

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**SZENTGYÖRGYI FLÓRA**  
**Növénytermesztő mérnöki MSc**

**Gödöllő**  
**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Növénytermesztő mérnöki MSc**

**HÜVELYES NÖVÉNYEK TERMÉSKÉPZÉSÉNEK  
KLÍMAFÜGGŐSÉGE**

**Belső konzulens:** Dr. Tarnawa Ákos  
egyetemi docens

**Készítette:** **Szentgyörgyi Flóra**  
Q04U0T  
levelező

**Intézet/Tanszék:** Növénytermesztési-  
Tudományok Intézet/  
Agronómiai Tanszék

**Gödöllő  
2023**

# TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	4
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS .....	5
2.1. A klíma.....	5
2.2. Az időjárás .....	5
2.3. A klímaváltozás .....	6
2.3.1. A klímaváltozás bizonyítékai .....	7
2.3.2. A klímaváltozás forgatókönyvei .....	8
2.3.3. A klímaváltozás hatása a mezőgazdaságra.....	11
2.3.4. A növények válasza a klímaváltozásra .....	13
2.4. A hüvelyes növények szerepe .....	15
2.4.1. A hüvelyes növények abiotikus stresszre adott válasza.....	16
3. A VIZSGÁLATOK MÓDSZEREI .....	19
3.1. Meteorológiai adatok .....	19
3.1.1. A meteorológiai adatok forrása .....	19
3.1.2. A meteorológiai adatok felhasználhatósága .....	19
3.1.3. A lekérdezett meteorológiai állomások .....	20
3.1.4. Az egyes állomások adatai .....	22
3.1.5. Rendelkezésre álló meteorológiai adatmennyiség .....	22
3.1.6. Adattáblák .....	22
3.1.7. A relatív páratartalom közelítő meghatározása.....	23
3.1.8. A meteorológiai adatok lekérdezése.....	24
3.2. Hüvelyes növények termés adatai.....	27
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK.....	28
4.1. Meteorológiai eredmények .....	28
4.1.1. Hőmérséklet.....	28
4.1.2. Csapadék.....	29

4.1.3. <i>Relatív páratartalom</i> .....	30
4.2. Termés eredmények .....	31
4.2.1. <i>Szója</i> .....	31
4.2.2. <i>Zöldborsó</i> .....	32
4.2.3. <i>Zöldbab</i> .....	33
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK .....	34
6. ÖSSZEFOGLALÁS .....	36
7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	38
8. IRODALOMJEGYZÉK .....	39

# 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Napjaink egyik legfőbb problémája a globális felmelegedés által előidézett klímaváltozás. A NASA szerint a Föld átlaghőmérséklete körülbelül 0,55 °C-kal emelkedett a 20. század folyamán. Ez elsőre nem tűnik nagy változásnak, de a környezetünkre gyakorolt hatása ennek ellenkezőjét bizonyítja. [1]

Az éghajlatváltozás bármilyen hangsúlyos, hosszú távú változás egy régió (vagy az egész Föld) átlagos időjárásának mintázatában, jelentős időtartamon keresztül. Ezek a változások több tíz, száz, vagy akár több millió évig is eltarthatnak. De az olyan antropogén tevékenységek növekedése, mint az iparosítás, az urbanizáció, az erdőirtás, a mezőgazdaság, a földhasználati szokások változása üvegházhatású gázok kibocsátásához vezetnek, amelyek hatására a klímaváltozás üteme sokkal gyorsabb. [2]

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának folyamatos növekedése megemeli a Föld hőmérsékletét. Ennek következményei közé tartoznak a gleccserek olvadása, az egyre szélsőségesebb időjárási események és a változó évszakok. Az éghajlatváltozás gyorsuló üteme a világ népességének növekedésével párosulva, mindenhol veszélyezteti az élelmezésbiztonságot, mivel a mezőgazdaság rendkívül érzékeny a klímaváltozásra. A magasabb hőmérséklet csökkenti a növények hozamát, miközben elősegíti a gyomok és kártevők elszaporodását. A csapadék mennyiségének és eloszlásának változásai növelik a rövid távú termés kieséseket és a hosszú távú termelés csökkenésének valószínűségét. A megnövekedett légköri szén-dioxid koncentráció közvetlen hatással van a kultúrnövények és a gyomok növekedési ütemére. Emellett a tengerszint emelkedése a mezőgazdasági területek elvesztéséhez vezethet az elöntések és a part menti területek talajvíz sótartalmának növekedése miatt. [2] [3] Bár a világ egyes régióiban bizonyos termények javulni fognak, az éghajlatváltozás mezőgazdaságra gyakorolt általános hatásai várhatóan negatívak lesznek, emiatt mielőbb azonosítani kell azokat a növényeket amelyek mérsékelhetik a klímaváltozás veszélyeit. A hüvelyesek erre alkalmas növénycsoportként jelenhetnek meg. [4]

Diplomadolgozatom célja a lehetséges összefüggések keresése Magyarország klímája és a hüvelyes növények termés képzése között. Azért választottam ezt a témát, mert az alapképzésem során írt szakdolgozatomban szintén az éghajlatváltozás következményeit kutattam (a Nyugat-nílusi láz ló populációban való terjedését), így szerettem volna folytatni ennek tanulmányozását a növények vonatkozásában, mert fontos számomra ez a téma és emellett szeretném felhívni az emberek figyelmét a klímaváltozás okozta problémákra és annak súlyosságára.

## 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A klíma

A klíma vagy éghajlat alatt általában egy adott régió vagy zóna átlagos időjárását értjük. Korábbi jelentésébe magába foglalta a környezet minden aspektusát, beleértve a növények és állatok övezeti eloszlását is. Egyik meghatározás sem helyes teljesen, mivel a napi időjárás évről-évre történő nyilvánvaló változásaival ellentétben a hosszútávú éghajlat állandó. Ezzel szemben a modern klimatológia elismeri, hogy a változás a klíma alapvető jellemzője. Emiatt az éghajlati értékeket nem lehet megadni anélkül, hogy meghatároznánk az időtartamot, amelyre vonatkoznak. [5]

A klíma változékonyságát okozó természetes tényezők közé tartozik például a Föld forgástengelyének és Nap körüli pályájának ciklikus változása, illetve a levegőben található homok, por, vulkáni hamu és egyéb részecskék mennyisége. Mindezen módosító tényezők komplex kölcsönhatása generálja az éghajlat folyamatosan változó rendszerét. Ennek eredményeként, ahogy az éghajlati elemek éves átlagai – például a hőmérséklet, a páratartalom, a csapadék, a szél – eltérnek egymástól, ugyanígy különböznek az évtizedek, évszázadok, évmilliók átlagai is. [5]

A klíma minden ökoszisztéma fő paramétere, így mindig is alapvető tényező volt az emberi település, a gazdaság és a kultúra szempontjából is. A másodrendű éghajlatváltozás olyan periódusai, mint a Jégkorszak vége, a Szahara kiszáradása, a Középkori meleg időszak hanyatlása és a Kis jégkorszak kezdete komoly hatással voltak az emberi történelemre. [5]

A geológiai történelem nagy részében a mérsékelt égövi viszonyok a sarkkörökre is kiterjedtek, emiatt a bolygó viszonylag jégmentes volt. Valójában az elmúlt 600 millió év távlatában a jelenlegi globális hőmérséklet viszonylag hűvös. Ezen hosszú távú átlagok összefüggésében az 1970-es évek végén kezdődött melegedési tendencia csak kisebb ingadozás. [5]

### 2.2. Az időjárás

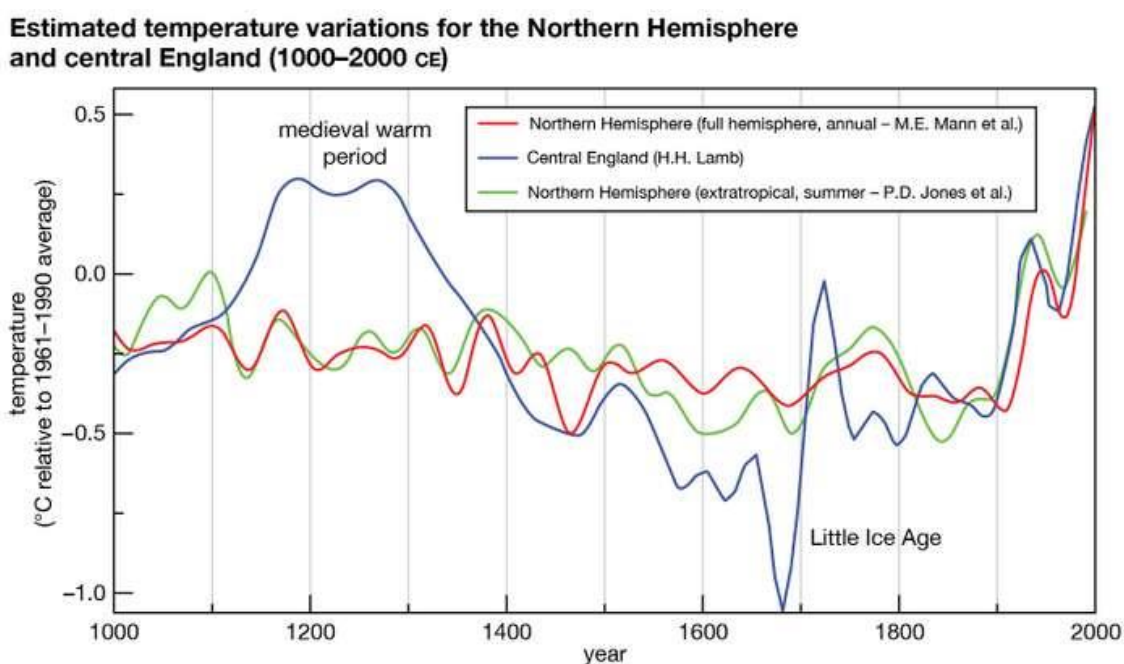
Az időjárás, az éghajlat rövidtávú állapota, sokkal közvetlenebb és kézzelfoghatóbb hatással van a mindennapi életre. Kezdetektől fogva az időjárás alapvető fontosságú volt az emberi tevékenység sikere szempontjából, a mezgazdaságtól a hajózásig, a hadviseléstől a szabadidőig. Az időjárás istenségekbe vetett egyetemes hit, az időjárás események kiemelkedő szerepe a folklórban, az időjárás jelekkel való foglalkozás bizonyítja, hogy az időjárás ismerete,

különösen a zord eseményektől való félelem, a történelem során az emberi psziché egyik fő jellemzője volt. [5]

A meteorológia jelentősége a modern társadalomban továbbra sem csökkent. Valójában az elmúlt évtizedekben az időjárás ismerete soha nem látott szintet ért el, különösképpen globális viszonylatban. Az időjárás-előrejelzés fontos tudományággá vált, amely alapvető fontosságú a mezőgazdaság, a közlekedés, a kereskedelem, az idegenforgalom és az emberi vállalkozás minden más aspektusának szempontjából. A meteorológiai adatokat a világ minden tájáról összegyűjtik, és a kormányok, illetve magánügynökségek feldolgozott formában terjesztik a döntéshozatal elősegítése érdekében. A folyamatosan frissülő előrejelzések és egyéb információk a médián keresztül elérhetők a nyilvánosság számára. [5]

### 2.3. A klímaváltozás

A Föld klímájának állapota mindig is változott. Közel három évszázad óta melegedési fázisban van. Ezt a periódust megelőzte egy hideg időszak, a Kis jégkorszak, amelyet pedig megint egy melegebb korszak előzött meg, az úgynevezett Középkori meleg időszak. [5]



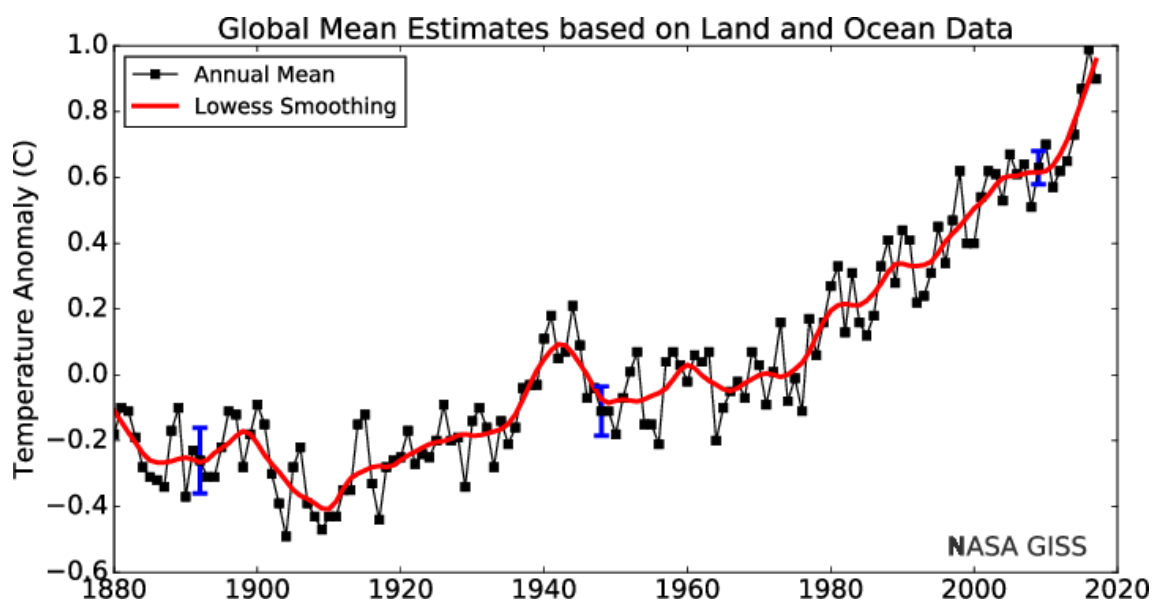
**1. ábra: Becsült hőmérsékletváltozás az északi félgömbön és Közép-Angliában (1000-2000.) [6]**

Ezek a változások teljesen természetesek, de az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) arra a következtetésre jutott, hogy észrevehető bizonyíték van arra, hogy az emberek – kulcsfontosságú folyamatok befolyásolásával – megváltoztatták a Föld éghajlati rendszerét. Az ilyen következtetések elsősorban például a troposzféra felmelegedési mintázatán, az éjszakai és

a téli hőmérséklet aránytalan emelkedésén, valamint a szélsőséges időjárási jelenségek növekedésén alapulnak. Az éghajlati változékonyságnak súlyos következményei vannak. [6]

### 2.3.1. A klímaváltozás bizonyítékai

A globális légköri hőmérséklet jelenleg felmelegedési fázisban van, amely a 18. század első évtizedeiben kezdődött. A hőmérséklet pillanatnyilag nagyjából hasonló a középkorban, tehát a Kis jégkorszak előtti évszázadokban tapasztaltakhoz, legalábbis az északi félgömbön. Ennek a melegedő tendenciának az ismerete aggodalomra ad okot, hogy az emberi tevékenységek befolyásolják a természetes éghajlati rendszert, ahogyan a környezet számos más aspektusát is megváltoztatják. [5]



2. ábra: Globális átlagbecslések a szárazföldi és óceáni adatok alapján [7]

Az 1940-es évektől az 1970-es évek végéig, amikor a globális hőmérséklet csökkenő tendenciát mutatott, úgy gondolták, hogy az ipari szennyezőanyagokból származó részecskék globális hűtőhatást fejthetnek ki. Amióta Földünk klímája visszatért a melegedési fázisába, az érdeklődés az üvegházhatásra terelődött, egy természetes jelenségre, melynek során a légköri gázok csapdába ejtik a napsugarakat. Noha az üvegházhatást okozó gázok fő része a vízgőz, a figyelem főként a szén-dioxidra összpontosít. A 19. század közepétől az erdők hatalmas mértékű irtása, majd a fosszilis tüzelőanyagok elégetésének exponenciális növekedése a légköri CO<sub>2</sub> mérhető növekedését eredményezte. Számos klimatológus egyetért abban, hogy a légköri szén-dioxid emelkedése és más antropogén üvegházhatású gázok növekedése hozzájárult az elmúlt évtizedek melegedési tendenciájához. [5]



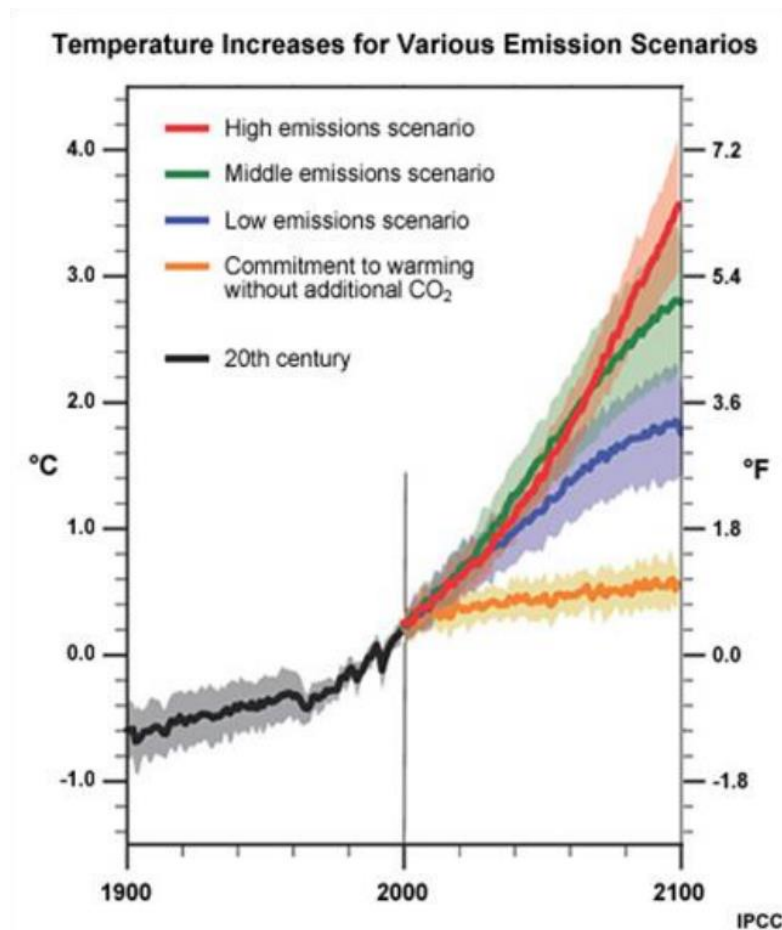
A megnövekedett hőmérséklet az óceánok felmelegedését okozta. Ez a változás elősegíthette a tengeri flóra és fauna észak felé történő elmozdulását, amelyet az 1930-as évek óta jelentenek. Az óceánok felmelegedése – a megnövekedett szárazföldi párolgással együtt – hozzájárul a felgyorsult vízkörforgáshoz. A tengerek felszínének melegedő hőmérséklete összefügg az izotermák változásával, és feltételezhető, hogy a világ óceánjai jelentik az elmúlt évszázad globális felmelegedésének tárházát. [6]

A klímaváltozás következő bizonyítéka a hó- és jégolvadásra gyakorolt hatása. 1970 óta a valós hóhatár a trópusi övezetben körülbelül 150 méterrel eltolódott felfelé. A troposzféra hőmérsékletének emelkedése számos gleccser visszahúzódásáért okolható és várhatóan a jövőben ez gyorsulni fog. Számos jégmező hamarosan eltűnhet, veszélybe sodorva ezzel a helyi vízkészleteket, amelyek elengedhetetlenek az emberi fogyasztáshoz, a mezőgazdasághoz és a vízenergia előállításához. [6] Emellett növekszik az instabilitás a permafroszt régiókban és a kőlavínok a hegyvidéki zónákban. Egyes sarkvidéki és antarktiszi ökoszisztémákban változások következtek be, beleértve a tápláléklánc csúcsán lévő ragadozókat is. [8]

Az éghajlatváltozás hatásai kapcsán fontos még megemlíteni a növények eloszlásának módosulását. Például az északi félgömbön egy 2 °C-os hőmérsékletemelkedés a növényzeti zónák 500 méterrel való függőleges elmozdulásához, vagy a pólusok felé 300 km-rel való eltolódásához vezethet. [6] Továbbá több bizonyíték alapján megállapíthatjuk, hogy a közelmúlt felmelegedése miatt a tavaszi események kezdete korábbra tolódnak. Az 1980-as évek eleje óta végzett műholdas megfigyelések alapján úgy tűnik, hogy sok régióban megfigyelhető a tavaszi vegetáció korábbi „zöldülése”, amely hosszabb termikus vegetációs időszakhoz vezet. [8]

### ***2.3.2. A klímaváltozás forgatókönyvei***

Az üvegházhatás egy természetes folyamat, amely nagy szerepet játszik a Föld éghajlatának kialakításában. Viszonylag meleg és barátságos környezetet hoz létre a Föld felszínéhez közel, ahol az emberek és más életformák fejlődhettek és virágozhattak. Ugyanakkor az üvegházhatású gázok (szén-dioxid, vízgőz, metán, dinitrogén-oxid, fluorozott szénhidrogének, perfluor-szénhidrogének, kén-hexafluorid stb.) az antropogén tevékenységek következtében hozzájárultak a Föld hőmérsékletének általános emelkedéséhez, ami globális felmelegedéshez vezetett. [2]

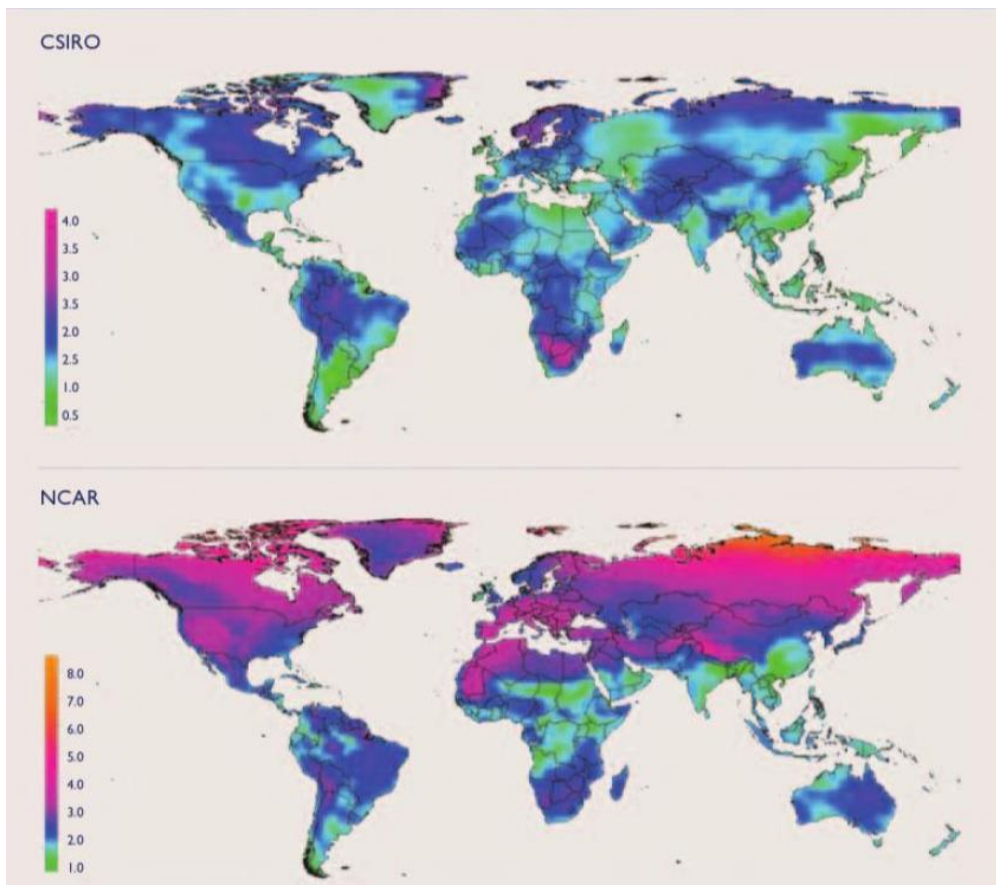


**3. ábra: Hőmérséklet növekedés különböző kibocsátási forgatókönyvek esetén [9]**

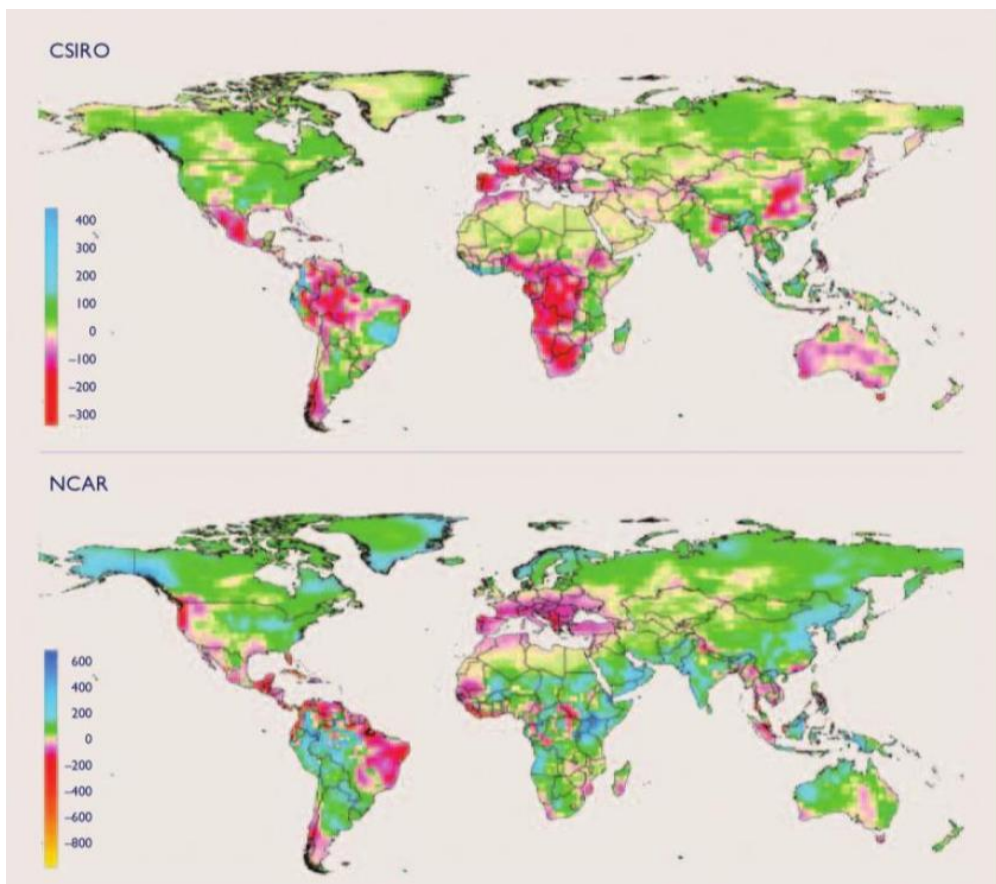
A globális felmelegedés előre jelzett forgatókönyvei azt mutatják, hogy 2100-ra a globális felszíni átlaghőmérséklet 1,4 – 5,8 °C-kal emelkedhet. Minden klímamodell a hőmérséklet emelkedő tendenciáját jelzi. Az éghajlatváltozással kapcsolatos forgatókönyvek magukba foglalják a magasabb hőmérsékletet, a csapadék mennyiségének és eloszlásának változásait és a magasabb légköri CO<sub>2</sub> koncentrációt. [2]

Mivel a klímaváltozás szimulációi eleve bizonytalanok, két klímamodellt használtak a jövő éghajlatának szimulálására az IPCC forgatókönyvével: az Amerikai Egyesült Államokban található Nemzeti Légkörkutató Központ (NCAR) modelljét és az ausztrál Nemzetközösségi Tudományos és Ipari Kutatószervezet (CSIRO) modelljét. [3]

Mindkét forgatókönyv magasabb hőmérsékletet vetít előre 2050-re, ami magasabb párolgást és megnövekedett csapadékot eredményez, mivel ez a vízgőz visszatér a földre. A "nedvesebb" NCAR forgatókönyv becslése szerint az átlagos csapadékmennyiség növekedése a szárazföldön körülbelül 10%, míg a "szárazabb" CSIRO forgatókönyv körülbelül 2%-os növekedést jósol. [3]



4. ábra: Az átlagos maximum hőmérséklet változása (°C), 2000-2050 [3]

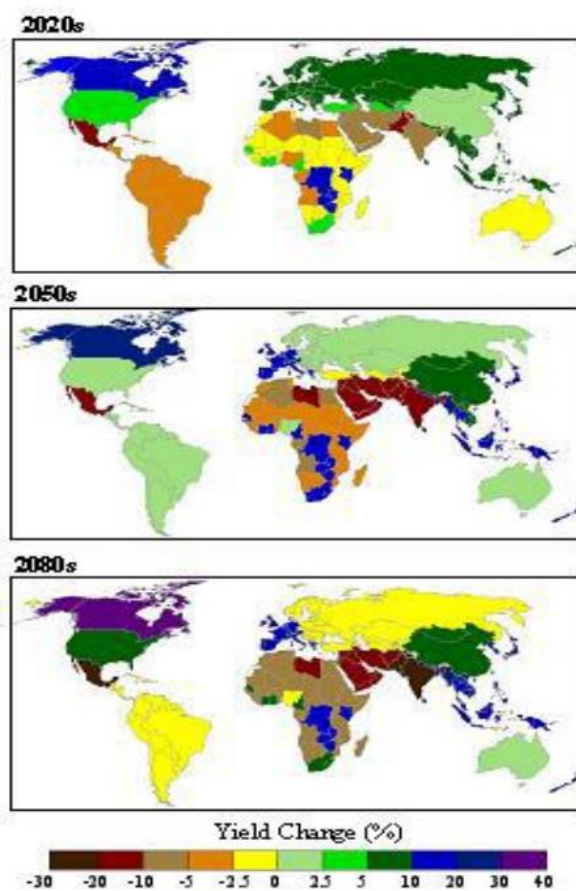


5. ábra: A csapadék változása (mm), 2000-2050 [3]

A 4. ábra az átlagos maximum hőmérséklet változását mutatja 2000 és 2050 között a CSIRO és NCAR forgatókönyvek esetén. Az 5. ábra az átlagos csapadékennyiség változásait mutatja. Az egyes ábrákon a jelmagyarázat színei azonosak; egy adott szín ugyanazt a hőmérséklet- vagy csapadékváltozást jelenti a két scenárióban. Egy gyors pillantás ezekre az ábrákra azt mutatja, hogy a két forgatókönyv között jelentős különbségek vannak. Például az NCAR scenárió lényegesen magasabb átlagos maximum hőmérsékletet tartalmaz, mint a CSIRO. A CSIRO forgatókönyv szerint a csapadék mennyisége jelentősen csökken az Amazonas nyugati részén, míg az NCAR az Amazonas keleti részén mutat csökkenést. Az NCAR forgatókönyve szerint a szubszaharai Afrikában magasabb a csapadék, mint a CSIRO esetében. Észak-Kínában magasabb a hőmérséklet és több a csapadék az NCAR alatt, mint a CSIRO alatt. Ezek az ábrák minőségileg illusztrálják a lehetséges éghajlati következmények tartományát a jelenlegi modellezési képességek felhasználásával, és jelzik a klímaváltozás hatásainak bizonytalanságát. [3]

### 2.3.3. A klímaváltozás hatása a mezőgazdaságra

A világ mezőgazdasága a globális felmelegedés miatt ebben az évszázadban komoly hanyatlással néz szembe. Összességében a mezőgazdasági termelékenység az egész világon az előrejelzések szerint 3-16%-kal csökken 2080-ra. A fejlődő országokban, amelyek közül soknál az átlaghőmérséklet már megközelíti vagy meghaladja a termés tolerancia szintjét, a 2080-as években az előrejelzések szerint átlagosan 10-25%-os mezőgazdasági termelékenység csökkenést szenvednek el. A gazdag országokban, ahol jellemzően alacsonyabb az átlaghőmérséklet, sokkal enyhébb, vagy akár pozitív átlaghatás tapasztalható, amely során a termelékenység csökkenés 8%-ról 6%-ra mérséklődhet. [2]

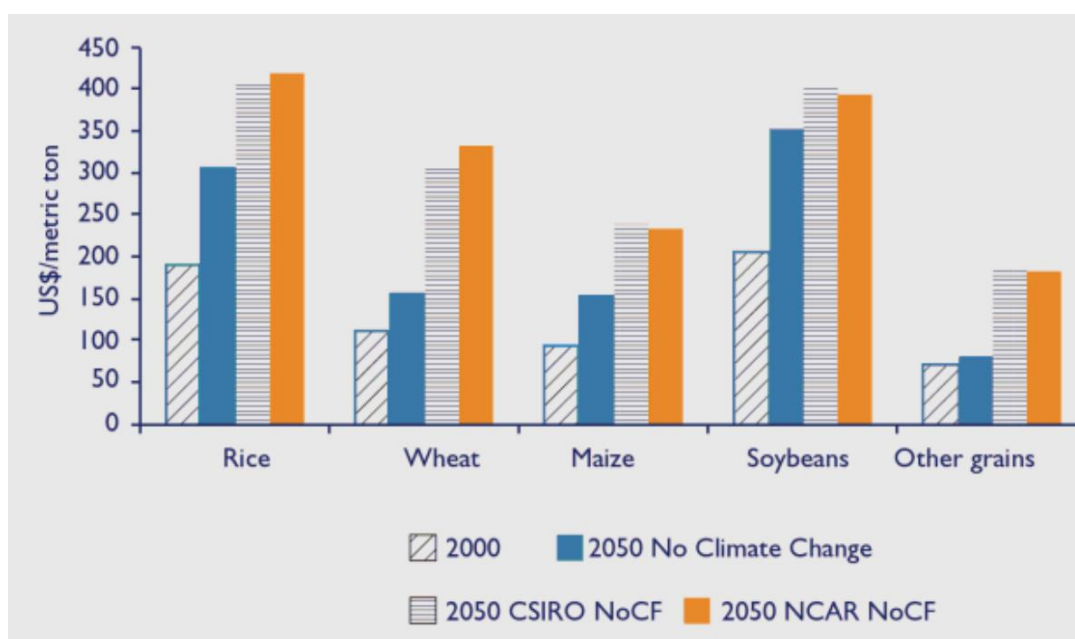


**6. ábra: A jövőbeni lehetséges terméshozamokat bemutató modellek eredményei. [2]**

A hozamváltozás ábra a Hadley klímamodell segítségével kapott eredményeket mutatja 2020-ra, 2050-re és 2080-ra. A térképek azt mutatják, hogy a megnövekedett hőmérséklet Afrika számos részén csökkenti az élelmiszertermelést. A csapadék csökkenése Ausztráliában csökkenti a terméshozamot, de ez a visszaesés egyes esetekben öntözéssel leküzdhető. A csapadékmennyiség növekedése és a mérsékelt hőmérséklet emelkedés Észak-Amerikában előnyös lehet az élelmiszertermelésben. A klímaváltozás terhei valószínűleg aránytalanul nagy mértékben a világ szegényebb országaira hárulnak majd. [2]

A térképek értelmezéséhez emlékeznünk kell arra, hogy a kapott eredmények függenek az éghajlattól, a CO<sub>2</sub> szint hatásától a terméshozamra és a társadalmi-, illetve gazdasági feltételek változásától. Például a fejlett országokban az alacsonyabb csapadékszint leküzdhető öntözéssel, de ezek a technológiai megoldások a kevésbé fejlett országokban nem feltétlenül lehetségesek. [2]

Az élelmezésbiztonság közvetlenül és közvetve is összefügg a klímaváltozással. Az éghajlati paraméterek, például a hőmérséklet és a páratartalom, amelyek szabályozzák a termés növekedését, bármilyen változása közvetlen hatással lesz a megtermelt élelmiszer mennyiségére. A közvetett összefüggések olyan katasztrófákhoz kapcsolódnak, mint az árvíz és az aszály, amelyek az előrejelzések szerint az éghajlatváltozás következtében megsokszorozódnak, ami hatalmas termésvesztéshez vezet és nagy szántóterületeket tesz alkalmatlanná művelésre. Globális szinten az egyre kiszámíthatatlanabb időjárási minták a mezőgazdasági termelés visszaeséséhez és az élelmiszerárak növekedéséhez vezetnek, ami élelmiszer-ellátási bizonytalansághoz vezet. [2]



**7. ábra: Világsi áruk, főbb gabonafélék (rizs, búza, kukorica, szója, egyéb gabonafélék) [3]**

### ***2.3.4. A növények válasza a klímaváltozásra***

A Föld kb. 14 milliárd hektárnyi jégmentes területének 10%-át használják növénytermesztésre. Évente több mint 2 milliárd tonna gabonát állítanak elő élelmiszer és takarmány céljából, ami a teljes közvetlen és közvetett fehérjebevitel nagyjából kétharmadát adja. Az erőforrás-gazdálkodás kulcsfontosságú a jelenlegi termelési szint tartásához; például az öntözött területek az összes szántónak csak 17%-át teszi ki, a teljes édesvízkészlet 75%-át fogyasztják el évente. A mezőgazdaság jelentős mértékben hozzájárul a talajromláshoz és az antropogén globális üvegházhatású gázok kibocsátásához, mivel az emberi tevékenység által évente kibocsátott szén 25%-áért (főleg erdőirtásból), a metán 50%-áért és a N<sub>2</sub>O 75%-áért felelős. Talán a legfontosabb kihívás, amellyel a mezőgazdaságnak szembe kell néznie az elkövetkezendő évtizedekben, hogy egyre több embert kell élelemmel ellátni a talaj- és vízkészletek megőrzése mellett. [10]

A növények fejlődése, növekedése, terméshozama reagálni fog a légköri CO<sub>2</sub> koncentráció növekedésére, a magasabb hőmérsékletre, a megváltozott csapadék- és párologtatási rendszerre, a szélsőséges hőmérsékleti- és csapadékesemények gyakoribb előfordulására, valamint a gyomok, kártevők és kórokozók nyomására. [10]

Az elmúlt 30 évben végzett több száz tanulmány megerősítette, hogy a növényi biomassza és a hozam jelentősen megnő, ahogy a szén-dioxid koncentráció a jelenlegi szint fölé emelkedik. Az ilyen eredmények hatalmasnak bizonyultak számos kísérleti beállítás mellett, mint például ellenőrzött környezetű zárt kamrákban, üvegházakban, nyitott és zárt terepi felső kamrákban és szabad levegős szén-dioxid-dúsítási (FACE) kísérletekben. [10] A megemelkedett CO<sub>2</sub> koncentráció serkenti a fotoszintézist, ami növeli a növények termelékenységét és módosítja a víz-, illetve tápanyagciklusokat. Az optimális körülmények között végzett kísérletek azt mutatják, hogy a légköri CO<sub>2</sub> koncentráció megkétszerezése a C<sub>3</sub>-as növényfajokban 30-50%-kal, a C<sub>4</sub>-es fajoknál 10-25%-kal növeli a levelek fotoszintézisét. [11]

A következő évtizedekre előre jelzett éghajlati változások módosítani fogják, és gyakran korlátozhatják is a haszonnövényekre gyakorolt közvetlen CO<sub>2</sub> hatásokat. Például a növény kritikus virágzási periódusában fellépő magas hőmérséklet csökkentheti a terméshozamra gyakorolt egyébként pozitív szén-dioxid hatást azáltal, hogy csökkenti a szemek számát, méretét és minőségét. [12] A növekedési időszakban megemelkedett hőmérséklet közvetetten is csökkentheti a CO<sub>2</sub> hatásokat, a vízigény növekedésével. A víznek a növények növekedésében betöltött kulcsszerepe miatt a növényekre gyakorolt éghajlati hatások jelentősen függenek a csapadék alakulásától. Általánosságban elmondható, hogy a csapadék, pontosabban

az evapotranszpiráció és a csapadék arányának változása módosítja az ökoszisztéma termelékenységét és működését. A sztóma záródása és a nagyobb gyökérsűrűség miatti magasabb vízfelhasználási hatékonyság bizonyos esetekben enyhítheti vagy akár ellensúlyozhatja az aszályos nyomást. [10]

A FACE kísérletek megerősítik, hogy a magas nitrogén-tartalom növeli a megnövekedett légköri CO<sub>2</sub> koncentrációra adott relatív választ. A nitrogén hozzáférhetőség csökkenését meg lehet előzni a biológiai N<sub>2</sub> kötés fokozásával, megemelkedett légköri CO<sub>2</sub> koncentráció mellett. A pillangósvirágúak jobban profitálnak a megnövekedett légköri szén-dioxid koncentrációból, mint a nem megkötő fajok. [13] Mindazonáltal más tápanyagok, például foszfor, fő korlátozó tényezőként működhetnek, amely korlátozza a hüvelyesek növekedését a légköri CO<sub>2</sub> koncentráció esetén. [10]

Az emelkedő szén-dioxid kibocsátás befolyásolhatja a növényi rovarkártevők és kórokozók elterjedését, mennyiségét és teljesítményét. A megnövekedett CO<sub>2</sub> koncentráció módosíthatja a kórokozók agresszivitását és/vagy a gazdaszervezet érzékenységét, befolyásolva a kórokozó kezdeti megtelepedését a gazdaszervezetben. Beszámoltak továbbá egyes gombakórokozó fokozott termékenységről és szaporodásáról megemelkedett szén-dioxid mellett. [14] Emellett a legújabb kutatások rávilágítottak a C<sub>3</sub>-as kultúrnövények és a C<sub>4</sub>-es gyomfajok közötti versengés kulcsszerepére, eltérő éghajlati és CO<sub>2</sub> koncentráció mellett. [15] A CO<sub>2</sub> – hőmérséklet kölcsönhatása kulcsfontosságú tényező, amely meghatározza a kártevők által okozott növénykárosodást a következő évtizedekben. A CO<sub>2</sub> – csapadék kölcsönhatások szintén fontosak lesznek. [16] A legtöbb tanulmány továbbra is a kártevők által okozott károkat a szén-dioxid vagy az éghajlat, főleg a hőmérséklet külön függvényeként vizsgálja. Fontos, hogy a megnövekedett éghajlati szélsőségek elősegíthetik a növényi betegségek és kártevők kitörését. A kártevők felemeledés miatti alacsony szélességi körökről a magasabb szélességi körökre való terjedésére összpontosító tanulmányok kimutatták, hogy a változás már folyamatban van. [10][17]

A troposzférikus ózon káros hatással van a termés hozamra, a legelők és erdők növekedésére, valamint a fajösszetételre. [17] Bár számos tanulmány megerősíti a korábbi megállapításokat, miszerint a megemelkedett CO<sub>2</sub> enyhítheti az ózon egyébként negatív hatásait, a dolog lényegét fordítva kell szemlélni. Az ózonkoncentráció növekedése a következő évtizedekben, szén-dioxiddal vagy anélkül, klímaváltozással vagy anélkül, negatívan hat. [10] Hatással lehet a növénytermesztésre, esetleg növelve a kártevők által okozott károknak való kitettséget. A jelenlegi kockázatértékelési eszközök nem veszik kellőképpen figyelembe ezeket a kulcsfontosságú kölcsönhatásokat. [18]

Az éghajlati szélsőségek rendszerességének növekedése az átlagos klímaváltozás hatásain túl csökkentheti a terméshozamokat. A gyakoribb szélsőséges események csökkenthetik a hosszú távú terméshozamot azáltal, hogy közvetlenül károsítják a növényeket bizonyos fejlődési szakaszokban, például a virágzási hőmérsékleti küszöbértékek miatt, vagy megnehezítik a szántóföldi kijuttatások időzítését, csökkentve ezzel a mezőgazdasági inputok hatékonyságát. [19]

Összeségében a CO<sub>2</sub> koncentráció stabilizálása hosszú távon csökkentené a növénytermesztésben okozott károkat. [10]

## 2.4. A hüvelyes növények szerepe

Sokat kell még tenni annak érdekében, hogy véget vessünk az éhezésnek a világban, és táplálékot biztosítsunk a világ növekvő népességének, amely 2050-re várhatóan eléri a 9 milliárdot. Az emberek évezredek óta fogyasztanak hüvelyeseket, ennek ellenére táplálkozási és egyéb előnyeiket gyakran alulértékelik. [20]

A hüvelyesek a *Leguminosae* családba tartozó mezőgazdasági növények alcsoportja. Fontos szerepet játszhatnak az élelmezésbiztonsággal, a környezettel és az egészséggel kapcsolatos kérdések kezelésében. Kritikus és megfizethető forrásai a növényi alapú fehérjéknek, vitaminoknak és olyan rendkívül fontos ásványi anyagoknak, mint a vas, kalcium, magnézium és cink. [20] Élelmezési rendszerünk kihasználatlan eszközei számos jótékony hatása ellenére. [21] Az emberi egészséget és táplálkozást tekintve a hüvelyesek jobb immunológiai, anyagcsere- és hormonális szabályozást, karcinogén és gyulladáscsökkentő hatást, valamint a szív- és érrendszeri, illetve az elhízással összefüggő betegségek kockázatának csökkentését biztosítják. [22]

Ami az agroökológiát illeti, a hüvelyesek könnyedén megkötik a légköri nitrogént a talajban. A nitrogén megkötését a rhizobia, a hüvelyesek gyökereinek csomóin élő baktériumcsoport végzi. A rhizobia nitrogénázt tartalmaz, azt az enzimet, amely katalizálja a nitrogénmolekulák felszakadását, amelyek fele hidrogénatomhoz kötődik és ammóniát képez. Gazdálkodási rendszereinknek nagy haszna származna a hüvelyesek beépítéséből a szimbiotikus nitrogén megkötés révén, csökkentve a N-műtrágya igényt, redukálva az N<sub>2</sub>O kibocsátást, javítva a talaj összetételét, valamint növelve a növények kártevőkkel és betegségekkel szembeni ellenálló képességét. Ahhoz, hogy bármely növénytermesztési rendszerben hosszú távon megtakarítsák a termelési költségeket, a hüvelyesek – a légköri nitrogén megkötése révén – jóval kevesebb műtrágyabevitelt igényelnek, vagy egyáltalán nem. A talajba szántott növényi maradványok mineralizálódnak, lehetővé téve a vetésforgóban



következő növények nitrogénnel történő mérsékelt trágyázását. Mindez hozzájárul az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenéséhez. [21]

A termelők sajnos nem szívesen termesztenek hüvelyeseket, mivel a gabonafélékhez vagy a repcéhez képest veszteségesnek tartják. Ezért a mezőgazdasági szakemberek túlnyomórészt a termelési rendszerek specializációját preferálják a diverzifikációval szemben. A bioprémium egy módja lehet a jövedelmező termesztésnek. A hüvelyesek kisüzemi biogazdálkodásban óriási munkaerő-ráfordítást igényelnek. Ezért gyakran kerülnek a száraz babot vagy a friss hüvelyeseket, és inkább részesítik előnyben a takarónövény-keverékeket. A biotermelők számára leginkább a talaj egészsége számít, a hüvelyeseket nem emberi táplálkozásra termesztik, mivel jelenleg nincs piaca az ilyen prémiumtermékeknek. Az általános tendencia az, hogy a gazdálkodók nem ismerik fel a hüvelyesek előnyeit a nitrogénmegkötésben, az agrokémiai költségek csökkenésében, a későbbi terméshozam növekedésében, a talaj biológiai sokféleségének növelésében és a kibocsátás csökkentésében. Leginkább a biogazdálkodók tartják kedvezőnek például a lencse- és babtermesztést Magyarországon, de csak erősebb nagytermelői szövetkezetek irányításával. [21]

#### ***2.4.1. A hüvelyes növények abiotikus stresszre adott válaszai***

A globálisan ingadozó éghajlat komoly abiotikus károkat rótt a mezőgazdasági szektorra, ami észrevehető, néha katasztrofális hozam csökkenés és/vagy termésminőség romláshoz vezet. Azonban bizonyos esetekben a növények túlélhetik a stresszt viszonylag alacsony veszteségekkel. [23] Az abiotikus stressz olyan környezeti feltétel, amely az optimális szint alá redukálja a növekedést és a termésmennyiséget. A növények abiotikus stresszre adott válaszai dinamikusak és összetettek; visszafordíthatóak és irreverzibilisek. [24]

Az éghajlat-előrejelzési modellek egyre gyakrabban mutatják a szárazság, az áradások és a magas hőmérsékleti időszakok előfordulását a növények vegetatív időszakában, következtetésképpen a globális élelmiszertermelés nyomás alatt marad; az élelmiszerek és olajos növények iránti kereslet a világ népességének növekedésével tovább fog emelkedni. [25] Ezért létfontosságú a terméshozam fokozása, hogy a megváltozott környezeti feltételek mellett is fenntartható hozamot biztosítsunk. Ehhez jobban meg kell érteni a növények abiotikus stresszre adott válaszait. [26]

Az aszály és a sótartalom két meghatározó abiotikus tényező, nagy hatásuk és széles körű előfordulásuk miatt. [27] A súlyos aszály és a magas sótartalom elősegítheti a föld elsivatagosodását és szikesedését, amelyek globális szinten gyorsan fokozódnak, ezáltal a szárazság és a sóstressz rendkívüli aggodalomra ad okot. [28] A magvak a növények

szaporodásának fő módja, emellett a mag tartalmazza a növény összes genetikai anyagát. A csírázás olyan folyamat, amelyet genetikai és környezeti tényezők egyaránt befolyásolnak, és különböző fajok, különböző mechanizmusokat fejlesztettek ki, hogy alkalmazkodjanak a kedvezőtlen körülményekhez. [29] Mivel a magok csírázása a növények életciklusának kezdete, így kelésük kritikus a növénypopulációk kialakításához. [30]

A magvak csírázásának egyik fő akadálya a szárazság, illetve a csapadék és az öntözés hiánya miatti kedvezőtlen nedvességviszonyok. Vetéskor a nem megfelelő talajnedvesség szabálytalan magcsírázást és egyenlőtlen kelést eredményez, amely negatív hatással van a hozamra. [31] Emiatt kiemelt jelentősége van a csírázási szakaszban a szárazságtűrésnek. [29]

Kísérletek során megfigyelték, hogy a hüvelyes növények esetében csökkent a csírázási százalék a szárazságstressz növekedése miatt és a csírázás késett. A magvak csírázásának visszaesése stressz körülmények között bizonyos anyagcsere-rendellenességek előfordulásának köszönhető. A hüvelyes növények magasságát szignifikánsan befolyásolta a szárazságstressz. Mind a gyökér, mind a hajtás esetében a maximális hosszt kontroll állapotban, a minimumot pedig a legmagasabb aszály stressz szinten figyelték meg. A gyökérhossz az egyik legfontosabb tényező az aszályos stressz szempontjából, emiatt a gyökérhossz lényeges támpontot ad a növények szárazságstresszre adott válaszához. Megállapították, hogy a szárazság stressz jelentős korlátozó tényező a növények növekedésének kezdeti szakaszában. Az alacsony turgornyomás miatt a növekedést, nyúlást komolyan befolyásolja. [29]

A sótartalom a vetőmag csírázásának másik jelentős akadálya. A talaj sóartalma ozmotikus stressz vagy iontoxikus hatás révén befolyásolja a csírázást. A sótartalom külső ozmotikus potenciált hozhat létre, amely korlátozza a magok vízfelvételét, vagy nátrium- és kloridionok halmozódhatnak fel a csírázó vetőmagban, ami mérgező hatást eredményezhet. Szárazság és sóstressz esetén a magokban megakadályozódik vagy csökken a tartalékok mobilizálása, a csírázó embriókban pedig korlátozódik a fehérjék szerkezeti szerveződése és szintézise. Következésképpen a magvak csírázását mind a szárazság, mind a sóstressz gátolja. [28]

A szárazság és sóstressz mellett a hőmérséklet hatása sem mindig kedvező a hüvelyesek számára. A magas hőmérséklet – kifejezetten a generatív szakaszban – rendkívül káros, virágeldobást és rendellenes hüvelybetöltést okoz. Emellett a hőmérséklet rontja a hüvelyesek teljesítményét a nagyobb párolgási igény, a gyenge gyökér-mikrobiális társulás és a kártevők súlyossága miatt. [4]

A hüvelyes növények közül a szója a legérzékenyebb az abiotikus stresszfaktorokra. A termés aszályérzékenysége a növény életciklusa során szakaszonként eltérő. [32] A

szójababnak a vegetatív szakaszában alacsony a vízigénye, míg a generatív szakaszban ez az igény nő. A vegetatív időszakban jelentkező korai szárazság nem befolyásolja a szója végső magtermését, illetve a korai generatív szakaszban (különösen virágzás idején) sem volt mérhető hatással a terméshozamra, míg a magtelítődés közben jelentkező szárazság jelentősen csökkentette a termést. [33]

A hozamcsökkenés összefüggésben áll mind a virág, mind a hüvely eldobásával a szárazság miatt. A vegetatív stádiumban aszálynak kitett szója kisebb levélfelülettel, alacsonyabb fotoszintetikus sebességgel és kisebb biomasszával rendelkezik; azonban lehetséges, hogy a szárazsággal sújtott növény részben felépüljön a stressz utáni időszakban. Viszont a generatív szakaszban fellépő szárazság magasabb virágeldobási arányt, valamint a kifejlődött hüvelyek és magok számának csökkenését eredményezheti, emellett kevesebb regenerálódási lehetőséget biztosít, ami észrevehető termésvesztést idézhet elő. [32]

A károsodás mértékében nemcsak a stádium, hanem a stresszfaktorok előfordulásának időtartama és a genotípus is szerepet játszik. [32] Ezért az agronómiai és a genetikai beavatkozásokat egyaránt integrálni kell a hüvelyesek sikeres felneveléséhez és a változó éghajlati viszonyok között a célzott terméshozam eléréséhez. [4]

## 3. A VIZSGÁLATOK MÓDSZEREI

### 3.1 Meteorológiai adatok

Ahhoz, hogy megállapíthassuk, hogy a hüvelyes növények termésképzése és országunk klímája között milyen összefüggések lehetnek, szükség volt különböző meteorológiai adatok beszerzésére a tervezett vizsgált időszak kezdetétől, 2012.02.01-től a végéig, 2022.09.30-ig.

#### 3.1.1. A meteorológiai adatok forrása

A fent említett adatokat először hazai forrásokból próbáltam beszerezni, de rendszerezett és szabadon hozzáférhető adatbázist nem találtam. Így a kutatást kiterjesztettem külföldön elérhető adatokra. Ekképpen jutottam el az Amerikai Egyesült Államok kormánya által üzemeltetett National Centers for Environmental Information (NCEI) honlapjára.

Ennek az intézménynek az elődje, a National Climatic Data Center, 1934-től 2015-ig gyűjtötte a meteorológiai adatokat az egész világról. 2015-ben három intézmény egyesítésével (National Climatic Data Center, National Geophysical Data Center, National Oceanographic Data Center) jött létre az NCEI. Ez az intézmény jelenleg 20 petabyte ( $20 \times 10^{15}$  byte) archivált adattal rendelkezik a világ minden tájáról.

#### 3.1.2. A meteorológiai adatok felhasználhatósága

Az adatok felhasználhatóságát a következő módon szabályozzák:

*„WMO Resolution 40 NOAA Policy*

*The following data and products may have conditions placed on their international commercial use. They can be used within the U.S. or for non-commercial international activities without restriction. The non-U.S. data cannot be redistributed for commercial purposes. Re-distribution of these data by others must provide this same notification. A log of IP addresses accessing these data and products will be maintained and may be made available to data providers.” [34]*

„WMO (World Meteorological Organization) 40. határozata a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) adatfelhasználás elveiről:

Az adatok felhasználása korlátozás alá eshet nemzetközi kereskedelmi célú felhasználás esetén. Alkalmazhatóak az Amerikai Egyesült Államok területén, valamint nem kereskedelmi céllal nemzetközileg is. A nem az USA-ból származó adatok nem adhatók tovább kereskedelmi céllal. ...” [34]

A fenti határozat alapján az adatok a diplomadolgozatban felhasználhatók, mivel nem kereskedelmi céllal kerülnek felhasználásra.

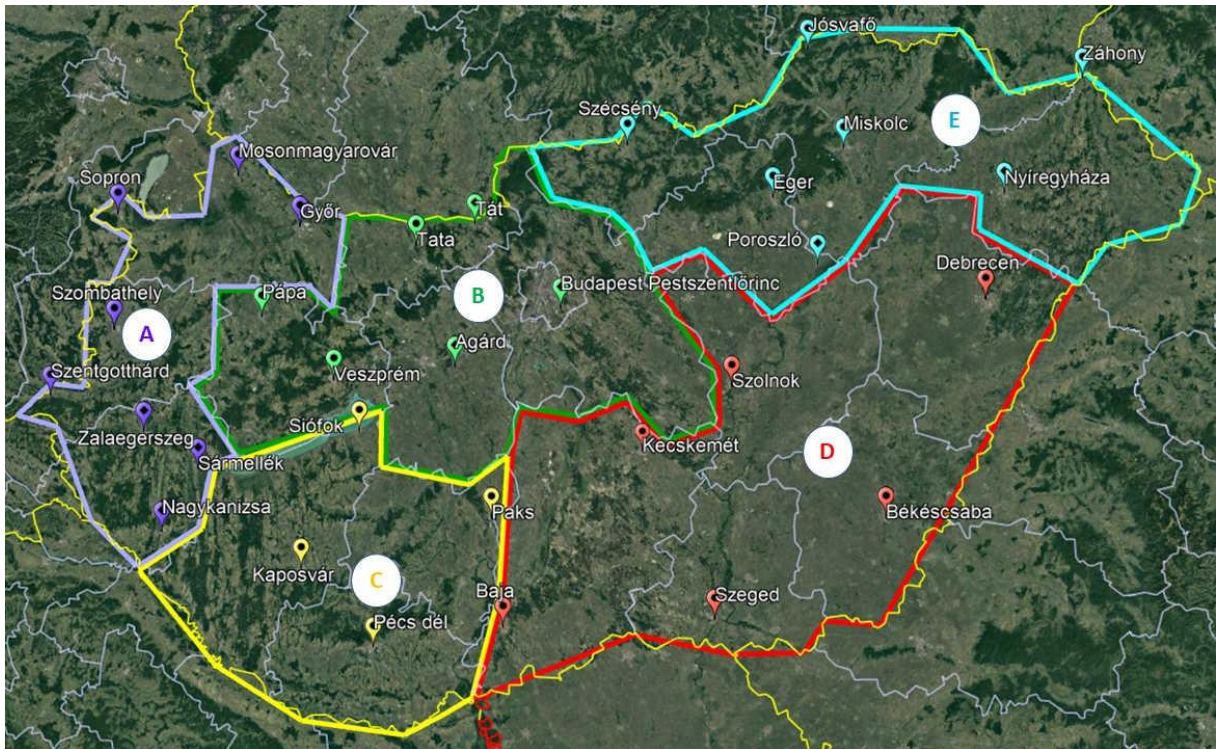
### 3.1.3. A lekérdezett meteorológiai állomások

Az előző fejezetben említett honlapról 31 magyarországi meteorológiai állomás archív adatai kerültek letöltésre. A választott állomások az egész ország területét lefedik.

Azonosító	Állomás neve	Körzet	Napok száma
128460	AGARD	B	3997
129600	BAJA	D	3997
129920	BEKESCSABA	D	4011
128430	BUDAPEST/PESTSZENTLORINC	B	4014
128820	DEBRECEN	D	4013
128700	EGER	E	3792
128220	GYOR	A	4015
127660	JOSVAFO	E	3997
129300	KAPOSVAR	C	3324
129700	KECSKEMET	D	4006
127720	MISKOLC	E	4014
128150	MOSONMAGYAROVAR	A	3946
129250	NAGYKANIZSA	A	4006
128920	NYIREGYHAZA	E	3984
129500	PAKS	C	3993
128250	PAPA	B	4015
129420	PECS SOUTH	C	4014
128660	POROSZLO	E	3656
129220	SARMELLEK	A	3997
129350	SIOFOK	C	3997
128050	SOPRON	A	3993
127560	SZECSENY	E	3990
129820	SZEGED (AUT)	D	4014
129100	SZENTGOTTHARD/FARKASFA	A	3984
128600	SZOLNOK	D	4015
128120	SZOMBATHELY AIRPORT/VAS	A	3998
128470	TAT	B	3985
128360	TATA	B	3992
128300	VESZPREM/SZENTKIRALYSZABADJA	B	3966

127860	ZAHONY	E	3997
129150	ZALAEGERSZEG/ANDRASHIDA	A	3996

Az állomásokat 5 körzetre osztottam. A lekérdezéseket így körzetekre tudtam elvégezni az országos lekérdezések mellett. Ezzel az egyes régiók földrajzi sajátosságainak megfelelő eredményeket kaptam, ami finomította az országos átlagokat. A régiók kialakítása során figyelembe vettem a vármegyék elhelyezkedését is.



**8. ábra: Meteorológiai állomások körzetesítése.**

**Forrás: saját kép**

Az állomások körzetesítése:

- **A (Győr-Moson-Sopron, Vas, Zala) – 8 db**  
Győr, Mosonmagyaróvár, Nagykanizsa, Sármellék, Sopron, Szentgotthárd, Szombathely
- **B (Fejér, Komárom-Esztergom, Pest, Veszprém) – 6 db**  
Agárd, Budapest/Pestszentlőrinc, Pápa, Tata, Tát, Veszprém
- **C (Baranya, Somogy, Tolna) – 4 db**  
Kaposvár, Paks, Pécs dél, Siófok

- **D (Bács-Kiskun, Békés, Csongrád-Csanád, Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok) – 6 db**  
Baja, Békéscsaba, Debrecen, Kecskemét, Szeged, Szolnok
- **E (Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Nógrád, Szabolcs-Szatmár-Bereg) – 7 db**  
Eger, Jósvafő, Miskolc, Nyíregyháza, Poroszló, Szécsény, Záhony

### ***3.1.4. Az egyes állomások adatai***

Az állomások rendelkezésre álló főbb mérési adatai:

- I.** Dátum
- II.** Napi középhőmérséklet
- III.** Napi közepes harmatpont
- IV.** Közepes tengerszintre átszámított légnyomás
- V.** Közepes helyi légnyomás
- VI.** Közepes szélesebesség
- VII.** Maximum szélesebesség
- VIII.** Maximum szélökés érték
- IX.** Napi maximum hőmérséklet
- X.** Napi minimum hőmérséklet
- XI.** Napi összes csapadék
- XII.** Egyéb, az elemzéshez fontos adatok

### ***3.1.5. Rendelkezésre álló meteorológiai adatmennyiség***

Az adatok „csv” formátumú szövegfájlokban kerültek letöltésre, majd MySQL adatbázisba importálva, ami után alkalmassá váltak különböző szempontok szerinti lekérdezésre, kombinálásra.

Jelenleg összesen 122.718 napi adatsor áll rendelkezésre, ami alkalmas a szükséges statisztikák elkészítéséhez.

### ***3.1.6. Adattáblák***

Az adatbázis két adattáblából áll. Az egyik tartalmazza az állomások adatait, a másik az állomások mérési adatait.

## 1. stations\_county

<u>NÉV</u>	<u>TÍPUS</u>	<u>LEÍRÁS</u>
• station_id	int(255)	állomás egyedi azonosítója
• station	varchar255	állomás neve
• start_date	varchar255	állomás első mérési dátuma
• end_date	varchar255	állomás utolsó mérési dátuma
• county	varchar255	*állomás megyéje
• zone	varchar255	*állomás körzete

(\* = az eredeti táblában nem szerepel, saját beillesztés)

## 2. data

A mezők nagy mennyisége miatt csak a felhasznált mezőket sorolom fel.

<u>NÉV</u>	<u>TÍPUS</u>	<u>LEÍRÁS</u>
• id	int(11)	rekord azonosító
• station_id	varchar255	állomás egyedi azonosítója
• date	varchar255	dátum: ééééhhnn
• date_2	varchar255	*dátum: ééééhhnn a date mező javítása
• temp	varchar255	átlagos napi hőmérséklet °Fahrenheit
• temp_cels	decimal(3,1)	*átlagos napi hőmérséklet °C
• dewp	varchar255	átlagos napi harmatpont °Fahrenheit
• dewp_cels	decimal(3,1)	*átlagos napi harmatpont °C
• stp	decimal(5,1)	átlagos napi nyomás milibárban
• prcp	decimal(4,1)	*napi csapadékmennyiség inch-ben
• prcp_mm	decimal(4,1)	*napi csapadékmennyiség mm-ben
• station	varchar255	*állomás neve
• zone	varchar255	*állomás megyéje
• relhum	decimal(5,1)	*relatív páratartalom %-ban

(\* = az eredeti táblában nem szerepel, saját beillesztés)

### 3.1.7. A relatív páratartalom közelítő meghatározása

A relatív páratartalom nem szerepel a mért adatok között. Mivel ez az adat lényeges lehet a vizsgált növények szempontjából, így értékét számítással határoztam meg.



A relatív páratartalom a páranomás és a telítettségi páranomás arányából számítható:

$$RH = 100\% * ( E / E_s )$$

ahol a Clausius-Clapeyron egyenlet közelítő megoldásából:

$$E = E_0 * \exp [ ( L / R_v ) * \{ ( 1 / T_0 ) - ( 1 / T_d ) \} ] \text{ és}$$

$$E_s = E_0 * \exp [ ( L / R_v ) * \{ ( 1 / T_0 ) - ( 1 / T ) \} ]$$

ahol:

$$E_0 = 0,611 \text{ kPa}, ( L / R_v ) = 5423 \text{ K (Kelvin, sík vízfelület felett)}$$

$$T_0 = 273 \text{ K (Kelvin)}$$

$$T = \text{hőmérséklet (Kelvin)}$$

$$T_d = \text{harmatponti hőmérséklet (Kelvin)}$$

[35]

### ***3.1.8. A meteorológiai adatok lekérdezése***

#### **Páratartalom éves átlag**

select

left(date,5) as év, format(avg(relhum),2) as páratart

from data

where

(temp<999 and dewp<999) and zone = „A”

group by left(date\_2,4)

(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)

#### **Páratartalom havi átlag**

select

left(date\_2,6), left(date\_2,4) as év, substr(date,6,2) as hó

round(avg(relhum),2) as temp

from data

where

temp<9999 and dewp<999 and zone = „D”

group by left(date\_2,6)

(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)

### **Páratartalom havonta, éves bontásban, körzetenként**

```
select
zone, left(date_2,6) as évhó, format(avg(relhum),2) as páratart
from data
where (temp<9999 and dewp<999)
group by zone, left(date_2,6)
order by zone
```

### **Csapadék éves átlag**

```
select
@zone:="A", @zone_number:=5, left(date_2,4) as év
format(sum(prcp_mm)/@zone_number,0) as mm
from 'data'
where prcp<>99,99 and prcp_mm>0 and zone=@zone
group by (left(date_2,4))
(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)
```

### **Csapadék havi átlag**

```
select
@zone:="A", zone, @zone_number:=5, @year:="2014"
left(date_2,4) as év, substring(date_2,5,2) as hó
format(sum(prcp_mm)/@zone_number,0) as mm
from 'data'
where prcp<>99,99 and prcp_mm>0 and zone=@zone
group by substring(date_2,1,6)
order by date_2
(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)
```

### **Nyomás éves átlag**

```
select zone, left(date_2,4) as év, floor(avg(stp)) as nyomás
from data
where (stp<9999) and zone="A"
group by left(date_2,4)
(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)
```

### **Nyomás havi átlag**

```
select left(date_2,6), left(date_2,4) as év, substr(date,6,2) as hó
floor(avg(stp)) as nyomás
from data
where (stp<9999) and zone="A"
group by left(date_2,6)
(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)
```

### **Nyomás havonta, éves bontásban, körzetenként**

```
select zone, left(date_2,6), left(date_2,4) as év
substr(date,6,2) as hó
floor (avg(stp)) as nyomás
from data
where (stp<9999) and zone="A"
group by zone, left(date_2,6)
(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)
```

### **Hőmérséklet éves átlag**

```
select left(date,5) as év
format(avg(temp_cels),2) as hőmérséklet
from data
where (temp<9999 and dewp<999) and zone="D"
group by left(date,5)
(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)
```

### **Hőmérséklet havi átlag**

```
select left(date_2,6), left(date_2,4) as év, substr(date,6,2) as hó
round(avg(temps_cels),2) as temp
from data
where temp<9999 and zone="D"
group by left(date_2,6)
(országos adatokhoz törölni a „zone” feltételt a „where”-ből)
```

### **Hőmérséklet havonta, éves bontásban, körzetenként**

```
select zone, left(date_2,6) as évhó
format(avg(temp_cels),2) as hőmérséklet
from data
where (temp<9999 and dewp<999)
group by zone, left(date_2,6)
order by zone
```

A meteorológiai adatok kiértékeléséhez statisztikai elemzési módszert alkalmaztam, ahol az éves átlagokat számoltam országos és régiós szinten a hüvelyes növények vegetációs időszakában (február-szeptember).

## **3.2. Hüvelyes növények termés adatai**

A vizsgált növények (szója, zöldborsó, zöldbab) adatait két forrásból próbáltam beszerezni.

### **1. Központi Statisztikai Hivatal (KSH) [36]**

Először a KSH oldalát kerestem fel a magyarországi adatok beszerzése érdekében. A szója esetében országos és megyékre bontott adatokat is találtam a vizsgált időszakra, viszont a zöldborsó és zöldbab tekintetében csak országos adatokat tudtam lekérdezni. Mivel a 2022-es adatok még nem találhatóak meg az oldalon, így a 2012 és 2021 közötti időszakot vizsgáltam.

### **2. Food and Agriculture Organization (FAO) [37]**

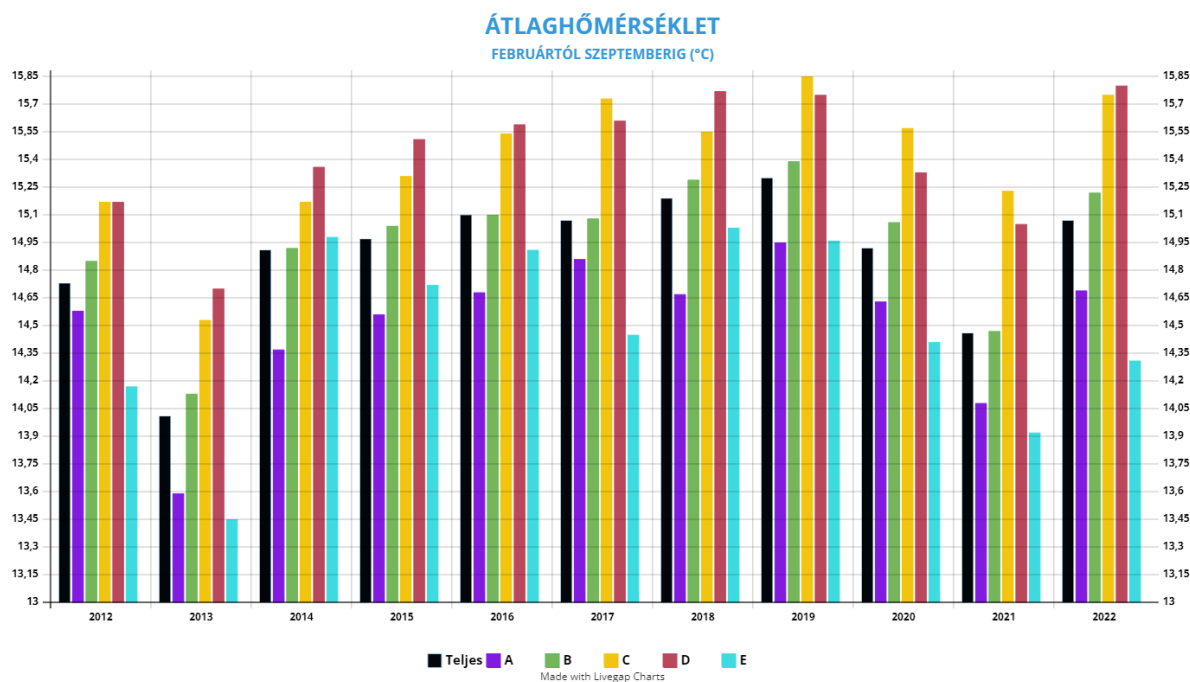
Az FAO oldalát adatellenőrzés céljából néztem át. Az FAO csak országos szintű adatokkal szolgál, így a megyékre bontott adatokat nem tudtam leellenőrizni, viszont az országos adatok pontosan megegyeztek. Ennek ellenére a beszerzett adatok 100%-os megbízhatósága kérdéses.

## 4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 4.1 Meteorológiai eredmények

A meteorológiai eredményeim ismertetése során különböző időjárási tényezők alakulását mutatom be 2012-től 2022-ig a hüvelyes növények vegetációs időszakában az egyes körzetek összehasonlításával.

#### 4.1.1. Hőmérséklet



9. ábra: Éves átlaghőmérséklet összehasonlítása körzetekre bontva 2012. és 2022. között.

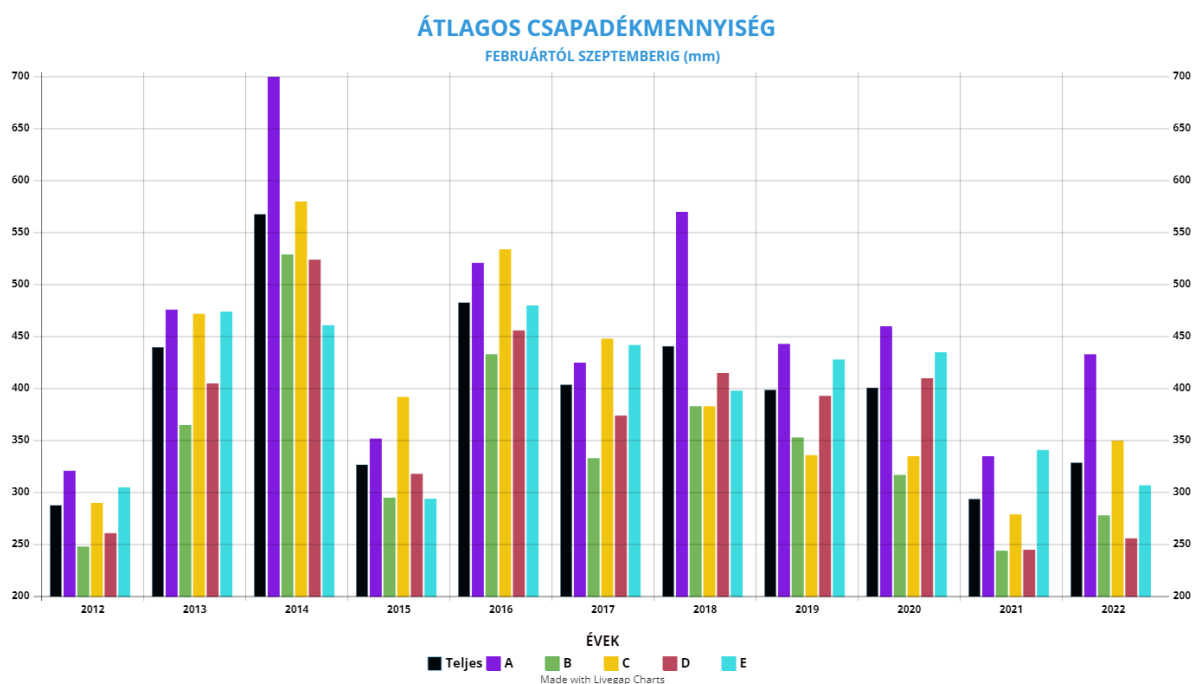
Forrás: saját kép

Ami először feltűnhet a diagramon, hogy az elmúlt 11 évben voltak melegebb és mérsékeltőbb vegetációs időszakok, de összességében megfigyelhetünk egy általánosan emelkedő tendenciát az eredményekben.

Minden évben az Alföldön (D) és a Dél-Dunántúlon (C) volt kiemelkedően a legmagasabb az átlaghőmérséklet a vegetációs időszakban. Szám szerint országos szinten a legalacsonyabb átlaghőmérséklet 14,01 °C volt és a legmagasabb pedig 15,29 °C, ami igen komoly különbségnek számít.

Hazánk klímaváltozását egyértelműen alátámasztja a folyamatosan emelkedő éves átlaghőmérséklet.

## 4.1.2. Csapadék



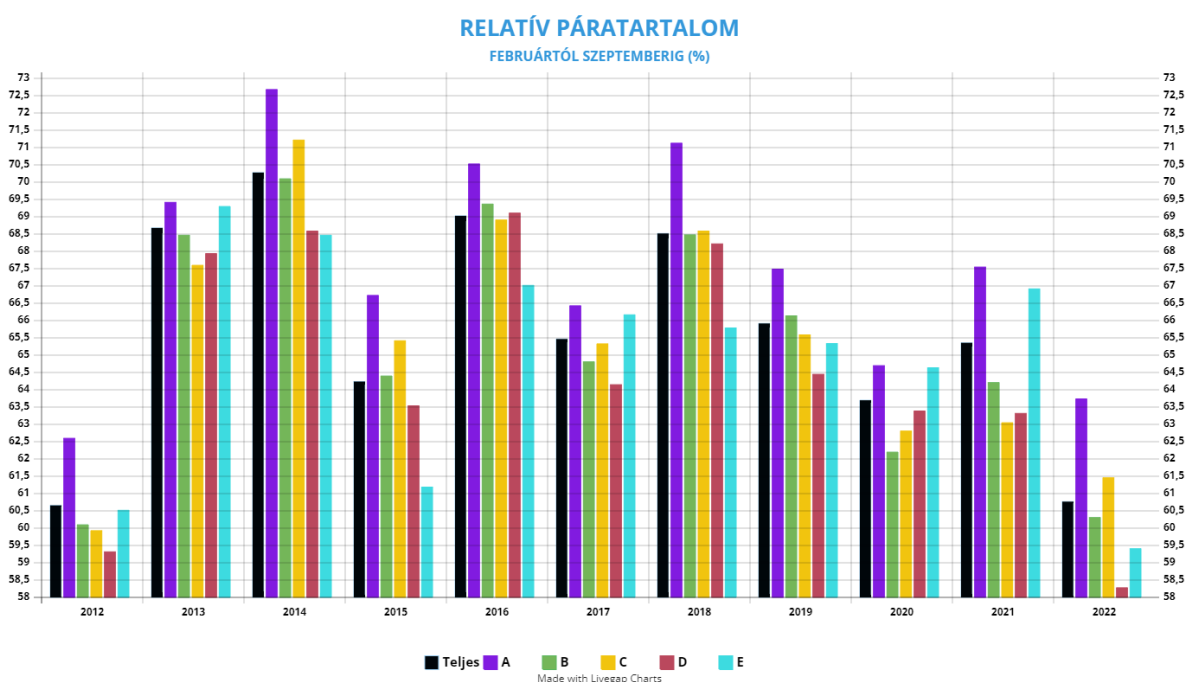
**10. ábra: Éves átlagos csapadékmennyiség összehasonlítása körzetekre bontva 2012. és 2022. között. Forrás: saját kép**

Az éghajlatváltozás egy másik következménye a csapadékmennyiség csökkenése. Igaz, 2012. és 2014. között emelkedett Magyarország átlagos csapadékmennyisége a hüvelyes növények vegetációs időszakában, viszont onnantól kezdve egy folyamatos, csökkenő tendenciát figyelhetünk meg a diagramon.

Ha a vizsgált régiókat összehasonlítjuk, megállapíthatjuk, hogy az északnyugati országrészen (A) a legmagasabb a csapadékmennyiség, a legalacsonyabb pedig a közép-magyarországi részen (B) és az Alföldön (D). Az utóbbi két körzetben már olyan kevés volt az elmúlt pár év vegetációs időszakában az átlagos csapadékmennyiség (245-275 mm), hogy súlyos károkat okozott a mezőgazdaságban.

Az előrejelzések szerint a jövőben ez a csökkenő tendencia lesz továbbra is a jellemző, emiatt az öntözés nagyon fontos szerepet fog játszani a fenntartható növénytermesztésben.

### 4.1.3. Relatív páratartalom



**11. ábra: Éves átlagos relatív páratartalom összehasonlítása körzetekre bontva 2012. és 2022. között. Forrás: saját kép**

Az átlagos csapadékmennyiséghez hasonlóan az országos átlag relatív páratartalom is 2014-ig emelkedett, majd némi ingadozással, de redukálódni kezdett.

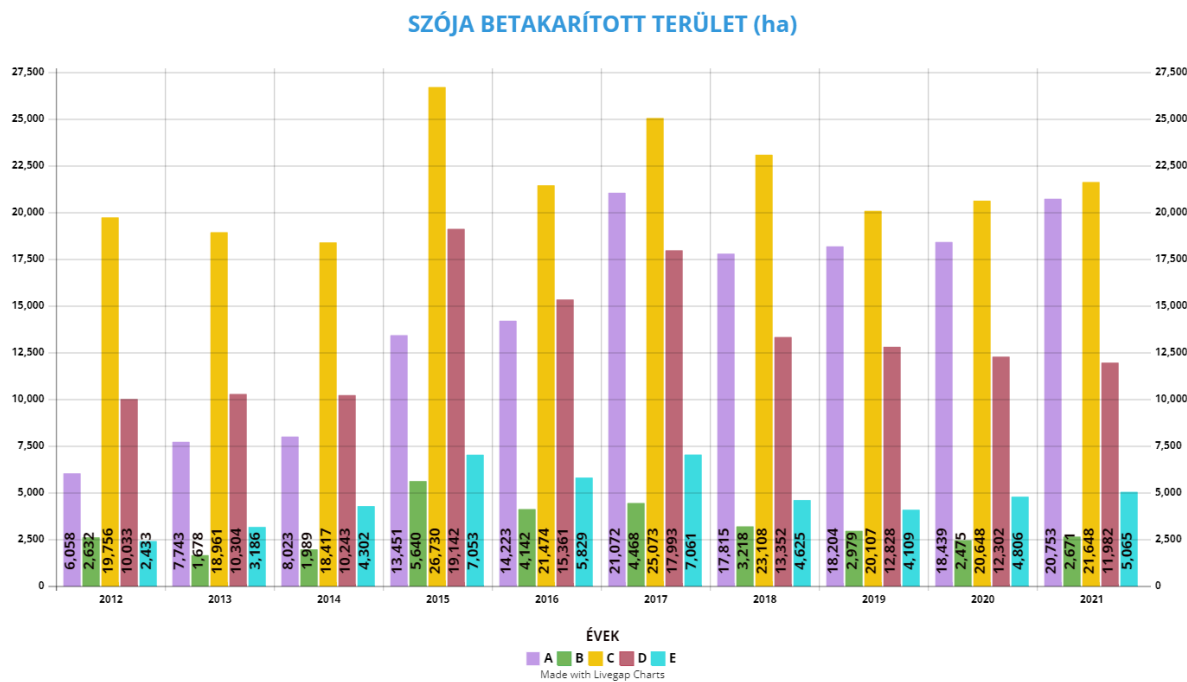
Az éves átlaghőmérséklet folyamatos növekedése miatt a logikus megállapítás az lenne, ha az átlagos relatív páratartalom is fokozódna, mivel a melegebb légkör több nedvességet képes befogadni és megtartani, hiszen 1 °C-os hőmérséklet növekedés hatására a levegő 6%-kal több nedvesség befogadására képes.

Viszont a relatív páratartalom összefüggésben van a csapadékmennyiséggel is, így ezzel magyarázható, hogy miért csökkent a relatív páratartalom az emelkedő átlaghőmérséklet ellenére, ugyanis nincs elég nedvesség, amit magába szívhatna.

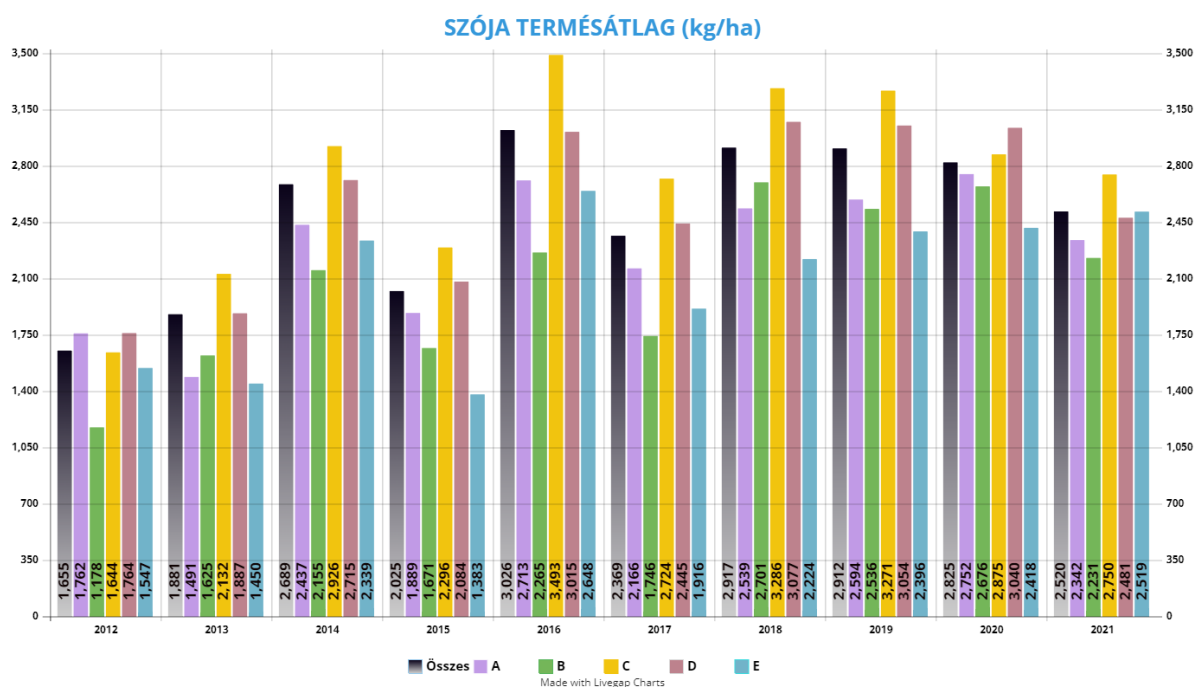
## 4.2. Termés eredmények

A vizsgált növények terméseredményeinek ismertetése során a betakarított terület, a betakarított termésmennyiség és a termésátlag adatait mutatom be 2012. és 2021. között az egyes körzetek összehasonlításával.

### 4.2.1. Szója



13. ábra: A szója éves betakarított területének összehasonlítása körzetekre bontva 2012. és 2021. között. Forrás: saját kép



12. ábra: A szója termésátlagának összehasonlítása körzetekre bontva 2012. és 2021. között. Forrás: saját kép

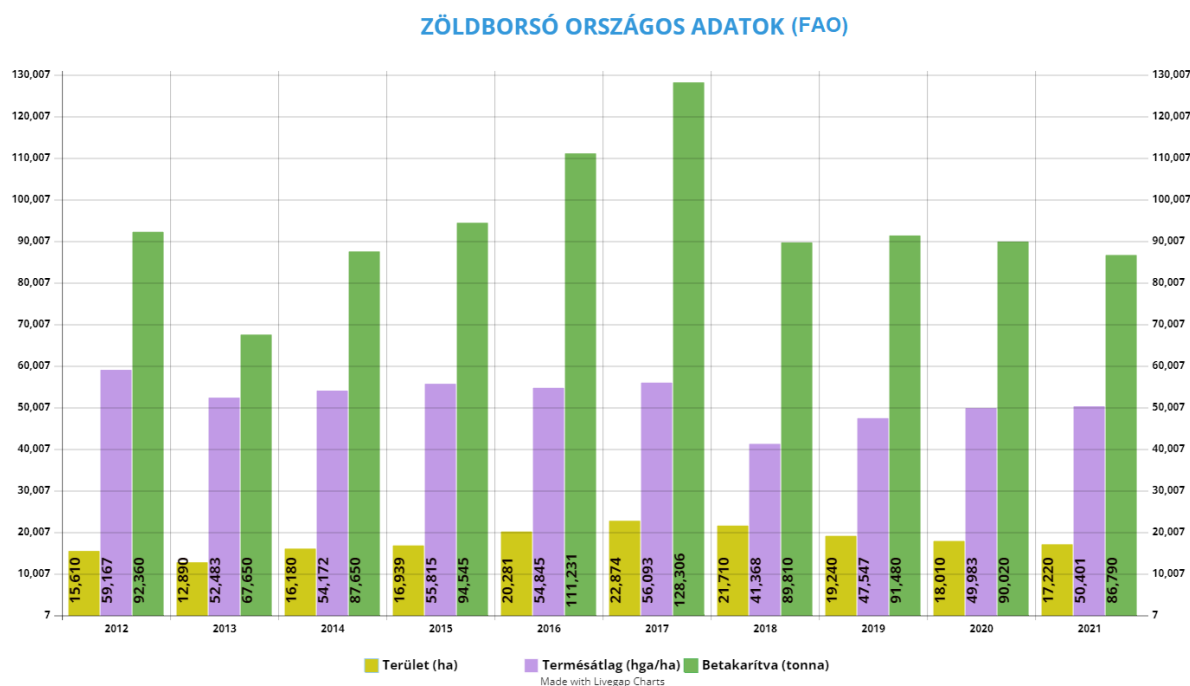


A 12. ábrán láthatjuk, hogy a szója vetésterülete a dél-dunántúli régióban a legmagasabb minden évben. Ebből megállapíthatjuk, hogy a vizsgált körzetek közül Dél-Dunántúlon van a legtöbb olyan terület, amely optimális a szója termesztésére. Országos szinten a legalacsonyabb vetésterület 40.912 ha volt, és a legnagyobb pedig 75.667 ha, tehát a szóját viszonylag kevés területen termesztik országszerte. Vetésterülete 2017-ig emelkedett, majd folyamatosan mérséklődött.

A 13. ábrán igen érdekes eredményeket kaptunk. Ha visszatekintünk a meteorológiai eredményekre, abból arra lehetne következtetni, hogy a szója termésátlagai az évek során folyamatosan csökkennek, de ennek ellenére máshogy alakultak a hozamok. Az országos adatokat tekintve a termésátlag 2014-ig folyamatosan emelkedett, majd kisebb ingadozásokkal elkezdett stagnálni. Ez bizonyíthatja a szakirodalomban leírtakat, miszerint a hüvelyes növények jól alkalmazkodnak a klímaváltozás körülményeihez. Emellett a szójával kapcsolatos kutatások, illetve növénynemesítések is szerepet játszhattak a hozamok alakulásában.

Ha régiós szinten vizsgáljuk a termésátlagokat, akkor ugyanaz mondható el, mint a termőterület esetében, a dél-dunántúli körzetben a legmagasabb a termésátlag szinte minden évben, melyet megint csak az optimális termőterülettel lehet megmagyarázni.

#### 4.2.2. Zöldborsó

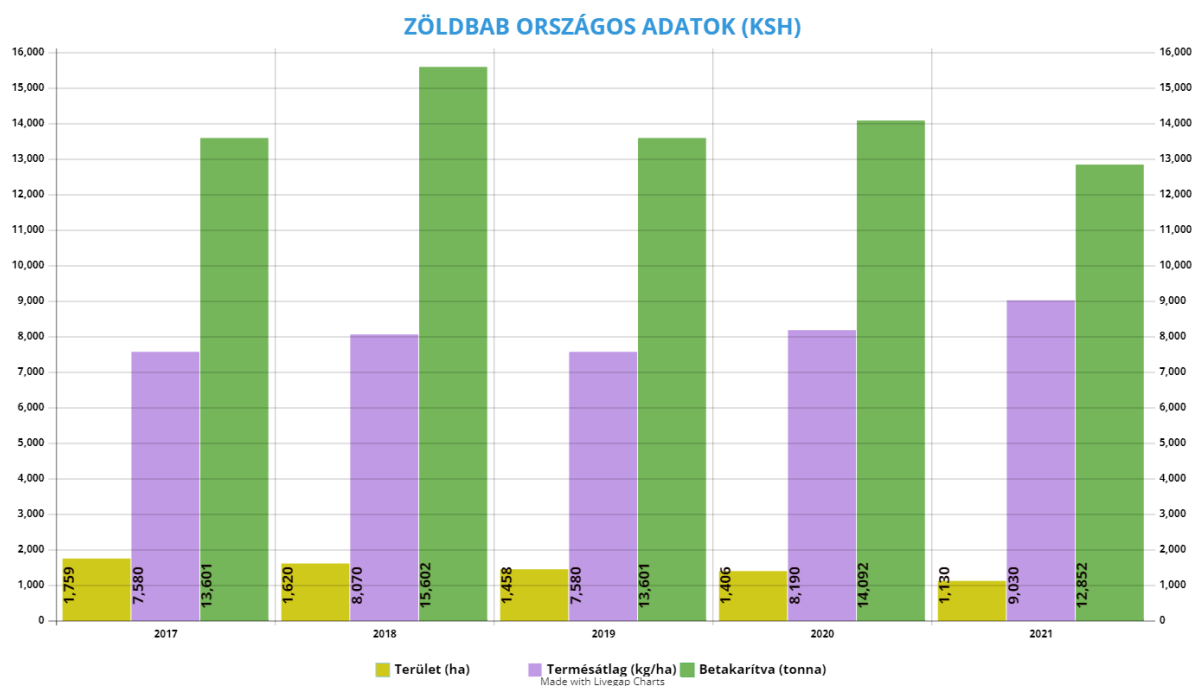


**14. ábra: A zöldborsó vetésterületének, termésátlagának és betakarított mennyiségének országos adatai 2012. és 2021. között. Forrás: saját kép**

A zöldborsó vetésterülete 2017-ig emelkedő trendet mutatott, majd folyamatos csökkenésbe kezdett, de összességében egyik évben sem volt magas a termőterülete. A vetésterületek alakulásából kiindulva feltételezhetjük azt, hogy a magyar gazdálkodók nem szívesen termesztik a zöldborsót, ennek egyik oka lehet a klímaváltozás okozta kevesebb csapadék, valamint a feldolgozó ipar kedvezőtlen területi eloszlása.

A termésátlagokat tekintve 2018. kivételével, ahol volt egy nagyobb visszaesés, csak kisebb ingadozásokat lehet felfedezni, tehát az évek során nem sokat változtak ezek az eredmények. Ez megint ugyanazt bizonyíthatja, mint a szója esetében, hogy a hüvelyes növények jól tudnak alkalmazkodni az éghajlatváltozással járó körülményekhez. Bár ezekből az adatokból nem tudjuk meg, hogy mekkora területen történt öntözés, ami szintén befolyásolhatja a termésátlagokat.

### 4.2.3. Zöldbab



**15. ábra: A zöldbab vetésterületének, termésátlagának és betakarított mennyiségének országos adatai 2017. és 2021. között. Forrás: saját kép**

A zöldbabbal kapcsolatban csak 2017-től szolgáltatnak adatokat, így csupán 5 év eredményeit tudjuk elemezni. A vetésterületben egy folyamatosan csökkenő tendenciát figyelhetünk meg, nagyon kevés területen termesztik, viszont a termésátlagokban javulást vehetünk észre az évek során. Ez megint csak a szójánál és a zöldborsónál már leírtakat feltételezheti, bár a zöldbab adataiból sem tudhatjuk meg, hogy mekkora területen történt öntözés.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A meteorológiai eredményekből feltételezhetjük, hogy a klímaváltozás Magyarországot is elérte, hiszen a vegetációs időszakokban az éves átlag hőmérséklet több, mint 1 °C-kal emelkedett, az átlag csapadékmennyiség és relatív páratartalom pedig, csökkenő tendenciát mutatott. Ezen tényezők együttes hatása okozza a szélsőséges időjárási jelenségeket, mint például az aszályt, melyek negatívan befolyásolják a növénytermesztést.

Viszont a terméseredményekből arra következtethetünk, hogy a hüvelyes növények jobban képesek alkalmazkodni a változó környezethez, mint más fajok, hiszen a termésátlagokat szinte alig befolyásolta. Ezeket a hozamokat tovább lehetne javítani növénynemesítéssel, öntözéssel és a vetésforgóban való optimális elhelyezéssel.

Ezen felül a gazdálkodóknak segíteni kellene megbirkózni a jelenlegi éghajlati kockázatokkal azáltal, hogy időjárás előrejelző szolgáltatásokat nyújtanak számukra. A szezonális időjárás előrejelzések támogató intézkedésként használhatók a vetési és öntözési minták optimalizálásához. A gazdák bizonyos mértékig alkalmazkodhatnak az éghajlatváltozáshoz a vetési időpontok eltolásával a különböző érési időtartamú fajták kiválasztásával vagy a vetésforgó megváltoztatásával. Például természetnek olyan rövid érésű növényfajtákat, amelyek még a csúcshőmérsékleti fázis előtt beérnek. Továbbá korai figyelmeztető rendszert lehetne bevezetni a kártevők és betegségek kitörésének, változásainak nyomon követésére.

Lényeges lenne a tudatos és hatékony vízfelhasználás, mint például a gyakori, de sekély öntözés, csepegtető és locsoló öntözés nagy értékű kultúráknál, illetve az öntözés a kritikus szakaszokban. Ezenfelül a hatékony műtrágyahasználat és optimális műtrágyaadag kijuttatása is esszenciális lenne.

Növénynemesítés terén az éghajlattal szemben ellenálló, magasabb hőmérsékletet, szárazságot és sótartalmat toleráló növényfajták nemesítését lehetne szorgalmazni. Emellett nagyobb napi hozampotenciállal rendelkező növények genotípusát kellene kiválasztani a termesztési időszakok hő által kiváltott csökkenése miatti termésveszteség ellen.

Kulcsfontosságú lenne egy hosszú távú földhasználati terv kidolgozása az élelmezésbiztonság és az éghajlati ellenálló képesség biztosítása érdekében.

Még a klímaváltozás nélkül is nagyobb befektetésekre van szükség a mezőgazdasági tudományba és technológiába, hogy kielégítsük a világ népességének szükségleteit, amely 2050-re várhatóan eléri a 9 milliárd főt. Ezek közül sokan a fejlődő világban fognak élni, magasabb jövedelmük lesz és sokszínűbb étrendre fognak vágyani. A mezőgazdasági tudományos és technológiai alapú megoldások elengedhetetlenek ezeknek az igényeknek a

kielégítéséhez. Az éghajlatváltozás új és nagyobb kihívásokat támaszt a mezőgazdasági termelékenységgel szemben. A növénytermesztés és az állattenyésztés termelékenységét javító kutatás, plusz a biotechnológia is elengedhetetlen lesz a klímaváltozás okozta stressz leküzdéséhez. Olyan növényekre és állatállományra van szükség, amelyek a termelési környezetek széles skálájában észszerűen jól teljesítenek. A metánkibocsátás csökkentése érdekében kutatások szükségesek az állatok étrendi változásaival és az öntözés gyakorlat megváltoztatásával kapcsolatban. A vidéki infrastruktúra elengedhetetlen ahhoz, hogy a gazdálkodók kihasználhassák a jobb növényfajták és gazdálkodási technikák előnyeit. A magasabb terméshozam és a megművelt terület megköveteli a vidéki úthálózatok sűrűségének fenntartását és növelését a piacokhoz való jobb hozzáférés és a költségek csökkentése érdekében. Az öntözési infrastruktúrába is szükség van beruházásokra, különösen a vízfelhasználás hatékonyságának javítása érdekében, de ügyelni kell arra, hogy elkerüljük a beruházásokat azokon a helyeken, ahol valószínűleg csökken a rendelkezésre álló víz.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Diplomadolgozatom témája a lehetséges összefüggések keresése Magyarország klímájának 11 év alatt történő változása és a hüvelyes növények termésképzése között. Ennek megvalósításához olyan szakirodalmakat kellett elolvasnom, melyek alapján megismerhettem az éghajlatváltozás általános következményeit globális és helyi szinten is, a klímaváltozás mezőgazdaságra gyakorolt hatásait és a hüvelyes növények abiotikus stresszre adott válaszait. Ezek ismerete alapján végeztem el az adatgyűjtést.

Először is szükségem volt különböző meteorológiai adatokra (hőmérséklet, csapadék, páratartalom, nyomás) a tervezett vizsgált időszak kezdetétől, 2012. 02. 01-től a végéig, 2022. 09. 30-ig. A National Centers for Environmental Information (NCEI) honlapjáról 31 magyarországi meteorológiai állomás archív adatait töltöttem le. Az adatok „csv” formátumú szövegfájlokban kerültek letöltésre, majd MySQL adatbázisba importálva, ami után alkalmassá váltak különböző szempontok szerinti lekérdezésre, kombinálásra. Összesen 122.718 napi adatsor állt rendelkezésre, ami alkalmas volt a szükséges statisztikák elkészítéséhez.

A meteorológiai adatok mellett a vizsgált növények (szója, zöldborsó, zöldbab) vetésterületére, betakarított termésmennyiségére és termésátlagára is szükségem volt. Az említett adatokhoz a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) és a Food and Agriculture Organization (FAO) oldalán jutottam hozzá.

Az adatok feldolgozása után a kiértékelésükhöz statisztikai elemzési módszert alkalmaztam. A meteorológiai eredményeket éghajlati tényezőnként értékeltem a tanulmányozott hüvelyes növények vegetációs időszakában a vizsgált évek (2012-2022.) összehasonlításával: éves átlaghőmérsékelt, éves átlag csapadékmennyiség és éves átlag relatív páratartalom 5 körzetre osztva. A szója, zöldborsó és zöldbab esetében a termőterületet, betakarított termésmennyiséget és termésátlagot vizsgáltam 2012. és 2021. között, az egyes évek összevetésével. Az eredmények segítségével sikerült összefüggéseket találnom Magyarország klímaváltozása és a hüvelyes növények termésképzése között.

Röviden összefoglalva, a meteorológiai eredményekből kiderült, hogy a globális felmelegedés okozta éghajlatváltozás hazánkat is nagy mértékben érinti, hisz az éves átlaghőmérséklet egyértelműen növekedett a vizsgált évek során a vegetációs időszakokban, az éves átlag csapadékmennyiség és relatív páratartalom pedig csökkent. Ezen tényezők változásainak mezőgazdaságra gyakorolt általános hatásai negatívak, viszont a tanulmányozott hüvelyes növények termésátlagai azt bizonyítják, hogy bizonyos kultúrák jobban képesek alkalmazkodni a megváltozott környezethez, mint más fajok.

Ezen ismeretek tudatában fontos lenne komolyan venni a klímaváltozást és annak következményeit, valamint a hüvelyes növények mérséklő hatását az éghajlatváltozás veszélyeivel szemben, illetve fontos szerepét az élelmezésbiztonságban, a környezetben és az egészségben.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni családomnak, hogy a munka során mindvégig mellettem álltak és támogattak. Itt kiemelném édesapámat, aki rengeteget segített az adatok keresésében, lekérdezésében, feldolgozásában, illetve kisfiamat a végtelen türelméért.

Továbbá köszönetet szeretnék mondani konzulensemnek, dr. Tarnawa Ákosnak a munkámhoz adott tanácsaiért és segítségeiért, valamint azért, hogy mindig bizalommal fordulhattam hozzá kérdéseimmel.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Kaddo, Jameel R. "Climate Change: Causes, Effects, and Solutions." *A with Honors Projects* 164 (2016): 14.
- [2] Mahato, Anupama. „Climate Change and Its Impact on Agriculture” 4, sz. 4 (2014).
- [3] C, Nelson, Gerald, Rosegrant W Mark, Koo Jawoo, Robertson Richard, Sulser Timothy, Zhu Tingju, Ringler Claudia, és mtsai. *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*. Intl Food Policy Res Inst, 2009.
- [4] Dutta, Asik, Ankita Trivedi, Chaitanya P. Nath, Debjyoti Sen Gupta, és Kali Krishna Hazra. „A Comprehensive Review on Grain Legumes as Climate-smart Crops: Challenges and Prospects”. *Environmental Challenges* 7 (2022. április 1.): 100479. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100479>.
- [5] Reiter, Paul. "Climate Change and Mosquito-Borne Disease." *Environmental Health Perspectives* 109 (2001): 21.
- [6] Encyclopedia Britannica. "Little Ice Age | Geochronology." Accessed November 1, 2020.
- [7] ResearchGate. "Fig. 1. Global Temperature Anomaly. This Figure Plots the Global..." Accessed November 1, 2020.
- [8] Parry, ML, O Canziani, JP Palutikof, Paul van der Linden, and CE Hanson. "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability." In *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 24, 2007.
- [9] IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/>.
- [10] Tubiello, Francesco N., Jean-François Soussana, és S. Mark Howden. „Crop and Pasture Response to Climate Change”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, sz. 50 (2007. december 11.): 19686–90. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701728104>.
- [11] Ainsworth, Elizabeth A., és Stephen P. Long. „What Have We Learned from 15 Years of Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment (FACE)? A Meta-Analytic Review of the Responses of Photosynthesis, Canopy Properties and Plant Production to Rising CO<sub>2</sub>”. *New Phytologist* 165, sz. 2 (2005): 351–72. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01224.x>.
- [12] Gutierrez-Gonzalez, Juan Jose, Xiaolei Wu, Juan Zhang, Jeong-Dong Lee, Mark Ellersieck, J. Grover Shannon, Oliver Yu, Henry T. Nguyen, és David A. Sleper. „Genetic control of soybean seed isoflavone content: importance of statistical model and epistasis in complex traits”. *TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik* 119, sz. 6 (2009. október): 1069–83. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1109-z>.
- [13] Ross, D.J., P.C.D. Newton, és K.R. Tate. „Elevated [CO<sub>2</sub>] Effects on Herbage Production and Soil Carbon and Nitrogen Pools and Mineralization in a Species-Rich, Grazed Pasture on a Seasonally Dry Sand”. *Plant and Soil* 260, sz. 1 (2004. március 1.): 183–96. <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000030188.77365.46>.
- [14] Luck, J., M. Spackman, A. Freeman, P. Tre bicki, W. Griffiths, K. Finlay, és S. Chakraborty. „Climate Change and Diseases of Food Crops”. *Plant Pathology* 60, sz. 1 (2011): 113–21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02414.x>.
- [15] Ziska, Lewis H., Dana M. Blumenthal, G. Brett Runion, E. Raymond Hunt, és Hilda Diaz-Soltero. „Invasive Species and Climate Change: An Agronomic Perspective”. *Climatic Change* 105, sz. 1–2 (2011. március): 13–42. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9879-5>.



- [16] Zvereva, E. L., és M. V. Kozlov. „Consequences of Simultaneous Elevation of Carbon Dioxide and Temperature for Plant–Herbivore Interactions: A Metaanalysis”. *Global Change Biology* 12, sz. 1 (2006): 27–41. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01086.x>.
- [17] Solomon, Susan, Intergovernmental Panel on Climate Change, és Intergovernmental Panel on Climate Change, szerk. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2007.
- [18] Aggarwal, P.K., P Batima, Keith Brander, E. Lin, Stuart Howden, Andrei Kirilenko, J Morton, és mtsai. „Food, fibre and forest products”. *Current*, 2007. január 1., 273.
- [19] Antle, John M., Susan M. Capalbo, Edward T. Elliott, és Keith H. Paustian. „Adaptation, Spatial Heterogeneity, and the Vulnerability of Agricultural Systems to Climate Change and CO<sub>2</sub> Fertilization: An Integrated Assessment Approach”. *Climatic Change* 64, sz. 3 (2004. június 1.): 289–315. <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000025748.49738.93>.
- [20] Calles, Teodoro. „Preface to Special Issue on Leguminous Pulses”. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 127, sz. 3 (2016. december 1.): 541–42. <https://doi.org/10.1007/s11240-016-1146-7>.
- [21] Balázs, Bálint, Eszter Kelemen, és Diana Szakál. „Transitions of Legume-Based Agrifood Systems - Stakeholders' View from Hungary”. *The International Journal of Sociology of Agriculture and Food* 27, sz. 1 (2021. június 28.): 119–40. <https://doi.org/10.48416/ijaf.v27i1.89>.
- [22] Vasconcelos, Marta, Michael Grusak, Elisabete Pinto, Ana Gomes, Helena Ferreira, Bálint Balázs, Tiziana Centofanti, és mtsai. „The Biology of Legumes and Their Agronomic, Economic, and Social Impact”, 3–25, 2020. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4752-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4752-2_1).
- [23] Basal, Oqba, és András Szabó. „Does Drought Stress Always Negatively Affect the Yield and Quality of Soybean in Hungary?” *Acta Agraria Debreceniensis*, sz. 2 (2019. december 15.): 37–40. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/2/3676>.
- [24] Cramer, Grant R., Kaoru Urano, Serge Delrot, Mario Pezzotti, és Kazuo Shinozaki. „Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective”. *BMC Plant Biology* 11, sz. 1 (2011. november 17.): 163. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>.
- [25] De Paola, Francesco, Maurizio Giugni, Maria Elena Topa, és Edoardo Bucchignani. „Intensity-Duration-Frequency (IDF) rainfall curves, for data series and climate projection in African cities”. *SpringerPlus* 3, sz. 1 (2014. március 9.): 133. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-133>.
- [26] Mutava, Raymond N., Silvas Jebakumar K. Prince, Naeem Hasan Syed, Li Song, Babu Valliyodan, Wei Chen, és Henry T. Nguyen. „Understanding Abiotic Stress Tolerance Mechanisms in Soybean: A Comparative Evaluation of Soybean Response to Drought and Flooding Stress”. *Plant Physiology and Biochemistry: PPB* 86 (2015): 109–20. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.11.010>.
- [27] Wang, Wen-Bin, Yun-Hee Kim, Haeng-Soon Lee, Ki-Yong Kim, Xi-Ping Deng, és Sang-Soo Kwak. „Analysis of Antioxidant Enzyme Activity during Germination of Alfalfa under Salt and Drought Stresses”. *Plant Physiology and Biochemistry: PPB* 47, sz. 7 (2009. július): 570–77. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2009.02.009>.
- [28] Wu, C., Q. Wang, B. Xie, Z. Wang, J. Cui, és T. Hu. „Effects of Drought and Salt Stress on Seed Germination of Three Leguminous Species”. *African Journal of Biotechnology* 10, sz. 78 (2011): 17954–61. <https://doi.org/10.4314/ajb.v10i78>.

- [29] Pantola, Suman, . Vibhuti, Kiran Bargali, és Surendra Bargali. „Screening of three leguminous crops for drought stress tolerance at germination and seedling growth stage”. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 87 (2017. április 1.). <https://doi.org/10.56093/ijas.v87i4.69351>.
- [30] Khan, M. Ajmal, és Salman Gulzar. „Germination Responses of Sporobolus Ioclados: A Saline Desert Grass”. *Journal of Arid Environments* 53, sz. 3 (2003. március 1.): 387–94. <https://doi.org/10.1006/jare.2002.1045>.
- [31] Mwale, S.S., Coillard Hamusimbi, és K. Mwansa. „Germination, emergence and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to osmotic seed priming”. *Seed Science and Technology* 31 (2003. április 1.): 199–206. <https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.1.21>.
- [32] Basal, Oqba, és András Szabó. „The Combined Effect of Drought Stress and Nitrogen Fertilization on Soybean”. *Agronomy* 10, sz. 3 (2020. március): 384. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030384>.
- [33] Wei, Yanqi, Juliang Jin, Shangming Jiang, Shaowei Ning, és Li Liu. „Quantitative Response of Soybean Development and Yield to Drought Stress during Different Growth Stages in the Huaibei Plain, China”. *Agronomy* 8, sz. 7 (2018. július): 97. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070097>.
- [34] „Climate Data Online (CDO) - The National Climatic Data Center’s (NCDC) Climate Data Online (CDO) provides free access to NCDC’s archive of historical weather and climate data in addition to station history information. | National Climatic Data Center (NCDC)”. <https://www.ncei.noaa.gov/cdo-web/>.
- [35] „How Do I Calculate Dew Point When I Know the Temperature and the Relative Humidity?” <https://iridl.ldeo.columbia.edu/dochelp/QA/Basic/dewpoint.html>.
- [36] „Központi Statisztikai Hivatal”. <https://www.ksh.hu/>.
- [37] „FAOSTAT”. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>.

4. sz. függelék – Hallgatói és konzulensi nyilatkozat minta

**NYILATKOZAT**

Alulírott SZENTGYÖRGYI FLÓRA, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, SZENT ISTVÁN Campus, NÖVÉNYTERMESZTŐ MÉRNÖKI MSc 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: GÖDÖLLŐ, 2023. év 04 hó 28 nap

Szentgyörgyi Flóra  
Hallgató

**NYILATKOZAT**

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

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom\*.

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

Kelt: Gödöllő, 2023. év november hó 2. nap

Tarnamón Albert  
Belső konzulens

\*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!