok idő telik el a betakarításig amíg a növény eltudja végezni a helyreállító folyamatait, amivel tudja enyhíteni a kárt. Valamint a kutatók azzal is magyarázták ezt a jelenséget, hogy főként hazánkban a csírázás szakaszában a növény nincs még akkora hőstressznek kitéve, mint később és köszönhető az éghajlatnak és az időjárási paramétereknek. Ezt alátámasztandó későbbi vizsgálataim során is kitértem erre. A növény életében a korai növekedési szakasz a következő, amit érhet hőstressz. Bár közvetlenül erre a periódusra nincsen elég kutatás és eredmény de azt megállapították, hogy itt is elmondható az hogy elég idő áll rendelkezésre a növénynek arra hogy saját magát helyre állítsa és ne befolyásolja az aratási paramétereket. Azonban annyit meg tudtak állapítani, hogy azért is nem tapasztalható hozam csökkenés mert a generatív szerveket a vegetatív szövetek jól védik. A következő szakaszban közvetlenül a virágzás előtt már jobban befolyásolja a hőstressz a növényt. Főként a fotoszintézisre gyakorolt negatív hatással magyarázható, hogy ebben a szakaszban már érződik a magasabb behatása a túlzott hőmérsékletnek. Élettanilag következő, a virágzás szakasza már nagyon érzékeny és kitéve a hőstressznek. Ebben a szakaszban készült a legtöbb kutatás azzal kapcsolatban hogy mennyire befolyásolja a későbbi eredményeket. A beporzás, virágmegkötés akár pár Celsius-fokos eltérésnél is mutat elváltozást. A magasabb hőmérséklet hatására nehezebben tudnak megkötni a virágok, ami a pollenre gyakorolt negatív hatással magyarázható. A szentelítődési szakaszban a kísérletek által mért kiesés 15 és 45 százalék közé tehető. A legnagyobb problémát az okozza, hogy a túlzott hő, ami éri a növényt lecsökkenti a szentelítődési szakasz idejét ezáltal nem tud elég szem kifejlődni így aratáskor hatalmas veszteségek léphetnek fel. Bár a folyamat sebességét felgyorsítja ezzel sem tudja ellensúlyozni az idővesztést. (Teng és munkatársai 2022)

3. Saját vizsgálatok

3.1. Anyag és módszer

3.1.1. Alkalmazott meteorológiai adatbázis

A vizsgálat elvégzéséhez szükséges adatokat a HungaroMet Zrt. meteorológiai adatarchívuma biztosította (www.odp.met.hu). Az adatbázisból a rácspontokra vetített, homogenizált, napi felbontású hőmérséklet mérési adatokra, valamint különböző, nemzetközileg és hazai szakirodalomban széles körben alkalmazott hőmérsékletindexekre támaszkodtam a különféle elemzések során. A számításokhoz az adatsorokat 1971. január 1-től 2024. december 31-ig terjedő időszakra, összesen 1233 rácsponton gyűjtöttem össze (4. ábra), így a napi hőmérsékletértékek összesen több mint 24 millió adatpontot tettek ki. Erre az időszakra több paraméter lekérésére szükség volt, úgymint a napi minimum, a napi maximum és napi középhőmérsékleti adatokra, hogy a megfelelő számításokat el tudjuk végezni. Az adatok minden esetben interpolált, homogenizált rácspontokra vonatkozó időbeli sorozatokat tartalmaznak, melyek előállításához a meteorológiai állomásokból származó in-situ mérések mellett távérzékelési adatok – radar- és műholdadatok – integrálására is sor került. A homogenizációs folyamat során az adatokban lévő hibákat és inhomogenitásokat kiszűrték és kijavították annak érdekében, hogy növeljék az adatsorok megbízhatóságát és megfeleljenek a későbbi elemzési követelményeknek. A számításokat Microsoft Excel segítségével végeztem, míg az eredmények térképi szemléltetéséhez ingyenesen elérhető R programot (R Core Team, 2023) alkalmaztam, amely lehetővé teszi a vizualizációk rugalmas és pontos elkészítését.



4.ábra: Rácspontok Magyarország területén (forrás:Hungaromet.hu)

Miután az adatokat letöltöttem az oldalról, meg kellett őket formázni. A hatalmas mennyiség miatt már az is sok időt vett igénybe, hogy az adatokat beolvassa a program és ezután tudtam csak dolgozni velük. Mivel a dolgozatom másik fő témája a kukorica, ezért a vizsgálatok

fókusza ennek a növénynek a fenológiai fázisaira összpontosított, ezen belül is az áprilistól szeptemberig terjedő időszakra.

Fenológiai fázisok	
Fázisok	Időszak
kelés – korai vegetatív	április 1 – május 31
gyors vegetatív	június 1 – június 30
címerhányás - megporzás	július 1 – július 30
szemtelítődés	július 31 – szeptember 10
érés	szeptember 11 – október 5

5.ábra: Fenológiai fázisok, kezdeti és végdátumuk (saját táblázat)

A vizsgált adatok mindegyikéből vontunk egy nagy átlagot 1971-2024-ig, majd 20 éves periódusokat viszonyítottunk az átlagtól. Az így kapott eltéréseket ábrázoltuk térképen, amelyeket a következő oldalakon szerepelnek.

A térképeken feltüntettük az idősor lineáris trendje alapján szignifikáns változást mutató rácspontokat. A trend szignifikanciájának kimutatását 95%-os megbízhatósággal a Mann-Kendall teszttel végeztük el.

Bartholyék cikke alapján kiválasztottam négy hőmérsékleti indexet amik a legjobban leírják a kukoricát érő hőstresszt. A hőmérsékleti szélsőségek vizsgálatában több jól definiált kategóriát alkalmaznak. Nyári napnak nevezünk minden olyan napot, amikor a napi maximum-hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 25 °C-ot, míg forró napról akkor beszélünk, ha a maximum eléri a 30 °C-ot. Az ennél is szélsőségesebb esetekben, amikor a napi maximum-hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 35 °C-ot, extrém forró napról beszélünk. Ezen kívül a meleg éjszakák osztályozására a trópusi éjszaka fogalmát használjuk, amely azon napokra vonatkozik, amikor a napi minimum-hőmérséklet nem süllyed 20 °C alá. Ezek a definíciók lehetővé teszik a meleg napok és éjszakák gyakoriságának, valamint a hőhullámok intenzitásának pontos nyomon követését.

3.1.2. Új hőstressz-index (HSI) matematikai háttere

A hőstressz-index célja, hogy a napi hőmérsékleti szélsőségek, különös tekintettel a magas nappali és meleg éjszakai hőmérsékletekre növényfiziológiai hatásukat kvantitatív módon jellemezze. Az index kiszámítása több lépésben, rácspontonként és fenológiai fázisonként történt, a rendelkezésre álló napi maximum- és minimum-hőmérsékleti adatok alapján.

Első lépésben minden napra és rácspontra három hőmérsékleti küszöbértékhez kapcsolódó indikátort definiáltunk, amelyek a különböző mértékű hőstressz terhelést reprezentálják. Az indikátorok a következő logikai feltételek szerint vették fel az 1 vagy 0 értéket:

$$I_{30}(t, g) = \begin{cases} 1, & \text{ha } T_{\max}(t, g) \geq 30^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases}$$

$$I_{35}(t, g) = \begin{cases} 1, & \text{ha } T_{\max}(t, g) \geq 35^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases}$$

$$I_{20}(t, g) = \begin{cases} 1, & \text{ha } T_{\min}(t, g) \geq 20^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases}$$

ahol t jelöli az adott napot, g pedig a rácspont indexét. Az első két indikátor (I_{30} és I_{35}) kölcsönösen kizáró, azaz egy napon belül csak az egyik lehet aktív, ezzel elkerülve a duplaszámolást a hőstressz különböző intenzitási szintjei között.

A napi indikátorokhoz minden fenológiai fázisban (p) súlyokat rendeltünk, amelyek a növény hőérzékenységet tükrözik az adott időszakban. A súlyozott napi hőstressz-értéket a következőképpen határoztuk meg:

$$W_{t,p,g} = w_{30,p} \cdot I_{30}(t, g) + w_{35,p} \cdot I_{35}(t, g) + w_{20,p} \cdot I_{20}(t, g)$$

ahol $w_{30,p}$, $w_{35,p}$ és $w_{20,p}$ a fenológiai fázishoz rendelt súlyok. Ezek a súlyok biztosítják, hogy a hőstressz hatása a növény fejlődésének kritikus szakaszaiban nagyobb befolyással szerepeljen az index értékében, mint a kevésbé érzékeny fázisokban.

A napi súlyozott értékekből az adott fázisra vonatkozó részindexet ($S_{y,p,g}$) a vizsgált év (y) és rácspont (g) szerint az alábbi összefüggéssel számítottuk:

$$S_{y,p,g} = \min \left(1, \kappa \cdot \frac{1}{L_p} \sum_{t=1}^{L_p} W_{t,p,g} \right)$$

ahol L_p a fenológiai fázis hossza napokban, κ pedig egy 3,5 értékű skálázási tényező, amely az index dinamikai tartományát (0–1) normalizálja és a térképi kontrasztot javítja. Az alkalmazott maximumfüggvény ($\min(1, \dots)$) biztosítja, hogy a részindex minden esetben a [0,1] tartományon belül maradjon.

A fázis-szintű részindexek aggregálásával hoztuk létre az adott évre és rácspontra vonatkozó összesített hőstressz-indexet (HSI):

$$HSI_{y,g} = \frac{\sum_{p=1}^P \alpha_p S_{y,p,g}}{\sum_{p=1}^P \alpha_p}$$

ahol α_p az egyes fenológiai fázisok relatív súlya (amely a növény fejlődési érzékenységét tükrözi), P pedig a vizsgált fenológiai szakaszok száma.

Az így számított éves HSI-értékek a hőstressz gyakoriságát és intenzitását egyaránt kifejezik az adott helyen és évben, ráadásul kimondottan a kukorica fenológiai fázisaira és hőérzékenységére kidolgozva. A hosszú távú trendek feltárásához a HSI-értékeket három, húszéves időszávrá (1971–1990, 1991–2010, 2011–2024) átlagoltuk, és rácspontra vetítve térképeket készítettünk. Ezek a térképek lehetővé teszik a hőstressz időbeli és térbeli változásának nyomon követését Magyarország területén.

3.2. Eredmények és következtetések

Az alábbiakban a kukorica hőstressz-kitettséget leíró térbeli mutatókat (nyári napok, forró napok, hőségnapok, trópusi éjszaka) és azok térbeli és időbeli alakulását mutatjuk be több évtizedre visszatekintve. Ezek a szélsőségek különösen a címerhányás–megporzás és a szemképződés időszakában kritikusak, ezért közvetlenül kapcsolódnak a terméskockázathoz. Míg Bartholy és mtsai (2007) elsősorban állomáslapon elemezték a jelenséget, a mi értékelésünk teljes országos lefedettséggel és nagyfelbontású rácson ad egységes, összevethető képet, nemcsak 2007-ig, hanem időben kiegészítve, kiterjesztve 2024-ig.

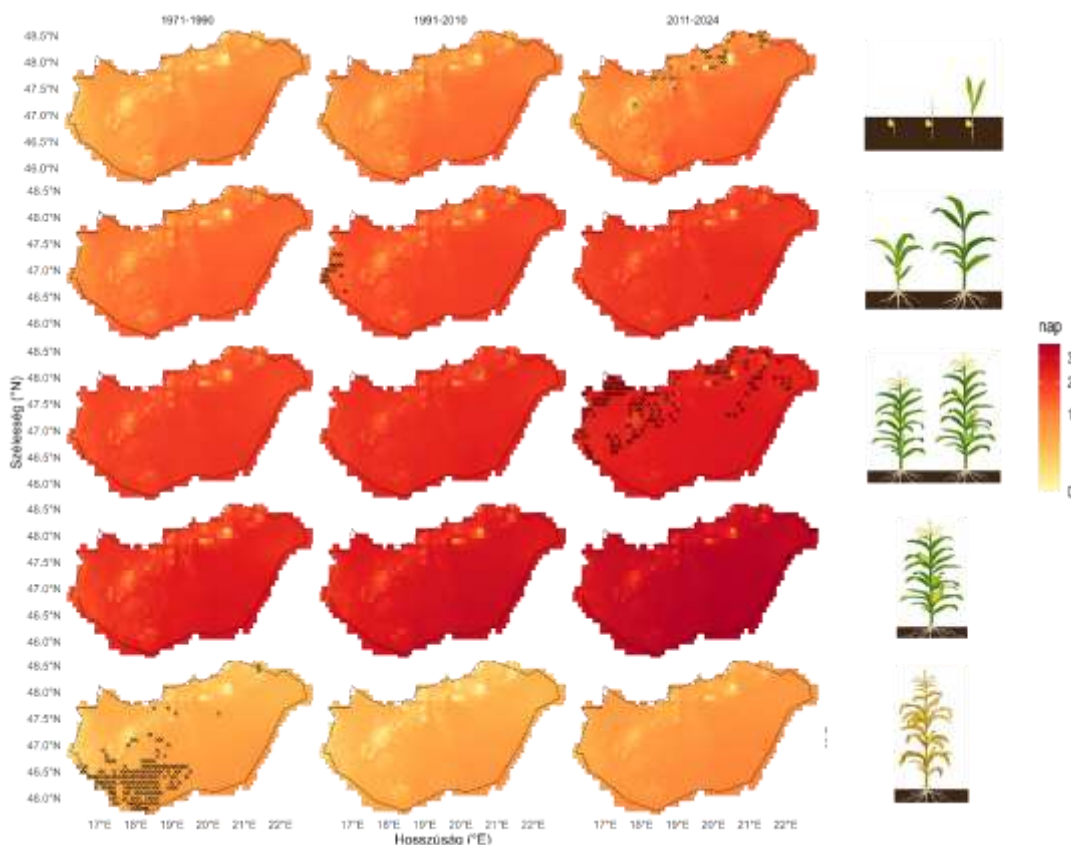
3.2.1. Nyári napok

A 20. század második felétől kezdődően Magyarország éghajlatában egyértelműen megfigyelhető a melegedés tendenciája, amelyet a különböző hőmérsékleti szélsőségek gyakoriságának növekedése is kísér. A nyári napok (azaz a 25 °C feletti maximumhőmérsékletű napok) számának alakulása különösen jól szemlélteti ezt a folyamatot (5. ábra). A bemutatott térképeggyüttes Magyarország területén mutatja be a nyári napok számának változását három időszávrá lebontva (1971–1990, 1991–2010 és 2011–2024), a kukorica fejlődési szakaszaihoz igazodva.

A vizsgált időszakok közötti különbségek alapján jól kirajzolódik a nyári napok számának fokozatos növekedése, amely szorosan összefügg a régióban tapasztalható általános felmelegedéssel. Az 1971–1990 közötti időszakban az ország területének túlnyomó részén

viszonylag alacsony értékek figyelhetők meg, különösen az északi és nyugati régiókban, ahol a domborzati viszonyok és a gyakrabban előforduló hűvösebb légtömegek mérséklik a nyári napok számát. A következő, 1991–2010 közötti periódusban azonban már egyértelműen megfigyelhető a nyári napok gyakoribbá válása, különösen az Alföld térségében. A 2011–2024 közötti legfrissebb időszakban a térképek szinte az ország teljes területén intenzív vörös színezést mutatnak, ami azt jelzi, hogy a nyári napok száma tovább növekedett, és mára szinte minden régióban jelentős melegedés tapasztalható.

Térbeli eloszlás tekintetében a nyári napok számának növekedése nem egyenletes. A Dél-Alföld, különösen Békés, Csongrád-Csanád és Bács-Kiskun megyék térsége minden vizsgált időszakban a legmelegebb régiók közé tartozik, míg az Északi-középhegység és a Nyugat-Dunántúl hűvösebb területein alacsonyabb értékek jellemzők. Ez a délnyugat–északkeleti irányú hőmérsékleti gradiens Magyarország éghajlatának egyik állandó sajátossága, azonban a legutóbbi időszakban a különbségek némileg mérséklődtek, mivel a melegedés országos méretűvé vált.



6.ábra: Nyári napok számának változása a kukorica egyes fenológiai fázisaiban. A fekete x-ek a térképen a szignifikáns trendet jelölik a Mann-Kendall teszt eredményeként 95%-os szignifikancia szinten (saját térkép)

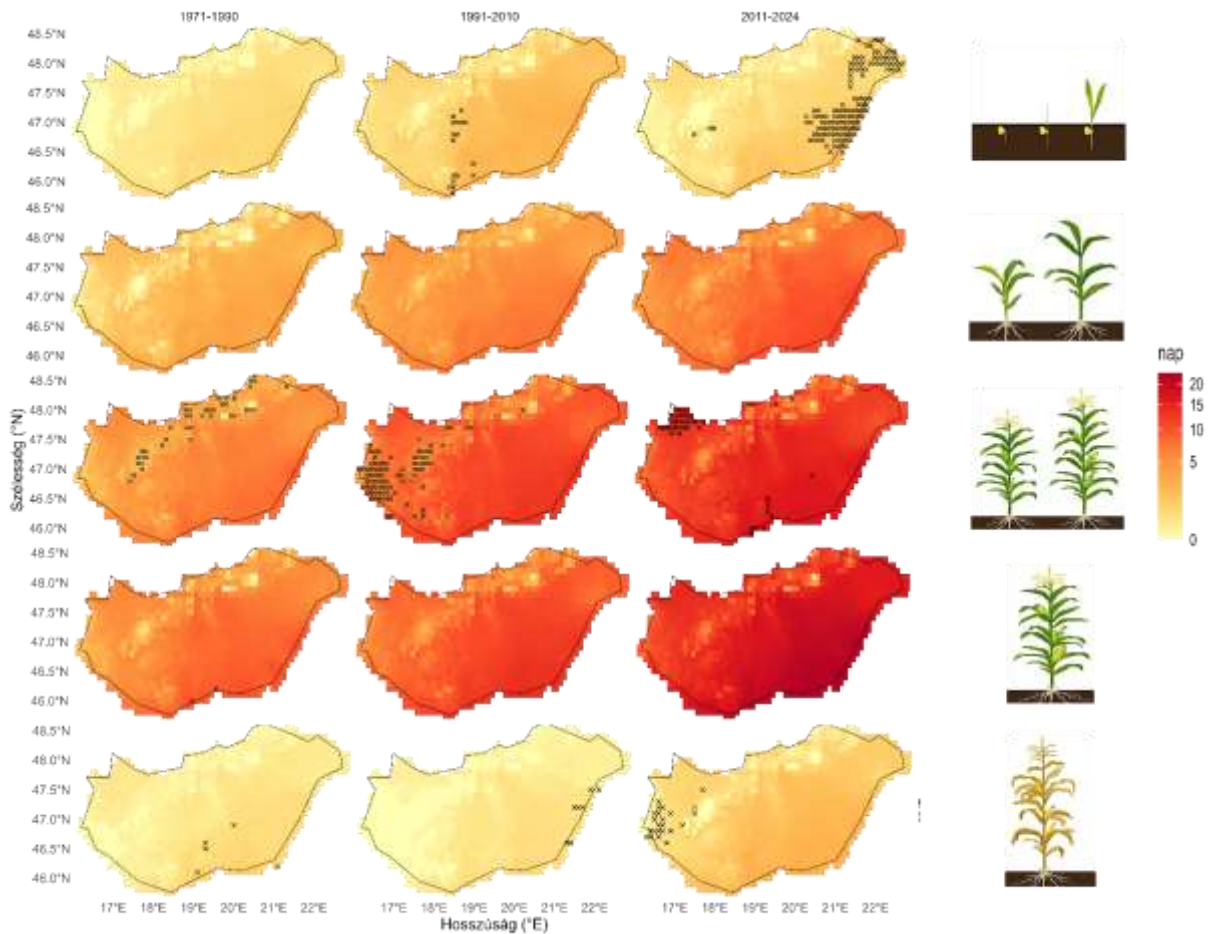
A növény fenológiai fázisai – a csírázástól az érésig – eltérő hőmérsékleti igényekkel és érzékenységgel rendelkeznek, így a klímaváltozás hatása is időszakosan változik. A korai, április–május időszakban, amikor a csírázás és kelés zajlik, a hőmérséklet-emelkedés gyorsabb növekedést és kedvezőbb indulást eredményezhet, ugyanakkor a melegebb, de gyakran szárazabb időjárás a talajnedvesség hiányával kombinálva veszélyeztetheti a kelést. A vegetatív növekedés és virágzás időszakában (június–július) a nyári napok számának növekedése már jelentős stresszfaktor lehet: a magas hőmérséklet fokozza a párolgást, csökkenti a talaj nedvességtartalmát, és kedvezőtlenül befolyásolhatja a beporzást és a szemképződést. Az érés és száradás fázisában (augusztus–szeptember) a melegebb időszak gyorsítja a termés beérését, ugyanakkor extrém meleg esetén a szemek fejlődése lerövidülhet, ami a termés mennyiségi és minőségi romlásához vezethet.

Összességében a vizsgált időszak térképei világosan mutatják, hogy Magyarországon az elmúlt több mint öt évtizedben a nyári napok száma folyamatosan növekvő tendenciát mutat. Ez a klímatrend nemcsak meteorológiai, hanem agronómiai szempontból is jelentős, hiszen a melegebb nyarak a mezőgazdasági termelés kockázatait növelik. A kukorica, mint hőigényes növény, bizonyos határig profitálhat a melegebb időjárásból, azonban a túlzott hőterhelés és az egyre gyakoribb aszályos időszakok már a terméseredmények csökkenéséhez vezethetnek.

3.2.2. Forró napok számának változása az elmúlt évtizedekben

A 6. ábra Magyarország területén a forró napok számának változását mutatja be három időszakban: 1971–1990, 1991–2010, valamint 2011–2024 között. A forró napok olyan napokat jelentenek, amikor a napi maximumhőmérséklet legalább 30 °C. Az egyes sorok a kukorica fejlődési szakaszait szemléltetik – a keléstől az érés végéig –, ami lehetővé teszi a hőmérsékleti extrém értékek hatásainak értékelését a növény életciklusának különböző pontjain. A színskála a forró napok számát ábrázolja napokban, a világossárga árnyalatok alacsony, míg a narancs és vörös színek magas előfordulási gyakoriságot jelölnek.

A 1971–1990 közötti időszakban Magyarországon a forró napok előfordulása még mérsékelt volt. A térképek világossárga árnyalatai arra utalnak, hogy a 30 °C feletti hőmérsékletű napok száma viszonylag alacsony volt, és főként a déli, alföldi térségekben fordultak elő gyakrabban. Ekkor a kukoricatermesztés szempontjából a hőmérsékleti viszonyok még kedvezőek voltak: a virágzás és a termésképződés szakaszaiban a hőstressz ritkán lépte túl a növény tűrőképességének határát.



7.ábra: Forró napok számának változása a kukorica egyes fenológiai fázisaiban. A fekete x-ek a térképen a szignifikáns trendet jelölik a Mann-Kendall teszt eredményeként 95%-os szignifikancia szinten (saját térkép)

A következő időszakban, 1991–2010 között, a térképek színárnyalatai már egyértelmű melegedési tendenciát mutatnak. A narancssárga területek kiterjedése fokozatosan növekszik, különösen az Alföld, a Dél-Dunántúl és a Tiszántúl térségében. Ez arra utal, hogy az ország éghajlata ebben az időszakban már markánsan melegebbé vált, a forró napok száma pedig jelentősen növekedett. A kukorica szempontjából ez különösen a harmadik és negyedik fenológiai fázisban vált meghatározóvá, hiszen a tartósan 30 °C feletti nappali hőmérséklet gátolja a fotoszintézist és csökkenti a pollen-megkötődés hatékonyságát.

A 2011–2024 közötti időszakban a forró napok gyakorisága tovább emelkedik, és az ország területének döntő részén már narancsvörös árnyalatok dominálnak. A térképek alapján a Dél-Alföld, a Tiszántúl, valamint a Közép-Dunántúl régiói a leginkább érintettek, ahol a forró napok

száma sok esetben meghaladja a korábbi évtizedek átlagának kétszeresét. Ezzel párhuzamosan a hegy- és dombvidéki területeken is kimutatható a melegedés, bár ezekben a térségekben a növekedés mértéke mérsékeltebb. A kukorica szempontjából ez a trend súlyos következményekkel jár: a virágzás és szemképződés időszakában a gyakori hőhullámok termékenyülési problémákat, gyors vízvesztést és stresszhatásból eredő termésnövekedést okozhatnak.

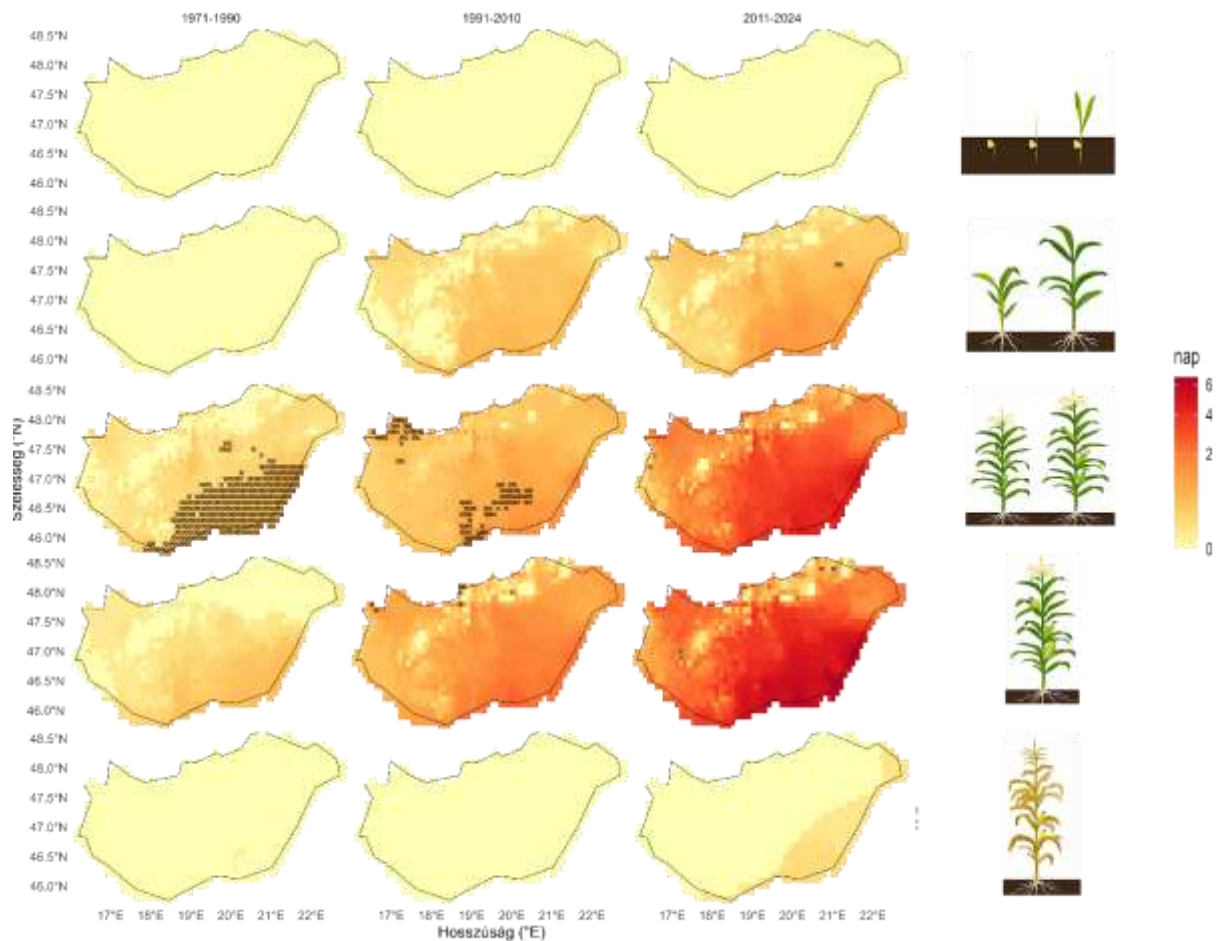
A térbeli mintázat alapján megállapítható, hogy a legintenzívebb felmelegedés és a forró napok számának növekedése elsősorban az ország déli és keleti régióiban tapasztalható, míg az északi és nyugati megyékben a változás fokozatosabb, de egyértelmű. A melegedési tendencia egyértelműen összhangban áll az országos és regionális klímamodellek előrejelzéseivel, amelyek a jövőben további hőmérsékleti szélsőségek gyakoribbá válását prognosztizálják.

Összességében a három időszak összehasonlítása azt mutatja, hogy Magyarországon az elmúlt öt évtizedben jelentősen megnőtt a forró napok száma, ami a klímaváltozás egyik legszembetűnőbb hatásaként értelmezhető. Ez a változás a kukoricatermesztés szempontjából kritikus, mivel a növény optimális fejlődéséhez 25–30 °C közötti nappali hőmérséklet az ideális, és a tartósan ennél melegebb napok negatívan befolyásolják a növekedést és a termésbiztonságot.

3.2.3. Hősnapok térbeli és időbeli változása

A 7. ábra Magyarországon az extrém forró napok számának változását mutatja be három időszakban: 1971–1990, 1991–2010, valamint 2011–2024 között. Az „extrém forró nap” kifejezés azokra a napokra utal, amikor a napi maximumhőmérséklet eléri vagy meghaladja a 35 °C-ot. A sorok a kukorica fejlődési fázisait szemléltetik, a vetéstől és keléstől kezdve egészen az érés és száradás időszakáig, amelyeket a jobb oldalon található ábrák illusztrálnak. A színskála a forró napok számát mutatja: a világossárga árnyalatok alacsony értékeket, míg a narancstól a mélypirosig terjedő színek a gyakori előfordulást jelzik.

Az első vizsgált periódusban, azaz 1971–1990 között Magyarországon az extrém forró napok száma még elhanyagolható volt. A térképek túlnyomórészt világossárga árnyalatúak, ami arra utal, hogy ebben az időszakban a nyári hőmérsékleti csúcsok ritkán haladták meg a kritikus 35 °C-os küszöbértéket. Ekkor a kukorica számára a hőmérsékleti viszonyok még viszonylag kedvezőek voltak, különösen a virágzás és szemképződés idején, amikor a hőstressz különösen érzékenyen befolyásolja a termékenyülést és a termésképződést.



8.ábra: Hőségnapok számának változása a kukorica egyes fenológiai fázisaiban. A fekete x-ek a térképen a szignifikáns trendet jelölik a Mann-Kendall teszt eredményeként 95%-os szignifikancia szinten (saját térkép)

A 1991–2010 közötti időszakban már egyértelműen megfigyelhető az extrém hőségnapok számának növekedése. A térképeken a sárga és narancssárga árnyalatok fokozatosan elterjednek, különösen az Alföld déli és középső térségeiben, valamint a Dél-Dunántúlon. Ez a változás a nyári hőhullámok gyakoriságának növekedésére és az ország éghajlatának fokozódó kontinentális jellegére utal. A kukorica fejlődése szempontjából ez a tendencia már kedvezőtlen, mivel a magas nappali hőmérséklet a virágzás időszakában gátolja a pollentermelést, rontja a megporzást, és fokozza a párologtatási veszteségeket.

A 2011–2024 közötti periódusban a változás erősebbé válik. Az ország jelentős részén – különösen az Alföld, a Dél-Dunántúl és a Tiszántúl térségében – a térképek mély narancs és piros árnyalatot mutatnak, ami azt jelzi, hogy az extrém forró napok száma több mint kétszeresére-háromszorosára nőtt az előző időszakokhoz képest. A hegyvidéki és északi régiók

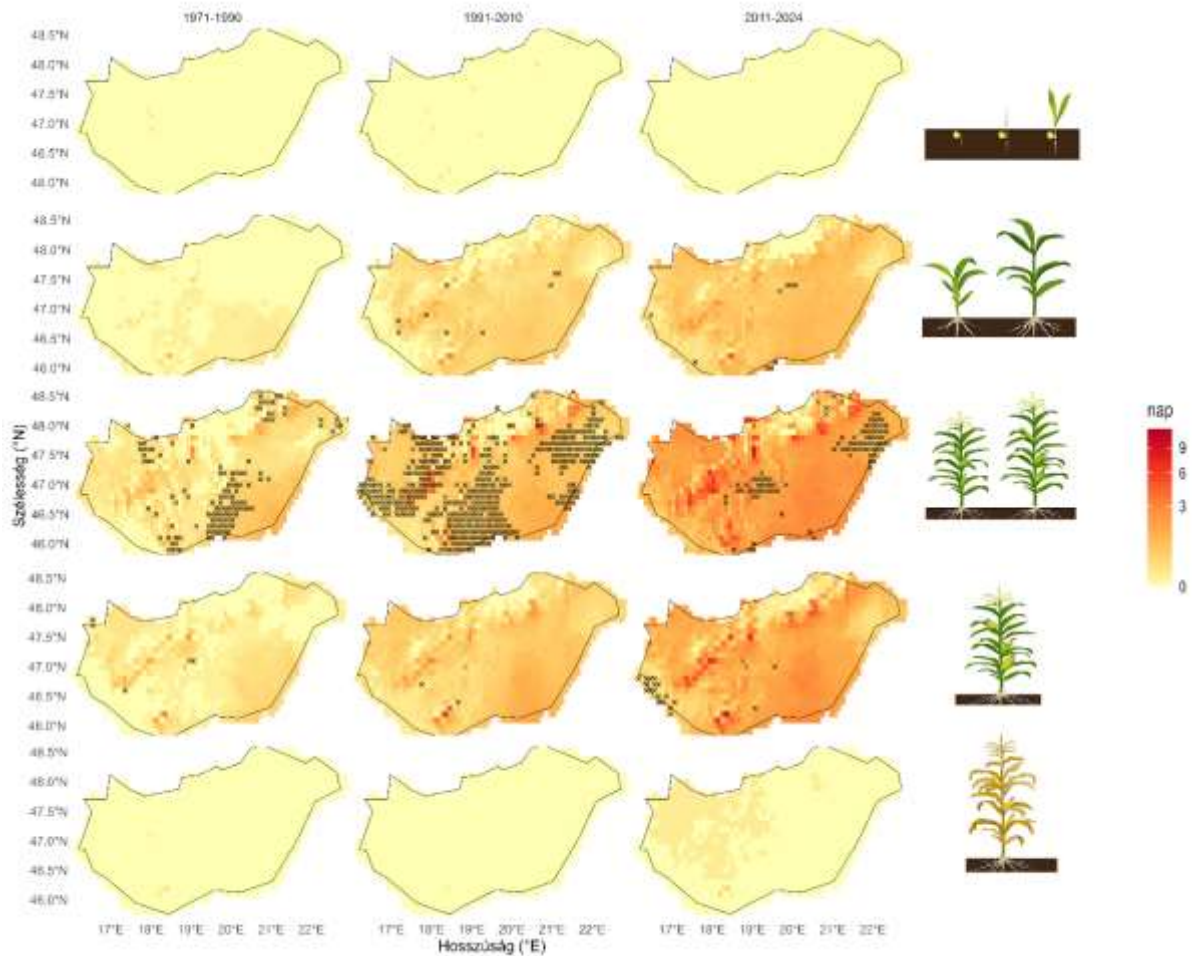
ugyan továbbra is viszonylag hűvösebbek maradtak, de a melegedés ezekben a térségekben is egyértelműen kimutatható. Az extrém hónapok különösen a kukorica virágzását és szemfejlődését sújtják, mivel ebben a szakaszban a növény víz- és hőigénye a legmagasabb. A hosszan tartó hőstressz csökkenti a fotoszintetikus aktivitást, és végső soron jelentős termésvesztést eredményezhet.

A térbeli eloszlás vizsgálata alapján megállapítható, hogy a legnagyobb növekedés az ország déli és keleti részein következett be, ahol a síkvidéki klíma és a gyakoribb száraz időjárási periódusok kedveznek a hőmérsékleti szélsőségek kialakulásának. Ezzel szemben a Dunántúli-középhegység és Észak-Magyarország területei viszonylag mérsékelt hőmérsékletet tartanak fenn, de a hőhullámok itt is egyre gyakoribbá váltak.

Összességében a három időszak összehasonlítása egyértelműen mutatja, hogy Magyarországon az elmúlt évtizedekben jelentősen megnőtt az extrém forró napok száma, ami szorosan összefügg az éghajlat általános melegedésével. Ez a tendencia a kukoricatermesztés számára különösen kedvezőtlen, hiszen a növény érzékeny a 35 °C feletti hőmérsékletekre, különösen a virágzás és a termésérés fázisában.

3.2.4. Trópusi éjszakák számának változása az elmúlt évtizedekben

A 8. ábrán Magyarország területén a trópusi éjszakák (azaz az olyan napok, amikor az éjszakai minimumhőmérséklet nem csökken 20 °C alá) számának változását mutatja be három időszakra bontva: 1971–1990, 1991–2010, valamint 2011–2024 között. Az egyes sorok a kukorica fejlődési fázisait ábrázolják, a keléstől kezdve egészen az érés végéig, ezzel lehetővé téve a klimatikus változások hatásának értékelését a növény különböző életszakaszaiban. A színskála a trópusi éjszakák számát jelzi napokban: a világossárga árnyalatok a ritkább, míg a narancs és piros színek a gyakoribb előfordulást mutatják.



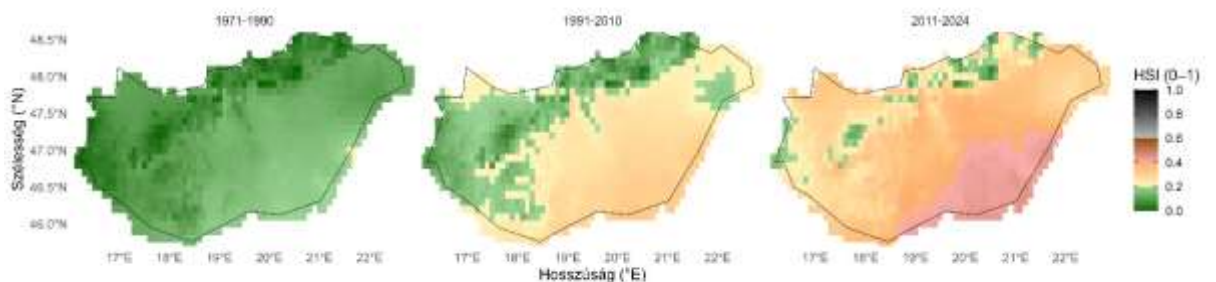
9.ábra: Trópusi éjszakák számának változása a kukorica egyes fenológiai fázisaiban. A fekete x-ek a térképen a szignifikáns trendet jelölik a Mann-Kendall teszt eredményeként 95%-os szignifikancia szinten (saját térkép)

A legkorábbi, 1971–1990 közötti időszakban a trópusi éjszakák Magyarország teljes területén ritkán fordultak elő. A térképek egységesen világossárga árnyalatot mutatnak, ami arra utal, hogy ebben az időszakban a nyári éjszakák többsége még hűvös volt, így a kukoricatermesztés szempontjából nem jelentkezett jelentős éjszakai hőstressz. A kedvezőbb hőmérsékleti viszonyok ebben a periódusban támogatták a növény regenerációját, különösen a virágzási és termésképzési szakaszokban. Az 1991–2010 közötti időszakban már jól érzékelhető a trópusi éjszakák számának növekedése. A térképek színárnyalatai fokozatosan a sárga és narancssárga tartomány felé tolódnak, különösen az Alföldön és a Dél-Dunántúlon. Ez a tendencia az ország éghajlatának melegedésére utal, és már ekkor kimutathatóvá vált a hőstressz hatása a kukorica fejlődése során, főként a virágzás és a szemképződés időszakában. A növekvő éjszakai hőmérsékletek csökkenthetik a növény fiziológiai regenerációját, ami a termékenyülés és a

szemképződés hatékonyságára is kedvezőtlenül hathat. A legfrissebb, 2011–2024 közötti periódus térképei alapján a trópusi éjszakák jelentős térbeli kiterjedést és intenzitásnövekedést mutatnak. Az ország déli és keleti régióiban – elsősorban az Alföldön – már nagy területeken figyelhetők meg narancs és piros színű zónák, ami a trópusi éjszakák gyakori előfordulására utal. A jelenség az északi és nyugati területekre is kiterjedő tendenciát mutat, ami az éghajlati melegedés térbeli terjedését jelzi. A kukorica virágzási és érési fázisaiban ez a változás különösen jelentős, mivel a magas éjszakai hőmérsékletek növelik a hőstressz kockázatát, rontják a megporzást, valamint fokozzák a növény vízigényét. Összességében a vizsgált időszakok összevetése egyértelműen jelzi, hogy Magyarországon az elmúlt évtizedek során számottevően nőtt a trópusi éjszakák száma, különösen a nyári hónapokban. A folyamat legerősebben az Alföld térségében figyelhető meg, de országos szinten is növekvő tendenciát mutat.

3.2.5 Hőstressz index eredményeinek bemutatása

A 9. ábrán a hőstressz index (Heat Stress Index, HSI) területi eloszlását ábrázolja Magyarországon három, húszéves időszakra bontva: 1971–1990, 1991–2010 és 2011–2024. Az index értékei 0 és 1 között változnak, ahol az alacsonyabb értékek kedvezőbb hőmérsékleti feltételeket, míg a magasabb értékek fokozott hőstresszt jeleznek. A hőstressz különösen fontos mutató a mezőgazdaságban, mivel a tartósan magas hőmérséklet és a gyakori hóhullámok jelentős hatást gyakorolnak a növények fiziológiai folyamataira, különösen a kukorica és más hőérzékeny kultúrák esetében.



10.ábra: Hőstressz index változások (saját térkép)

A térképek alapján jól látható, hogy az elmúlt több mint öt évtized során a hőstressz index értékei jelentős növekedést mutatnak, ami a klímaváltozás hatására fokozódó melegedést és az

extrém hőmérsékleti események gyakoribbá válását tükrözi. Az 1971–1990 közötti időszakban a teljes ország területén alacsony HSI-értékek dominálnak, ami arra utal, hogy a hőstressz még ritkán fordult elő, és a növénytermesztés szempontjából a klimatikus viszonyok összességében kedvezőek voltak.

A 1991–2010 közötti periódusban a térkép színei már világosabb, sárgás árnyalatba váltanak, különösen az ország középső és délkeleti területein. Ez a változás a hőstressz gyakoriságának növekedését jelzi, amely a nyári hónapokban gyakoribb hőhullámokkal és tartósan magas nappali hőmérsékletekkel magyarázható. Bár az északi és nyugati régiókban (például a Dunántúl északi részein és az Északi-középhegységben) még viszonylag alacsony marad az index értéke, már itt is megfigyelhető a növekedés tendenciája.

A legfrissebb, 2011–2024 közötti időszakban a hőstressz index térképe markánsan megváltozik: az ország jelentős része – különösen az Alföld és a Dél-Dunántúl – sárga és vörös színekben jelenik meg, ami a magas HSI-értékeket és a fokozott hőstressz gyakoriságát jelzi. A legnagyobb mértékű növekedés az ország déli és keleti térségeiben figyelhető meg, ahol a síkvidéki jelleg, a csapadékszegény nyarak és a fokozott besugárzás együttesen hozzájárulnak a kedvezőtlen hőmérsékleti körülmények kialakulásához. Ezzel szemben az északi, domb- és hegyvidéki területek továbbra is mérsékelt hőterhelést mutatnak, bár a különbségek az előző időszakokhoz képest csökkentek.

A hőstressz fokozódása közvetlen hatással van a mezőgazdasági termelésre, különösen a nyári növények, például a kukorica esetében.

Összességében a három időszak összevetése világosan mutatja, hogy Magyarország éghajlata az elmúlt évtizedekben egy melegebb és szárazabb irányba tolódott el, amelynek egyik legjelentősebb következménye a hőstressz gyakoriságának és intenzitásának növekedése.

3.2.6. Az eredmények összehasonlító elemzése

A Bartholy és munkatársai (2007) által végzett kutatás a Kárpát-medence éghajlatának regionális változásait vizsgálta 1946 és 2001 között, különös tekintettel az extrém hőmérsékleti és csapadék-indexekre. A szerzők 32 meteorológiai állomás adatait elemezték Mann–Kendall trendvizsgálattal, 13 hőmérsékleti és 12 csapadék-mutató segítségével. Eredményeik egyértelműen kimutatták, hogy az 1970-es évek közepétől kezdődően a pozitív hőmérsékleti szélsőségek gyakorisága növekedett, miközben a hideg napok és fagyos időszakok száma jelentősen csökkent. A vizsgált időszak második felében, 1976 és 2001 között a melegedés trendje már szignifikáns volt a legtöbb állomáson, elsősorban az Alföld délkeleti részein. A csapadék esetében a szerzők kevésbé egyértelmű tendenciákat azonosítottak: míg a napi csapadékösszeg hosszú távon nem változott jelentősen, az intenzív csapadékesemények aránya növekedett, különösen a nyári hónapokban.

A dolgozatom eredményei mind időbeli, mind térbeli részletességükben továbbépítik és megerősítik a Bartholy és munkatársai által kimutatott folyamatokat. A 1971–2024 közötti időszak elemzése során a nyári napok országos átlaga a korábbi 65 napról megközelítőleg 100 napra emelkedett, amely szoros összhangban van a 2000-es évek elejére jelzett melegedési trenddel. A Mann–Kendall teszt eredményei szintén 95 %-os szignifikanciaszinten mutatnak pozitív tendenciát, különösen az Alföld térségében, ahol a forró napok száma az utóbbi évtizedben elérte a 110-et is évente. A térbeli mintázat – a délnyugat–északkelet irányú hőmérsékleti gradiens – továbbra is fennáll, ugyanakkor a legutóbbi időszakban a különbségek mérséklődtek, mivel a melegedés országossá vált.

Fontos különbség, hogy míg Bartholy és munkatársai elemzése elsősorban klimatológiai megközelítésű volt, kutatásom agronómiai szempontból értelmezi az eredményeket, különösen a kukorica fejlődési fázisaihoz igazítva. Az újonnan alkalmazott hőstressz-index (HSI) lehetővé teszi a növények hőmérsékleti érzékenységének időszakos vizsgálatát, és kimutatja, hogy a melegebb nyári időszakokban a termékenyülés és szemképződés idején tapasztalt hőterhelés már negatívan befolyásolja a hozamot. Ezzel a dolgozatom nemcsak kiterjeszti a Bartholy és munkatársai által felvázolt melegedési tendenciákat egy újabb, 21. századi időszakra, hanem azok mezőgazdasági következményeit is részletesen bemutatja. Összességében megállapítható, hogy az itt közölt eredmények megerősítik a korábbi regionális klímamodellek előrejelzéseit, és bizonyítják, hogy Magyarországon az extrém hőmérsékleti események gyakoribbá válása immár nemcsak meteorológiai, hanem agronómiai kockázatként is értelmezhető.

4. Összegzés

Jelen dolgozat a hazai kukoricatermesztést meghatározó hőmérsékleti tényezőket és a hőstressz hatásait vizsgálja az 1971–2024 közötti időszakra. A klímaváltozás következtében a mezőgazdasági termelés, különösen a kukorica esetében, fokozott kockázatokkal néz szembe, mivel a növény fejlődése és terméshozama erősen függ a hőmérsékleti viszonyoktól. A dolgozat első része áttekinti a kukorica történeti és gazdasági jelentőségét, morfológiai sajátosságait, valamint a hazai termesztés legfontosabb jellemzőit és kihívásait. Külön hangsúlyt kap a hőstressz fogalma, annak fiziológiai hatásai, valamint a kritikus fenológiai periódusok, mint a virágzás és szemtelítődés, amelyek során a hőmérséklet szélsőségei jelentősen befolyásolhatják a terméshozamot.

A vizsgálat során a HungaroMet Zrt. homogenizált napi hőmérsékleti adatait használtam 1233 rácsponton, és több hőmérsékleti index – nyári napok, forró napok, extrém forró napok, trópusi éjszakák – alapján elemeztem a hőstressz előfordulását a kukorica fenológiai fázisaiban. Ezen indexek kiválasztásában támpontot nyújtott Bartholy és munkatársai által írt 2007-es cikk, amiben többek között ezekkel az indexekkel is dolgoznak. A kombinált hőstressz-index számítások során súlyozott fenológiai fázisokat alkalmaztam, amely lehetővé tette, hogy a növény fejlődésének kritikus időszakai nagyobb jelentőséget kapjanak az indexben. A térbeli és időbeli elemzések során kapott eredmények feltárták a hőstressz előfordulásának változásait, valamint a különböző régiók eltérő kockázati szintjeit. Az eredmények alapján sikerült felállítani egy hőstressz indexet amely egy átfogó képet ad arról, hogy Magyarországot milyen mértékben érinti ez a probléma.

Az elemzések alapján Magyarországon az elmúlt évtizedekben a vegetációs időszak közepén nőtt a hőmérsékleti szélsőségek és hőhullámok gyakorisága, ami közvetlenül csökkentheti a kukorica terméshozamát. A dolgozat rámutat, hogy a hőstressz monitorozása, a vetésidők optimalizálása, valamint a hőtűrő fajták alkalmazása alapvető fontosságú a fenntartható kukoricatermesztés biztosításához. Munkám hozzájárul a klímaváltozás hatásainak megértéséhez, kiemelve a hőmérsékleti tényezők szerepét a hazai mezőgazdaság hosszú távú termésbiztonságában.

5. Köszönetnyilvánítás

Szeretném kifejezni őszinte hálámat témavezetőmnek, Dr. Somfalvi-Tóth Katalinnak, szakmai útmutatásáért, értékes tanácsaiért és folyamatos támogatásáért a dolgozat elkészítése során.

6. Szakirodalom

Bahuguna, R. N., & Jagadish, K. S. (2015). *Temperature regulation of plant phenological development. Environmental and Experimental Botany, 111*, 83–90.

Bartholy, J., & Pongrácz, R. (2007). *Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. Global and Planetary Change, 57*(1–2), 83–95.

Beegum, S., Walne, C. H., Reddy, K. N., Reddy, V., & Reddy, K. R. (2023). *Examining the corn seedling emergence–temperature relationship for recent hybrids: Insights from experimental studies. Plants, 12*(21), 3699.

Bíró, D. (2015). *A globális felmelegedés politikatörténete*. Napvilág Könyvkiadó.

Djalovic, I., Kundu, S., Bahuguna, R. N., Pareek, A., Raza, A., Singla-Pareek, S. L., ... & Varshney, R. K. (2024). *Maize and heat stress: Physiological, genetic, and molecular insights. The Plant Genome, 17*(1), e20378.

Dorka, D. (2005). *Különböző hőösszagszámítási módszerek vizsgálata a kukoricatermesztésben* [Doctoral dissertation, Debreceni Egyetem].

Erwin, A. T. (1951). *Sweet corn—Mutant or historic species? Economic Botany, 5*(3), 302–306.

Fróna, D. (2018). *Globális kihívások a mezőgazdaságban*.

Gao, J., Yang, Y., Wang, H., Wang, P., Li, H., Li, M., ... & Liao, H. (2022). *Fast climate responses to emission reductions in aerosol and ozone precursors in China during 2013–2017. Atmospheric Chemistry and Physics, 22*(11), 7131–7142.

Hawkins, E., Fricker, T. E., Challinor, A. J., Ferro, C. A., Ho, C. K., & Osborne, T. M. (2013). *Increasing influence of heat stress on French maize yields from the 1960s to the 2030s. Global Change Biology, 19*(3), 937–947.

Huzsvai, L., Juhász, C., Seddik, L., Kovács, G., & Zsembeli, J. (2024). *The future probability of winter wheat and maize yield failure in Hungary based on long-term temporal patterns. Sustainability, 16*(10), 3962.

Kim, K. H., & Lee, B. M. (2023). *Effects of climate change and drought tolerance on maize growth. Plants, 12*(20), 3548.

- Lobell, D. B., & Asner, G. P. (2003). *Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yields*. *Science*, 299(5609), 1032–1032.
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). *Climate trends and global crop production since 1980*. *Science*, 333(6042), 616–620.
- López Hernández, N. A., Martínez Sifuentes, A. R., Halecki, W., Trucíos Caciono, R., & Rodríguez Moreno, V. M. (2025). *An assessment of the impact of climate change on maize production in Northern Mexico*. *Atmosphere*, 16(4), 455.
- Losó, V. (2015). *Gyorsfagyasztott csemegekukorica termékek komplex értékelése = Complex evaluation of quick-frozen sweet corn products* [Doctoral dissertation, Budapesti Corvinus Egyetem].
- Markó, H. (2024). *Különböző FAO számú kukorica fajták agrotechnikai vizsgálata* [Doctoral dissertation, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem].
- Orosz, F. (2009). *Termesztéstechnológiai elemek hatása a csemegekukorica koraiságára* [Doctoral dissertation, Budapesti Corvinus Egyetem].
- Prasad, P. V., Bheemanahalli, R., & Jagadish, S. K. (2017). *Field crops and the fear of heat stress—Opportunities, challenges and future directions*. *Field Crops Research*, 200, 114–121.
- Radics, L. (1994). *Szántóföldi növénytermesztés*. KÉE Kertészeti Kar.
- Rapaics, R. (1943). *Termesztett növényeink eredete* (No. 89). Magyar Szemle Társaság.
- Surányi, D., Szabó, L. G., & Heszky, L. (2014). *Száz éve született dr. Mándy György professzor*. *Botanikai Közlemények*, 101(1–2), 33–38.
- Tenaillon, M. I., & Charcosset, A. (2011). *A European perspective on maize history*. *Comptes Rendus Biologies*, 334(3), 221–228.
- Teng, L. I., Zhang, X. P., Qing, L. I. U., Jin, L. I. U., & Peng, S. U. I. (2022). *Yield penalty of maize (*Zea mays* L.) under heat stress in different growth stages: A review*. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(9), 2465–2476.
- Vâtcă, S. D., Stoian, V. A., Man, T. C., Horvath, C., Vidican, R., Gâdea, Ș., ... & Stoian, V. (2021). *Agrometeorological requirements of maize crop phenology for sustainable cropping—A historical review for Romania*. *Sustainability*, 13(14), 7719.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /

diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve:	Németh Attila Martin
A Hallgató Neptun kódja:	HLQ23U
A dolgozat címe:	Hőmérsékletindexek vizsgálata hazai viszonylatban
A megjelenés éve:	2025
A konzulens intézetének neve:	Növénytermesztés-tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Agronómia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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

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

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

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

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

Kelt: Kaposvár, 2025. év november hó 09. nap


Hallgató aláírása

¹ A megfe elő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfe elő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Németh Attila Martin (név) (hallgató Neptun azonosítója: HLQ23U) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

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

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Kaposvár, 2025 év november hó 10 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Németh Attila Martin
Neptun-kódja:	HLQ23U
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	
A munka címe:	Hőmérsékletindexek vizsgálata hazai viszonylatban

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

- A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)
- B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
angol nyelvű szakirodalom fordítása magyarra	DeepL Translator	

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Kaposvár, 2025. november hó 09. nap



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása