

Budapesti Corvinus Egyetem
Kertészettudományi Kar
Budapest

Klímváltozási scenáriók értékelése a kukorica egyedfejlődésének
szimulációs modellezése alapján

Boksai Daniella

Témavezető: Dr Hufnagel Levente, PHD. egyetemi adjunktus
Szakmai konzulens: Dr Ferenczy Antal, PHD. egyetemi főtanácsos
BCE, Matematika és Informatika Tanszék

Tanszéki bíráló

Külső bíráló

Budapest, 2006.

Látta

Tanszékvezető

.....

Témavezető

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés.....	5
2. Irodalmi áttekintés.....	7
2. 1. Klímaváltozás.....	7
2. 2. Szimulációs modellezés.....	12
2. 3. A kukorica klimatikus igényei.....	14
2. 4. Szimulációs modellek a kukoricatermesztésben.....	17
3. Anyagok és módszerek.....	19
3. 1. A vizsgálat anyaga.....	19
3. 1. 1. Adatok.....	19
3. 1. 2. A 4m31 beállításai.....	20
3. 2. A vizsgálat módszerei.....	22
3. 2. 1. Modellezési módszerek.....	22
3. 2. 2. Statisztikai értékelés módszerei.....	23
4. Eredmények.....	24
4.1. Klíma változási scenáriók összehasonlítása.....	24
4.1.1. GFDL2534.....	24
4.1.2. GFDL5564.....	24
4.1.3. UKHI.....	25
4.1.4. UKLO.....	26
4.1.5. UKTR3140.....	26
4.2. A kukorica fejlődési paramétereinek alakulása különböző scenáriók esetén..	27
4.2.1. Második fenofázis.....	27
4.2.2. Harmadik fenofázis.....	27
4.2.3. Negyedik fenofázis.....	28
4.2.4. Ötödik fenofázis.....	30
4.2.5. Hatodik fenofázis.....	31
4.2.6. Hetedik fenofázis.....	32
4.2.7. Nyolcadik fenofázis.....	35

4.3. Öntözési kísérletek.....	37
4.3.1.Öntözés1 (5x30 mm júliusban).....	37
4.3.2. Öntözés2 (5x30 mm júliusban, 4x20 mm augusztusban).....	37
4.3.3. Öntözés3 (3x80 mm vetés előtt, 5x80 mm augusztusban).....	37
5. Tézisek.....	39
6. Megvitatás.....	40
7. Összefoglaló.....	43
8. Summary.....	44
9. Köszönetnyilvánítás.....	45
10. Irodalomjegyzék.....	46

Kell-e grafikon lista? Hogyan kell hivatkozni az ábrákra a szövegben?



1. Bevezetés és célkitűzés

Napjaink izgalmas, és egyben sokat vitatott kérdése, hogy milyen mértékű globális klímaváltozás várható, és annak milyen regionális megvalósulásai lehetnek. Végül pedig a klímaváltozásoknak milyen hatásai lehetnek a természeti környezetre és a gazdasági életre. Ha kvantitatív következtésekre akarunk jutni, akkor tudományosan megalapozott becslési módszerekre van szükségünk.[Kovács, Fodor 2005]

Az éghajlat esetleges jövőbeni megváltozásának becslése napjaink egyik legsürgetőbb tudományos kérdése. Az éghajlatváltozás tanulmányozásához megbízható mérési adatsorokra van szükség. Elengedhetetlen az éghajlati adatbázis folyamatos fejlesztése, a hosszú hőmérsékleti, csapadék és egyéb éghajlati idősorok statisztikai elemzése.

Éghajlatunk lehetséges jövőbeni alakulását klímamodellekkel szimulálják. A kutatók által előrevetített globális felmelegedés lokális következményeit hazai vizsgálatok is **elemzik**.

Megjegyzés [B.D1]: Ide kell K. Gézától vmi publikáció

A XXI. század első felére a Kárpát- medencében is határozott felmelegedés várható; az évi csapadék mennyiség csökkenésére, valamint az aszályhajlam növekedésére számíthatunk. Ezek a változások jelentős hatást gyakorolhatnak környezetünkre, mezőgazdaságunkra is.

A legkézenfekvőbb előre jelzési módszer a klíma jövőbeni alakulására az, ha kivetítjük a közelmúlt változási tendenciáit a közeljövőre.[Nánási 2005]

Ma a hosszú évek monitoring munkájának köszönhetően kiterjedt adatbázisok állnak rendelkezésünkre, melyekkel számos probléma megoldása könnyebbé válik.

Ahhoz, hogy ezekből a hatalmas méretű, összefüggő adatbázisokból eredményeket, következtetéseket vonhassunk le elengedhetetlenül szükséges volt a számítástechnika ugrásszerű fejlődése. Az elmúlt évtizedekben számos speciális felhasználói program és statisztikai módszer született az elemzések elvégzésére.

A globális klímaváltozásnak komoly következményei várhatók a mezőgazdaságban is.

Az időjárás befolyásolja a növények, így a kukorica, egyedfejlődését, szemtermés és biomassa mennyiségét is.

Munkámmal kapcsolódni kívántam a Budapesti Corvinus Egyetem Matematika és Informatika Tanszékén folyó klímaváltozással kapcsolatos modellezési kutatásához, amelyek Harnos Zsolt akadémikus vezetésével fontos szerepet játszanak a hazai (VAHAVA és VAHAVA2) és nemzetközi (ADAM-EuC) projektekben.

Dolgozatom célja az éghajlatváltozás hatásának vizsgálata a kukorica adott fenológiai fázisainak hosszára és a fázisok kezdő napjának időpontjára.

A vizsgálat legfontosabb céljai:

- Szimulációs kísérletek végzése, hogy a különböző scenáriók bekövetkezése esetén, hogyan alakulna a kukorica, fenofázisainak hossza és kezdő napja..
- A klímaváltozási scenáriók és a kukorica fejlődési paramétereinek értékelése

2. Irodalmi áttekintés

2. 1. Klímaváltozás

Amióta létezik a Föld, éghajlata folyamatosan változik, néha gyorsabban, máskor lassabban. [Láng, 2006]

A XIX. század közepétől folyamatosan és egyre intenzívebben jelentkező környezeti problémák közös vonása, hogy valamennyi emberi tevékenység következtében jött létre. A jelenségek által érintett területek sajnálatosan egyre növekednek. A földi környezetre károsan ható folyamatoknál már most olyan a változás mértéke, hogy akár egy emberélet alatt is bárki érzékelheti hatását.

Alig van az emberi tevékenységnek olyan része, melyet közvetlenül vagy közvetve ne befolyásolnának az időjárási jelenségek, az éghajlat módosulása. Földünk története során az éghajlat is folyamatosan változott és szinte minden év, évszázad, évezred hozott valamilyen új éghajlati rekordot. Nagy jeletőségű e változások amplitúdójának és időskálájának becslése tudnunk kell, mikor juthat egy régió éghajlata olya tartományba, mely már veszélyezteti a térség gazdaságát, őshonos mezőgazdaságát.

Az esetlegesen bekövetkező változások veszélye abban rejlik, hogy a földi légkör olyan hőmérsékleti tartományba léphet, melyben ősidők óta nem volt.[Nánási, 2005]

A mostani helyzet abban új, hogy az emberi tevékenység nemcsak a mikro- és makroklímát, hanem a globális klímát is befolyásolja [Láng, 2006].

A Föld egyértelmű vészjeleket küld. A legfontosabbakat kiemelve: a légkörben emelkedik az üvegházhatású gázok aránya, magasabb a hőmérséklet, melegek a tengerek, olvadnak a gleccserek, gyakoribbak az erdő és bozóttüzek, tartós aszályok és helyenként özönvizek jelennek meg, hegyi patakok elapadnak, korábban tavaszodik és virágoznak a növények, változnak a rovarok, madarak és halak élőhelyei, melyek magasabb földrajzi szélességekre tolódnak (Láng, 2006). Tényként említve, az elmúlt másfél évszázad alatt Föld felszín közeli léghőmérséklete 0,6-0,8°C-kal emelkedett. (Bartholy, 2004)

A változások globális vizsgálata az 1970-1980-as évek óta kiemelt szerepet tölt be a témára szakosodott szakemberek körében (Láng, 2006). A probléma jelentőségét bizonyítja, hogy 1992-ben Rio de Janeiro-ban, 1997-ben Kiotóban, majd 2002-ben Johannesburgban gyűltek össze.

Magyarország éghajlatát az óceáni, a mediterrán és a kontinentális klíma együttesen határozzák meg. A Kárpát-medence domborzati hatásaival együtt, változékony éghajlatot eredményeznek (Harnos N., 2003).

Az éves csapadékmennyiség a XX. században jelentősen csökkent. Elsősorban tavasszal, amikor az évszakos csapadékösszeg a század eleinek mintegy 75%-a. A nyári csapadékmennyiség összege lényegében nem változott az elmúlt száz évben. Régebben is voltak száraz nyarak, azonban a fokozatosan növekvő nyári hőmérséklet miatt az újabb száraz időszakok káros hatása jóval nagyobb. Az őszi és téli csapadékcsökkenés 12-14%-os.

Az eddigi ismeretek alapján feltételezhető, hogy Magyarországon hosszú távon fokozatos felmelegedés, a csapadék mennyiségének csökkenése és a szélsőséges időjárási viszonyok gyakoriságának, valamint intenzitásának növekedése várható (Láng, 2006).

Hazánkban az éghajlatváltozás szempontjából legérzékenyebb területek az Alföld, valamint a Balaton Sió vízgyűjtője (Bartholy et al., 2004). A szerzők szerint az Alföldön a csapadék gyakorisága várhatóan csökken, a hőmérséklet esetén az évszakos felmelegedés mértéke 01-05°C közötti, ennél nagyobb hőmérsékletváltozást csak összesen várhatunk, összességében az évi hőmérsékletemelkedés várható értéke 0,7°C.

A klíma változásaival és ezzel kapcsolatos jövőbeni hatásokkal már több évtized óta világszerte nagyszámú külföldi közlemény jelenik meg. (pl. Bale és mtsi., 1992; Dennis

és Shreeve, 1991; Pollard és Yates, 1992; Jansen, 1995; Kreiter, 1997; Nash és Aggassiz, 1991)

Hazánkban is egyre növekvő számú cikk és összefoglaló kiadvány foglalkozik (pl. Stott és Kettleborough, 2002; Vinnikov és Grody, 2002; Bussay és mtsi., 1999; Mészáros, 2001; Mika, 2002; Pálfi és mtsi., 1999) ezzel a témával.

A nyolcvanas években már intenzíven foglalkoznak a klímaváltozás olyan nyilvánvaló velejárójával, mint a légköri széndioxid szintjének nagyfokú emelkedésével, illetőleg ennek következményeivel (Cure és Acock; 1985; Gifford, 1979; Kendall et al., 1985; Nonhebel 1996; Webb, 1991). A kilencvenes évek elején erről már gazdag összefoglalások is születnek (Lawlor és Mitchell, 1991).

Az éghajlat várható, jövőbeli alakulása forgatókönyvek, scenáriók segítségével adható meg. A forgatókönyv az éghajlat egy lehetséges jövőbeli állapotát írja le, vagy statisztikai paraméterek vagy szimulációs modellek segítségével (Varga-Haszonits, 2003).

Az időjárás modellezésével világszerte és Európában is számos meteorológiai intézet foglalkozik a klímaváltozást is ábrázoló előrejelzés céljával. Az általános cirkulációs, vagy más néven globális klimatikus modellek (*General Circulation Models*, vagy *Global Climate Models*, rövidítve GCM) a légkör, az óceán és a földfelszín fizikai folyamatait írják le numerikusan, ma már többnyire három dimenzióban. A Föld klímájára nézve előrejelezni képesek a növekvő üvegházhatás következményeit. A GCM-ek jellemzően durva felbontásúak (250-600 km), ennek köszönhetően jó néhány fizikai folyamat modellezésére alkalmatlanok (pl. a felhők, hegyek szerepe), s regionális alkalmazásuk előtt gondos leskalázásukra van szükség. Minél jobb a leskalázási módszer, annál jobb regionális éghajlati előrejelzést ad. Az így nyert eredmények magasban jobbak a rácsnégyzetekre közvetlenül vagy interpolációval megadott GCM adatoknál. Ilyen jellegű vizsgálatokat hazánkban többen is végeztek (Bartholy és Matysovsky, 1998; Bartholy et al., 2001; Mika és Wantuchné Dobi I., 1998; Mika, 2002; Varga-Haszonits, 2003).

Sajnos az időjárás modellezésének mai eredményei még számos bizonytalanságot hordoznak magukban.

Az IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) az üvegházhatású gázok, illetve a szulfátok kibocsátásának függvényében kidolgozta a következő száz évre a várható időjárási paraméterek (havi átlagos) értékeit. Az általuk működtetett központon

(*Data Distribution Centre*, DDC) keresztül az adatokat hozzáférhetővé tették. Az IPCC eredményeit ma világszerte általánosan elfogadott alapelvként alkalmazzák.

A Hadley Intézet (Anglia) által készített GCM-ek három fő típusba sorolhatóak, a későbbiek mindig a korábbiak fejlesztéseként jöttek létre, tehát amit a korábbi változatok tudnak, az érvényes a későbbiekre is:

- Légkör-modell egyrétegű óceáni és egyszerű földfelszíni modellel összekapcsolva, mely még csak kétdimenziós, síkmodell. Ez a modell rövidtávú (néhány tíz éves) előrejelzésre alkalmas, és nem köthető naptári évhez. Ez alapján készültek az UKLO, (1987) és UKHI (1990) ún. egyensúlyi klímaszenáriók, melyek a földfelszín hőmérsékletét, a csapadékot, a talajnedvességet, a tengerszintet, a jégborított területek nagyságát és az óceáni jég térfogatát becsülik megkétszereződött légköri CO₂-koncentráció mellett az egyensúly beállta után. A szenáriók csak a modellbeli felbontásban különböznek. (LO=alacsony, durvább, HI=magasabb, finomabb felbontás).
- Légkör-modell 3D óceáni és 2D földfelszíni modellel összekapcsolva. A belőle készült szenárió az úgynevezett UKTR (1992), mely a korábbi modelleknek egy ún. tranziens továbbfejlesztése, fokozatosan növekvő CO₂ mellett vizsgálja a szintén fokozatosan változó klímát. Ez a modell már hosszútávú (több száz éves) előrejelzésre is alkalmas, és naptári évhez is köthető.
- Légkör-modell 3D óceáni és 3D földfelszíni (bioszféra) modellel összekapcsolva. Ebből készültek a HadCM1 (1994), HadCM2 (1995), és HadCM3 (1998) szenáriók.

A Hadley Intézet által készített modellek is egységesen azt az általánosan elfogadott tendenciát feltételezik, mely szerint az elkövetkező évszázadban a széndioxid-kibocsátás hatására a légköri széndioxid-koncentráció megkétszereződik (Ladányi, 2006).

A GFDL (*Geophysical Fluid Dynamics Laboratory*, USA) által készített GCM-ek (GFDL2535, GFDL5564) nagy felbontású szimulációs modellek, melyek a sarkokon lévő jégvastagság változásából indulnak ki, és ezek hatásaként dolgozták ki előrejelzéseiket, figyelembe véve az üvegházhatású gázok kibocsátásának mennyiségét, illetőleg a légköri széndioxid-koncentráció mértékét. Az említett két szenárió csak felbontásban különbözik egymástól (a későbbi finomabb felbontású). Az előrejelzéseket

a 21. századra adták meg azzal a feltevéssel, hogy évente 1%-kal növekszik a légköri széndioxid-koncentráció (Lamb, 1987; Varga–Haszonits, 2003)

A jelenlegi feltételekkel futtatott BASE scenárió, ami ezáltal a mai viszonyokhoz legjobban hasonlít és lehetővé teszi a scenáriók megbízhatóságának ellenőrzését.

A klímaváltozással kapcsolatos tudományos eredmények az ún. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) jelentésekben kerülnek összesítésre. Ezen programban Magyarország is részt vesz.

2. 2. A szimulációs modellezés

Míg a huszadik század kiemelkedő elméleti fizikusait minden természettudós ismeri, addig az elméleti ökológia megalapozóiról csak kevesen hallottak. Többségük (pl. Sir Ronald Ross, William R. Thompson, Vito Volterra) valamilyen konkrét gyakorlati probléma megoldásához alkalmaztak matematikai modelleket. Az általános elméleti kérdésekre koncentráló Alfred J. Lotka inkább kivételnek számított.

Ronald Ross, foglalkozására nézve orvos, a maláriafertőzés biológiai ökológiai hátterét felfedő kutatásait 1902-ben Nobel-díjjal jutalmazták.

Vito Volterra a matematikai fizika neves professzora volt. Mint igazi fizikus a probléma lehető legegyszerűbb matematikai modelljét vizsgálta: egyetlen ragadozó és egyetlen zsákmány faj **denzitásának** változását egy kétváltozós közönséges differenciál-egyenletrendszerrel írta le (Scheuring, 2004).

Megjegyzés [B.D2]: Nándina k nem tetszik ez a szó! Nekem tetszik! Mi legyen vele?

Lotka az élőlények energiáramlásának leírásával foglalkozott (Ladányi, 2006).

A többi természettudományhoz hasonlóan a matematika szerepe az ökológiában a mintázatok mögött húzódó mechanizmusok felderítése. A rendszereket leíró matematikai modellek sokfélék és bonyolultak. A modellezés egyik legfontosabb erénye, hogy a modellek alapján egyértelműen megfogalmazott feltételek mellett határozott, sokszor nagyon éles következtetéseket lehet megfogalmazni (Scheuring, 2004).

Összefoglalva: a természettudományok a matematika nyelvén íródnak. Természetesen az ökológia ebből a szempontból sem kivétel, bár a folyamatok matematikai modellezése egyelőre szerényebb sikereket képes felmutatni, mint az élettelen természettudományok. Ennek legalább három oka van: egyrészt a vizsgálat tárgya rendkívül összetett, másrészt a kísérletezés és terepi adatgyűjtés is számos nehézségbe

ütközik, harmadrészt ez a tudományterület rengeteg új matematikai módszer kifejlesztését is igényli.

A szimulációs módszerek megjelenése a mezőgazdaságban összefügg a rendszerelmélet térhódításával és a valóság mind pontosabb megismerésének szinte napról napra fokozódó igényével. Nagyobb rugalmasságukkal a szimulációs módszerek új távlatokat nyitnak meg az agrárgazdasági kutatásokban és a különböző szintű mezőgazdasági döntések jobb megalapozására irányuló törekvések kielégítésében. A mezőgazdaság véletlen hatásokkal átszótt, biológiai alapokon nyugvó, dinamikus jellegű termelő folyamata igen kedvező terep a szimuláció alkalmazása számára.

A szimulációs modellek lehetővé teszik a mezőgazdasági ökológiai rendszerek elemzését, a várható tendenciák előrejelzését és a hatalmas mennyiségű tudásanyag összefogását. Segítségükkel jól leírhatók a paraméterek, használatukkal lehetőség nyílik a gyakorlatban nehezen vizsgálható körülmények (például a klímaváltozás) elemzésére (Harnos N., 2003).

2.3. A kukorica klimatikus igényei

A kukorica származását tekintve trópusi növény, ennek megfelelően először a trópusi és szubtrópusi területeken terjedt el. A termesztés, majd az állandó szelekció hatására azonban jelenlegi termesztési körzete nagyon kiterjedt, és a legnagyobb termést nem a származási helyének tekinthető trópusokon adja, hanem mérsékelt égövi körülmények között, ahol intenzíven művelik. A kukorica termesztési határa Európában az 50. szélességi fokig terjed.

A kukorica termésmennyiségét leginkább befolyásoló tényezők a hőmérséklet és a csapadék.[Menyhért, 1979]. De Varga-Haszonits (1987) ide sorolja a globál sugárzást is. Kedvező, ha a napi középhőmérséklet már április 15. előtt tartósan meghaladja a 10°C-ot és ez alá csak október 20. után csökken.[Menyhért, 1979]. Áprilisban a magas átlag hőmérséklet a gyors kelés feltétele, míg júliusban illetve augusztusban is a magas hőmérséklet a termékenyülés, terméskötés feltétele. Májusban a kevésbé meleg idő, a gyors, egyenletes vegetatív fejlődést segíti.[Menyhért, 1979]. Balázs szerint a mag keléséhez szükséges minimum hőmérséklet 10°C, az optimális fejlődéshez 22-25°C a megfelelő, de 35°C felett már károsodás léphet fel. Ezzel szemben Varga-Haszonits (1974) vélekedés a következő: a csírázáshoz 8-14°C közötti érték tekinthető jónak, degradáció viszont csak 40°C felett tapasztalható. Az átlagos hőmérsékleti értékek a vegetáció alatt befolyásolják a szár – gyökér arányt. Általában a szár- gyökér arány a

fejlődési optimumig javul a szár javára, azaz az optimumhoz közeli hőmérsékleti értékeknél azonos gyökértömeg mellett lényegesen több zöldtömeget nyerünk. A gyökértömeg 30°C felett már nem képes a föld feletti részeket elég vízzel ellátni, így az életfolyamatok megakadnak. Ha azonban a nedvesség ellátás jó és a levegő relatív nedvességtartalma magas, akkor a kukorica még 35°C felett is kielégítően fejlődhet. Általában azonban a mi klímánk mellett az a jellemző, hogy a nagy meleg viszonylag alacsony légnedvességgel jár együtt, ami igen megnöveli a párolgást és a fagymentes napok száma, meghaladja a 140 napot. A kukoricát ott lehet eredményesen termesztani ahol a nyári átlaghőmérséklet 21-26°C között van [Menyhért, 1979]. Nem hagyható figyelmen kívül az éjszakai hőmérséklet sem, Láng szerint a legjobb, ha nem süllyed 14-15°C alá, míg Menyhért úgy véli elég, ha meghaladja a 9°C-ot. A kukorica kedveli a magas párákat.[Láng, 1976]

A kukorica a legtöbb vizet virágzás kezdete előtti egy és virágzás utáni három héten belül igényli [Balázs, 1989]. Míg Varga-Haszonits (1977) szerint virágzás előtt 10-14 nappal. Júliusban vízigénye fokozódik (5 mm/nap), majd szeptemberig fokozatosan csökken (2 mm/nap). Ezzel szemben Ángyán (1987) szerint a nedvesség igény szeptember végéig nő. Ha egyszer van lehetőségünk az állomány öntözésére, azt mindenképpen a virágzás időszakában tegyük [Balázs, 1989]. A kukorica számára optimális éghajlaton 800 - 1000 mm az évi csapadék mennyiség. Jó vízgazdálkodású talajban az időjárás okozta kockázat csökken.[Láng, 1976]

A kukorica rövidnappalos, fényigényes növény [Balázs 1989]. A hosszú nappalok megnyújtják a vegetációs időt, több lesz a levél és méretben nagyobb a növény. Májusban alacsonyabb, júniusban, júliusban és augusztusban magas napfényigényű. Befolyásolhatja a fényintenzitás a vegetációs időszak hosszát is. Ha a fényintenzitás 30-40%-kal csökken, akkor az éréshez szükséges idő 5-6 nappal megnyúlik.

A szél nagyon fontos tényező lehet, a forró szél hiányos megtermékenyülést okozhat [Menyhért 1979].

Talaj szempontjából, a mélyrétegű, közép kötött, vályog, humuszos, jó szellőzésű talaj az optimális [Láng, 1976]. Balázs szerint kedvező talaj PH érték 5.5-6.8 közé esik, míg Menyhért úgy véli 6.3-7.0 PH az optimális. A kukorica neutrális vagy enyhén savanyú talajt kíván. A növény tápanyag igénye nagy de kisebb mikroelem hiány terméskiesést nem okoz [Balázs 1989]. A kukorica érzékeny a szikes talajok iránt, és termesztése ezért csak szelídebb szikeken ajánlatos. Nagyon érzékeny a talaj légellátottságára, ezért pangóvízes területen hamar kipusztul. Nem szereti a hideg talajokat. Nagyon sekély

(kavics- vagy kőpadon kialakult talajok) termőrétegű területeken termése igen erősen függ az időjárástól. A talaj hőmérséklete a vegetációs idő alatt egyik meghatározója lehet a kukorica kielégítő fejlődésének. A talajhőmérséklet emelkedésével fokozódik a gyökér fejlődése és növekedési intenzitása.

Varga-Haszonits (1974) szerint a kukorica legfontosabb fenofázisai, ezek hossza, bekövetkezési ideje, valamint az adott fázisokban a növény hőmérséklet, víz és globál sugárzás igényei a következők:

Vetés-kelés időszaka április 15 - május 1. (Kelés május első és második dekádja)

A fázis hossza 10-15 nap. A csapadék igény 13-25 mm. 10°C hőmérsékletnövekedés/ csökkenés 1-2 napos fázistartam növekedést / csökkenést okoz. [1974]

Kelés- címerhányás időszaka. Ez tekinthető a legfontosabb periódusnak, Ángyán szerint. (1989). (Május elején kikelt kukorica július első, második dekádjában hoz címert) A fázis hossza 60-70 nap. A globál sugárzás optimális értéke 30 kcal/ cm². A növény 18-22°C-ot igényel és 100-160 mm vizet.

Címerhányás- nővirág megjelenése (Július első v. második dekádjában bekövetkező címerhányás után pár nappal megjelennek a nővirágok). A fázis hossza 3-10 nap.

A globál sugárzás opt. értéke 2-4 kcal/ cm². Ezen életszakaszában a kukorica 19-23°C-ot és 15 mm-nél kevesebb csapadékot igényel.

Nővirág megjelenése- érés időszaka (A nővirágoknak általában július második dekádján történő megjelenése után az érés szeptember közepe és október eleje között várható)

55-75 nap a fázis hossza. A globál sugárzás 25-30 kcal/cm² között optimális, valamint a 17-21°C átlag hőmérséklet és a 70-120 mm csapadék a kedvező.

A vegetációs időszak Ángyán (1987) szerint 180-200 nap, míg Láng úgy véli, korai érésű fajtáknál 125-130 nap. Illetve Európában legalább 140 nap [Menyhért 1979].

A fázis-tartam alakulásával számszerű kapcsolatot mutat a hőmérséklet és a globál sugárzás. 1°C hőmérsékletemelkedés a fázist átlagosan 2,2 nappal rövidíti meg. A globál sugárzás összegének növekedése pedig 2 növeli a fázishosszt.

Menyhért Debrecen a 2-es kukorica termesztő körzetbe sorolta. A terület klímaadottságok szempontjából gyengének mondható. A klímaelemek átlagos relatív szórása 22%. Legszeszélyesebb a csapadék eloszlása. (Júliustól szeptemberig több mint 60%). A legjobb és a leggyengébb körzet klímaadottságaiban 38%-os eltérés mutatkozik. Ennél nagyobb termés különbség klimatikus alapon nem magyarázható.

Az évjárat hatás szempontjából Debrecen közepes adottságúnak tekinthető. A rekordévek gyakorisága > 25%, a gyenge évek gyakorisága < 40%. Három-négy gyenge, négy közepes, két- három jó év váltja egymást. Öt- hat évente hideg, borús, csapadékos az időjárás, ami nem kedvez a kukoricának.

A körzetben alternatív (száraz- öntözéses) művelés javasolt. Körülbelül 6,67 Tonna/Ha termésmennyiséget várhatunk szemben az optimális 6,91 Tonna/Ha - val. A komplex kukoricatermesztési érték szám: -1,3

Összességében, figyelembe véve a klíma-valamit az évjáráthatást is Debrecen kukorica termesztés szempontjából közepes adottságú terület.

2.4. Szimulációs modellek a kukoricatermesztésben

A klímaváltozás lehetséges hatásait vizsgálva a kukoricatermesztésre, kiderült, hogy a kísérleti körülmények erősen befolyásolják a termelést. 3 féle szcenárióval futtatva a modellt a (GISS, UKTR, BMRC) a kukorica számára a GISS paraméterei bizonyultak a legjobbnak. (A termés mennyiség 19%-al nőtt.) Míg az UKTR és a BMRC esetén 40%-al csökkent a termés mennyiség.[Brown, Rosenberg 1999]

Ha szélfogó fasorral védik a kukoricát 4,1 tonna/Ha nő a termésmennyiség, a CERES modell szerint. [Batchelor, 2005]

A terméshozam és a levelek nitrogén tartalma növekedett, 200 kg, 250 kg, 300 kg illetve 350 kg nitrogén adagolás hatására, húgysav formájában míg a gyökérhosszúsága nem változott. A COMP8 modell által jósolt nitrogén felvétel alacsonyabb volt, mint a valós. [Ibrikci, 1998]

A kukorica szárazanyag tartalmára vonatkozó kísérletben, vetés után 20 hét elteltével rohamosan csökken a növényi N tartalom, Overman szerint. (2004)

2040-2069-es éveket szimulálva több napsütés esetén, 2,6-7,5 Tonna/Ha (40%-115%) nőtt a termés mennyiség. A CO₂ közvetlen atmoszférikus hatását figyelmen kívül hagyták, a kísérlet során. Magas energiájú és fehérje tartalmú szántóföldi növények a meleg klímát jól viselik.[Bootsma, 2005]

3. Anyagok és módszerek

3.1. A vizsgálat anyaga

Megjegyzés [B.D3]: Leírás a 4m-ről!

A modern mezőgazdasági kutatásban a szántóföldi kísérlet mellett a számítógépes szimuláció is szerepet kap. Célunk a különböző időjárási scenáriók magyarországi kukoricatermesztésre gyakorolt hatásának vizsgálata. Ennek megvalósításához a következő adatokat, információkat használtuk fel.

3.1.1. Adatok

Kísérletünk helyszínéül Debrecen választottuk, melynek oka, hogy a vizsgálandó meteorológiai alap és képzett adatsorok Debrecen mostani és eljövendő éghajlatát szimulálják. Debrecen figyelembe vett adatai:

Szélesség [°]	45.5
Hosszúság [°]	21.5
Tengerszint feletti magasság [m]	150

Vizsgálataink során 6 scenárió kukoricatermesztésre gyakorolt hatását hasonlítottuk össze. Minden scenárió 31 évvel szerepelt és 4 meteorológiajellemezőt tartalmazott: Globálsugárzás (MJ/m²), maximum és minimum hőmérséklet, csapadék naponta mért értékei.

A scenáriók jellegzetességei:

A BASE szolgál összehasonlítási alapul, mely reprezentálja a jelenlegi debreceni időjárást.

A GFDL2534 és GFDL5564, szerint Debrecen időjárása Temesváréhoz lesz hasonló.

Az UKTR3140 úgynevezett tranziens modell, a BASE-ben szereplő szén-dioxid mennyiségét a duplájára emelik és nem várják meg az egyensúly beálltát, hanem egyből futtatják a modellt.

Az UKHI, UKLO un. egyensúlyi modell. A széndioxid szintet az ipari forradalom előtti érték duplájára emelik és a modell futtatása csak az egyensúly beálltakor, kezdődik. A scenárió szerint a mai debreceni időjárás úgy változna meg, mint a jelenlegi Thassaloniki időjárása.

3.1.2. A 4m31 beállításai

1. táblázat A felhasznált szcenáriók néhány jellemző leíró statisztikai adata

Az 1. táblázat az egyes szcenáriók 31 évre vonatkozó napi adataiból a 100-350. nap közötti időszak egyes napjaira vonatkozó 31 éves átlagértékeinek átlagait, és az egyes napokra vonatkozó 31 éves szórások átlagait tartalmazza.

Megjegyzés [B.D4]: Szintén meg kell emlékezni Gézáékról! De hogyan?!

Szimulációs időszak (100-350. nap)		BASE	GFDL2534	UKTR3140	GFDL5564	UKHI	UKLO
csapadék mm	ÁTLAG	1,51	1,40	1,37	1,64	0,92	1,80
	SZÓRÁS	3,90	3,60	3,50	4,23	3,08	4,57
globsug. kcal/cm ²	ÁTLAG	15,63	16,40	16,36	15,52	17,73	16,79
	SZÓRÁS	5,55	5,53	5,55	5,54	5,17	5,56
tmax °C	ÁTLAG	19,24	20,22	20,83	21,61	24,44	26,03
	SZÓRÁS	4,21	4,21	4,21	4,21	6,99	4,22
tmin °C	ÁTLAG	8,34	9,32	9,92	10,70	11,77	15,52
	SZÓRÁS	3,32	3,33	3,33	3,33	5,82	3,33

Napjainkban Magyarországon a legnagyobb területen termesztett kukorica fajta a Dekalb 471, ennek fajta specifikus jellemzőit használtuk fel kutatásunk során.

2. táblázat A Dekalb 471 kukorica fajta specifikus jellemzői

Hőösszegszükséglet: keléstől a juvenilis fázis végéig [°C*d]	215.0
Nappalhossz-érzékenység (0-1)	0.500
Hőösszegszükséglet: nővirágzástól az érésig [°C*d]	785.0
Potenciális szemszám egy csövön	800.0
Potenciális szemtelítődési sebesség [mg/d]	7.90
Filokron intervallum [°C*d]	38.90
Legnagyobb levél felülete (opt. körülmények között) [cm ²]	600

A terméseredményre nagy hatást gyakorol az adott talaj típusa. Debrecen esetében jellegzetes a réti csernozjom talaj.(Stefenovits Pál: Magyarország jellemző talajai)

3. táblázat A réti csernozjom talaj szelvényeire vonatkozó adatok

Albedo [0-1]	0.15
Párolgási határérték [mm]	4.0
Lefolyásigörbe-paraméter [0-100]	70
Jellemző talajvízmélység [m]	8
Max. tócsamélység [mm]	0
Összrepedéshossz [cm/m ²]	0
Max. repedésmélység [cm]	0
Repedéseloszlás-paraméter [0-100]	0
Makrópórusáramlás faktor [0-1]	0
Mineralizációs faktor [0-1]	1
Növekedésgátló faktor [0-1]	1
Foszfor elérhetőségi index [0-1]	0.5

4. táblázat A réti csernozjom talaj szintjeire vonatkozó adatok

	1. szint	2. szint	3. szint	4. szint
Jel	Asz	A	B	BC
Vastagság [cm]	26	12	40	102
Térfogattömeg [g/cm ³]	1.32	1.36	1.33	1.38
Szerves anyag [%]	4.98	4.00	3.33	0.00
Gyökér faktor [cm ³ /cm ³]	0.958	0.800	0.650	0.088
Maximális vízkapacitás [cm ³ /cm ³]	0.487	0.487	0.465	0.479
Szabadföldi vízkapacitás [cm ³ /cm ³]	0.441	0.441	0.390	0.414
Holtvíz tartalom [cm ³ /cm ³]	0.210	0.210	0.232	0.213
Drénhányad [0-1]	0.35	0.35	0.35	0.35
Hidraulikus vezetőképesség(1) [cm/d]	5.039	3.462	2.929	1.584

3.2. Módszerek

Egy szimuláció véghez vitele a következő paramétereket igényli:

Dátum	Funkció
április 15	szimuláció kezdete, kezdőfeltételek aktivizálása, vetés
Április 16	csírázás (a modell beállított értéke)
november 1	aratás (kényszeraratás)
november 2	szimuláció vége

A 4m31 szimuláció menetrendje: Projekt megválasztása, növény és fajta kiválasztása, talaj választás, agrotechnika megválasztása, scenárió beállítás, adott év beállítása, futtatás, eredmények mentése.

3.2.1. A modellezés módszerei

Négy szimuláció sort hajtottunk végre. Először tradicionális agrotechnikát alkalmaztunk, másodszor az aszály károk kiküszöbölésére júliusban 5x30 mm mennyiségben csepegtető öntözéssel módosítottuk az alap futtatást.

A harmadik kísérlet során 5x30 mm-t öntöztünk júliusban, illetve 4x20 mm-et augusztusban. Végül a negyedik szimulációban vetés előtti öntözésre került sor 3x80 mm mennyiségben, valamint júliusban 5x80 mm mennyiségben.

A statisztikai feldolgozáshoz, adat táblázatot készítettünk a következő paramétereiből:
Oszlopok: scenárió azonosító, futtatás éve, agrotechnika (tradicionális vagy öntözéses) fenofázisonként a következő adatok: fenofázis sorszama, fenofázis bekövetkezésének napsorszama, fenofázis hossza, szemtermés a fenofázis első napján, szemtermés a fenofázis utolsó napján, biomassa a fenofázis első napján, biomassa a fenofázis utolsó napján, szemtermésfejlődés, biomassa fejlődés

3.2.2. Statisztikai értékelés módszerei

Az eredmények értékelését leíró statisztikai módszerekkel kezdtük. Majd a biometriai irodalomban egy illetve két tényezős teljes véletlen elrendezésű varianciaanalízisként ismert módszerekkel illetve azok tovább fejlesztett változataival, elméleti szórások egyenlőségének tesztelésével (O'Brien- próba, Levene-próba), elméleti átlagok egyenlőségének tesztelésével, (varianciaanalízis, Hatásvariancia, korrelációs hányados). Robosztus eljárásokkal, (Welch-próba, James-próba, Brown-Forsythe próba) valamint átlagok Tukey- Kramer-féle páronkénti összehasonlításával vizsgáltuk meg a scenáriók illetve az agrotechnika (alap vagy 3-féle öntözés) hatását az előbbieken ismertetett paraméterekre.

Megjegyzés [B.D5]: Ide még írni kell a statisztikáról!

Függő változó: Biomassza záró mennyisége a 8. fenofázisban

Csoportosító változó: szcenárió

Csoport Index	Név	Érvényes esetek	átlag	szórás	Minimum	Maximum
1.	BASE	31	9429.6	2877.9	4516	18188
2.	GDFL2534	31	7101.4	2372.8	3763	15719
3.	GDFL5564	31	10600.2	2887.0	4596	17300
4.	UKHI	31	5831.9	2048.6	2461	10547
5.	UKLO	31	9807.0	2497.4	5321	16195
6.	UKTR3140	31	7941.5	2557.6	3982	16103

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése

- O'Brien-próba: $F(5; 180) = 0.553$

- Levene-próba: $F(5; 180) = 0.609$

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése

Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:

- Varianciaanalízis: $F(5; 180) = 15.513^{**}$

Hatásvariancia = 101409323.3870, Hibavariancia = 6537129.7509

Korrelációs hányados (nemlineáris korrel. együtttható): $e = 0.549$

Robusztus eljárások, amelyeknél nem szükséges a szóráshomogenitás:

- Welch-próba: $W(5; 84) = 17.049^{**}$

- James-próba: $U = 87.958^{**}$

- Brown-Forsythe-próba: $BF(5; 172) = 15.513^{**}$

Átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítása ($k = 6, f = 180$):

T12= 5.07** T13= 2.55 T14= 7.83** T15= 0.82 T16= 3.24

T23= 7.62** T24= 2.76 T25= 5.89** T26= 1.83 T34= 10.38**

T35= 1.73 T36= 5.79** T45= 8.66** T46= 4.59* T56= 4.06+

4. Eredmények

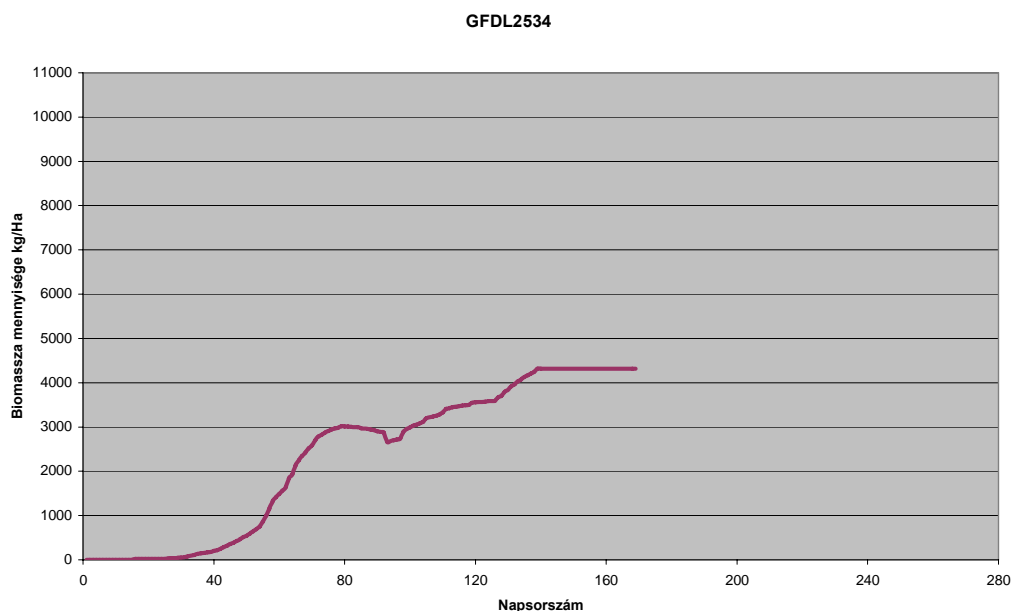
A továbbiakban csökkent/növekedett szó esetén, azokat az eltéréseket vesszük figyelembe, ahol az eltérés 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns.

4.1. A klímaváltozási scenáriók összehasonlítása

(A BASE a viszonyítási alap)

4.1.1. GFDL2534

Alap (nincs kezelés) futás esetén a biomassza záró mennyisége csökken a 7. 8. fenofázisban. A szemtermés mennyisége csökken a 7. 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés csökken a 7. fenofázisban. A 8. fenofázis kezdőnapja előbbre tolódik.



3. ábra A biomassza (kg/Ha) alakulása a GFDL2534 scenárió esetén, a 2023-as évben a kezelés nélküli kísérletben

Öntözés1 (5x30 mm júliusban), esetén a biomassza kezdeti és záró mennyisége csökkent a 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés a 7. fenofázisban csökkent. A szemtermés kezdő mennyisége nőtt a 7. fenofázisban.

A szemtermés mennyisége csökkent a 8 fenofázisban. A szemtermésfejlődés csökkent a 7. fenofázisban. A 8. fenofázis kezdőnapja előbbre tolódott. A 7. fenofázis hossza csökkent.

Öntözés2 (5x30mm júliusban, 4x20mm augusztusban) esetén a biomassa mennyisége csökkent a 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés csökkent a 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége csökkent a 7. 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés csökkent a 7. fenofázisban. A 7. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott. Az 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent.

Öntözés3 (3x80mm vetés előtt, 5 x80 júliusban) esetén a 6. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott. A 7. fenofázis hossza csökkent.

4.1.2. GFDL5564

Alap- Kezelés nincs:

A biomassa záró mennyisége nőtt a 7. fenofázisban. A 3. 4. 5. 6. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott. A 2. 3. 4. fenofázis hossza csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) esetén a biomassa kezdeti mennyisége és a biomassa fejlődés csökkent a 7. fenofázisban.

A szemtermés kezdeti mennyisége nőtt a 7. fenofázisban. A szemtermés mennyisége csökkent a 8. fenofázisban. A 3. 4. 5. 6. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott. A 2. 3. 5. 6. fenofázis hossza csökkent.

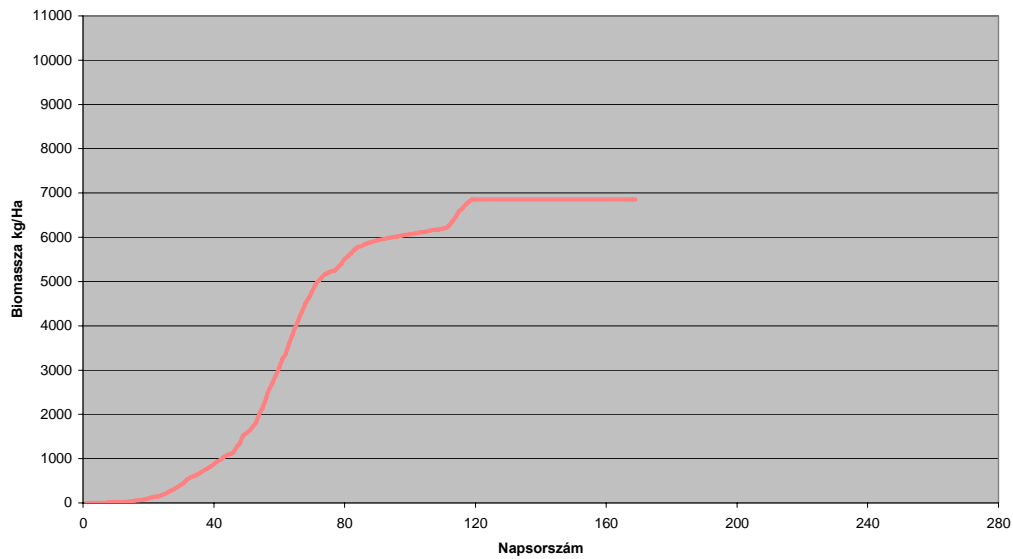
Öntözés2 (5x30 mm júliusban, 4x20 mm augusztusban) esetén a biomassa fejlődés csökkent a 6. 7. fenofázisban. A 3. 4. 5. 6. 7. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott. A 2. 4. 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent.

Öntözés3 (3x80mm vetés előtt, 5 x80 júliusban) esetén a 4. 5. 6. 7. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott. A 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent.

4.1.3. UKHI

Alap (Kezelés nincs) esetén a Biomassa kezdeti mennyisége nőtt a 6. 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt az 5. 6. 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés növekedett az 5. 7. fenofázisban. Szemtermés mennyisége nőtt a 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés nőtt a 7. fenofázisban. A 7. fenofázis hossza csökkent, a 8. fenofázis napja előbbre tolódott.

UKHI



7. ábra A biomassza (kg/ha) alakulása az UKHI scenárió esetén, a 2023-as évben a kezelés nélküli kísérletben

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) esetén a Biomassza kezdeti mennyisége csökkent a 7. fenofázisban, növekedett a 4. 5. 6. 8. fenofázisban. A biomassza záró mennyisége növekedett a 4. fenofázisban, záró mennyisége csökkent a 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés csökkent a 3. 7. fenofázisban. A szemtermés kezdő mennyisége csökkent a 7. fenofázisban, záró mennyisége csökkent a 8. fenofázisban.

A szemtermésfejlődés növekedett a 7. fenofázisban. A 2. 3. 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent, 3. 4. 5. 6. 8. fenofázis napja előbbre tolódott.

Öntözés2 (5x30 mm júliusban, 4x20 mm augusztusban) esetén, a biomassza kezdő mennyisége növekedett a 4. fenofázisban, csökkent a 6. 7. fenofázisban. A biomassza záró mennyisége csökkent az 5. 6. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés csökkent az 5. 6. 7. fenofázisban. A szemtermés kezdő mennyisége csökkent a 7. fenofázisban, záró mennyisége csökkent a 7. 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés csökkent a 7. fenofázisban. A 2. 3. 4. 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent, a 3. 4. 5. 6. 7. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott.

Öntözés3 (3x80mm vetés előtt, 5 x80 júliusban) esetén, a biomassza záró mennyisége csökkent a 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés csökkent a 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége csökkent a 7. 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés

csökkent a 7. fenofázisban. A 2. 3. 4. 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent, a 3. 4. 5. 6. 7. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott.

4.1.4. UKLO

Alap (Kezelés nincs) esetén, a biomassa kezdő mennyisége növekedett a 4. 5. 7. fenofázisban, záró mennyisége növekedett a 3. 4. fenofázisban, csökkent a 6. fenofázisban. A biomassa fejlődés növekedett a 3. 4. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége csökkent a 7. fenofázisban. A 7. fenofázis hossza csökkent, a 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) esetén, a biomassa kezdő mennyisége növekedett a 4. fenofázisban, csökkent a 7. fenofázisban. A biomassa záró mennyisége növekedett a 4. fenofázisban, csökkent az 5. 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés növekedett a 4. fenofázisban, csökkent a 7. fenofázisban. Szemtermés mennyisége csökkent a 7. 8. fenofázisban. A 2. 3. 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent, a 3. 4. 5. 6. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott.

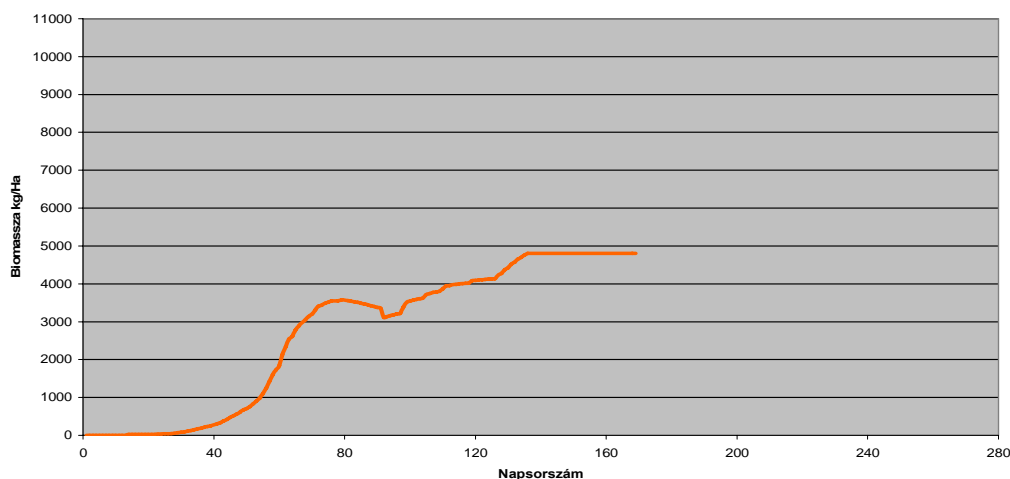
Öntözés2 (5x30 mm júliusban, 4x20 mm augusztusban) esetén, a biomassa kezdő mennyisége növekedett a 4. 5. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 4. fenofázisban, csökkent a 7. 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés növekedett a 4. fenofázisban, csökkent a 6. fenofázisban. Szemtermés záró mennyisége csökkent a 7. fenofázisban. A szemtermés mennyisége csökkent a 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés csökkent a 7. fenofázisban. A 2. 3. 4. 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent, a 3. 4. 5. 6. 7. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott.

Öntözés3 (3x80mm vetés előtt, 5 x80 júliusban) esetén, a biomassa kezdő mennyisége nőtt a 4. 5. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 4. 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés nőtt a 4. 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége növekedett a 7. 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés nőtt a 7. fenofázisban. A 2. 3. 4. 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent.

4.1.5. UKTR3140

Alap (Kezelés nincs) esetén, a szemtermés záró mennyisége csökkent a 7. fenofázisban

UKTR3140



11. ábra A biomassza (kg/ha) alakulása az UKTR3140 szcenárió esetén, a 2023-as évben a kezelés nélküli kísérletben

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) esetén, a biomassza kezdeti mennyisége csökkent a 7. fenofázisban. A biomassza fejlődés csökkent a 7. fenofázisban. A biomassza mennyisége csökkent a 8. fenofázisban. Szemtermés kezdő mennyisége növekedett a 7. fenofázisban, csökkent a 8. fenofázisban. A 5. 6. 7. fenofázis hossza csökkent, a 6. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott.

Öntözés2 (5x30 mm júliusban, 4x20 mm augusztusban) esetén, a biomassza fejlődés csökkent a 6. 7. fenofázisban. A 7. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott, a 4. 6. 7. fenofázis hossza csökkent.

Öntözés3 (3x80mm vetés előtt, 5 x80 júliusban) esetén a biomassza fejlődés csökkent a 7. fenofázisban. A 6. 7. 8. fenofázis kezdő napja előbbre tolódott. A 7. fenofázis hossza csökkent.

4. 2. A kukorica fejlődési paramétereinek alakulása a különböző szcenáriók esetén (A BASE a viszonyítási alap)

4.2.1. Második fenofázis hossza

Alap (Kezelés nincs) futásnál, az átlag a BASE-hez képest a GFDL5, UKHI, UKLO, UKTR esetén csökkent. (Az UKLO esetén a legnagyobb mértékben). A szórás a BASE-

hez képest a GFDL2, GFDL5, UKHI, UKLO és UKTR esetén is csökkent.(Legnagyobb mértékben az UKHI, UKLO esetén)

Öntözés1(5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag a BASE-hez képest a GFDL5, UKHI, UKLO, esetén csökkent. A szórás a BASE-hez képest a GFDL2, GFDL5, UKHI, UKLO és UKTR esetén is csökkent.(Legnagyobb mértékben az UKHI, UKLO esetén)

Öntözés2 (5x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás BASE-hez képest csökkent az UKHI, UKLO és UKTR esetén.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál, az átlag az UKHI, UKLO esetén csökkent a BASE-hez képest.

4.2.2.Harmadik fenofázis kezdő napja

Az Alap (kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 esetén nem változott. A GFDL5, UKHI, UKLO és UKTR esetén csökkent. (Legnagyobb mértékben az UKLO esetén).A Szórás BASE-hez képest a GFDL2, GFDL5, UKHI, UKLO és UKTR esetén is csökkent.(Legnagyobb mértékben az UKHI, UKLO esetén)

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 esetén nem változott. A GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent. A Szórás BASE-hez képest a GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent.(Legnagyobb mértékben az UKHI, UKLO esetén).

Öntözés2 (5x30mm júliusban) augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás BASE-hez képest csökkent az UKHI, UKLO és UKTR esetén csökkent

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag az UKHI, UKLO esetén csökkent a BASE-hez képest.

Harmadik fenofázis hossza

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2, GFDL5, UKHI, UKLO és UKTR esetén is csökkent.(Legnagyobb mértékben az UKLO esetén). A szórás a BASE-hez képest a GFDL2, GFDL5, UKHI, UKLO és UKTR esetén is csökkent.(Legnagyobb mértékben az UKHI, UKLO esetén)

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag a BASE-hez képest a GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent.(Legnagyobb mértékben az UKLO esetén).A szórás a BASE-hez képest a GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent.(Legnagyobb mértékben az UKHI, UKLO esetén)

Öntözés2 (5x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás BASE-hez képest csökkent az UKHI, UKLO esetén csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál, az átlag az UKHI, UKLO esetén csökkent a BASE-hez képest.

Biomassza befejező mennyisége a 3. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál, az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 esetén csökkent, GFDL5, és UKHI esetén nem változott. Az UKLO és az UKTR esetén nőtt. (Legnagyobb mértékben az UKLO esetén). A szórás a GFDL5 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL2, az UKHI, UKLO esetén nőtt.

Öntözés1(5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a GFDL2, GFDL5 esetén csökkent, az UKHI, UKLO, UKTR esetén nőtt. A szórás a GFDL2, GFDL5, UKTR esetén csökkent, az UKHI, UKLO esetén nőtt.

Biomassza fejlődés a 3. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál, az átlag a GFDL2 esetén csökkent. A GFDL5 és az UKHI esetén nem változott. Az UKLO és az UKTR esetén nőtt. A szórás az UKTR és a GFDL5 esetén csökkent, a GFDL2 esetén nem változott. Az UKHI, UKLO esetén nőtt.

Öntözés1(5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a GFDL2 esetén csökkent, a többi szcenárió esetén nőtt. A szórás a GFDL2, GFDL5, UKTR esetén csökkent, az UKHI, UKLO esetén nőtt.

4.2.3. Negyedik fenofázis hossza

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden esetben csökkent.

A szórás a GFDL2 esetén nőtt, a GFDL5, az UKHI, UKLO esetén csökkent, az UKTR esetén nem változott.

Öntözés1(5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a GFDL5, UKHI, UKLO és UKTR esetén csökkent, a GFDL2 esetén nőtt. A szórás a GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent, a GFDL2, UKTR esetén nőtt.

Öntözés2(5x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest csökkent az UKHI, UKLO esetén. A szórás csökkent az UKLO, nőtt az UKHI esetén.

Negyedik fenofázis kezdő napja

Öntözés2 (5x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál, az átlag és a szórás csökkent a BASE-hez képest, a GFDL5, UKHI, UKLO esetén.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) esetén az átlag az UKHI, UKLO, UKTR3140 esetén csökkent a BASE-hez képest.

Biomassza kezdő mennyisége a 4. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál, az átlag a BASE-hez képest a GFDL2, GFDL5, UKHI, és UKTR esetén is csökkent. Az UKLO esetén pedig nőtt.

A szórás a GFDL5 esetén csökkent. A GFDL2, UKHI, UKLO és UKTR esetén nőtt.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag és a szórás a BASE-hez képest az UKHI, UKLO esetén nőtt.

Öntözés2 (5x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál, az átlag és a szórás BASE-hez képest az UKHI, UKLO esetén nőtt.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál, az átlag és a szórás az UKHI, UKLO esetén nőtt.

Biomassza záró mennyisége a 4. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál, az átlag a Base-hez képest a GFDL5, az UKHI és az UKTR esetén csökkent. Az UKLO és a GFDL2 esetén nőtt.(Az UKLO esetén nagyobb mértékben) A szórás GFDL5, GFDL5 és az UKLO esetén nőtt. Az UKHI és az UKTR esetén csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag s a szórás a Base-hez képest az UKHI és UKLO esetén nőtt.

Öntözés2 (5x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás BASE-hez képest az UKLO esetén nőtt.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag és a szórás az UKHI, UKLO esetén nőtt.

Biomassza fejlődés a 4. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál, az átlag a BASE-hez képest a GFDL5, az UKHI és az UKTR esetén csökkent. A GFDL2 és az UKLO esetén nőtt. A szórás a GFDL5 és az UKHI esetén csökkent. A GFDL2, az UKLO és UKTR esetén nőtt.

Öntözés1(5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag a BASE-hez képest az UKLO esetén nőtt. A szórás az UKHI esetén nőtt.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál,az átlag a BASE-hez képest az UKLO esetén nőtt, a szórás csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag és a szórás az UKHI, UKLO esetén nőtt.

4.2.4 Ötödik fenofázis kezdőnapja

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag és a szórás is a BASE-hez képest minden szcenáriónál csökkent.

Öntözés1(5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag és a szórás is a BASE-hez képest a GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás is a BASE-hez képest a GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag az UKHI, UKLO, UKTR3140 esetén csökkent a BASE-hez képest.

5. fenofázis hossza

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. A szórás minden scenárió esetén csökkent, az UKTR esetén nem változott.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. A szórás a GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent, a GFDL2, UKTR esetén nem változott.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás is a BASE-hez képest a GFDL5, UKHI, UKLO esetén csökkent

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag csökkent a BASE-hez képest a GFDL2543, GFDL5564, UKHI, UKLO esetén. A szórás a GFDL2543, GFDL5564 esetén nőtt, az UKHI, UKLO esetén csökkent.

Biomassza fejlődés az 5. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5, az UKHI és az UKLO esetén nőtt. A szórás minden scenárió esetén csökkent.(Legnagyobb mértékben a GFDL5 esetén)

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI esetén csökkent. A szórás az UKHI esetén nőtt.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent, a szórás minden scenárió esetén nőtt.

Biomassza kezdeti mennyisége az 5. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL5, az UKHI és az UKTR esetén csökkent. Az UKLO és a GFDL2 esetén nőtt. A szórás az UKHI esetén csökkent, a GFDL2, GFDL5, UKLO és UKTR esetén nőtt.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI esetén nőtt. A szórás az UKHI esetén csökkent.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás a BASE-hez képest az UKLO esetén csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag és a szórás az UKHI, UKLO esetén nőtt

Biomassza záró mennyisége az 5. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5, UKHI, UKLO esetén nőtt. A szórás minden scenárió esetén csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKLO esetén csökkent. A szórás az UKLO esetén nőtt.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent, a szórás minden scenárió esetén nőtt.

4.2.5. Hatodik fenofázis kezdőnapja

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag és a szórás is a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. Kivéve a GFDL2 esetén. A szórás a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent, a szórás nőtt a GFDL2534, GFDL5564 és az UKTR3140 esetén, az UKHI, UKLO esetén csökkent.

6. fenofázis hossza

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag és a szórás is a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag és a szórás is a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. Kivéve GFDL2 esetén.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent, az UKTR esetén nőtt.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag az UKHI, UKLO esetén csökkent a BASE-hez képest. Biomassza kezdeti mennyisége a 6. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5, az UKHI és az UKLO esetén nőtt. A szórás minden scenárió esetén csökkent a BASE-hez képest.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag minden scenárió esetén csökkent, a GFDL2 esetén nőtt. A szórás minden scenárió esetén nőtt, a GFDL5 esetén csökkent.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI esetén csökkent, a szórás nőtt.

Biomassza záró mennyisége a 6. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag és a szórás is a BASE-hez képest a GFDL2, UKHI és UKTR esetén csökkent, a GFDL5 és az UKLO esetén nőtt. A szórás a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál a BASE-hez képest az UKHI és UKLO esetén az átlag csökkent, a szórás nőtt.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI esetén csökkent, a szórás nőtt.

Biomassza fejlődés a 6. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5, UKHI, UKLO esetén nőtt. A szórás a GFDL2, UKHI, UKLO esetén csökkent. A GFDL5 és az UKTR esetén nőtt.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag minden scenárió esetén csökkent. A szórás a GFDL5 esetén csökkent, a többi scenárió esetén nőtt.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI, UKLO esetén csökkent, a szórás nőtt.

4.2.6. Hetedik fenofázis kezdő napja

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag és a szórás is csökkent a BASE-hez képest minden scenárió esetén

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag és a szórás a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás is csökkent a BASE-hez képest minden scenárió esetén.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm)

Az átlag és a szórás is csökkent a BASE-hez képest minden scenárió esetén

7. fenofázis hossza

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. A szórás a GFDL5, az UKHI és az UKTR esetén csökkent. A GFDL2, az UKLO esetén nőtt.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag és szórás a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. Kivéve a GFDL2 esetén.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag csökkent a BASE-hez képest minden scenárió esetén. A szórás csökkent minden scenárió esetén, a GFDL2 esetén nőtt.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag és a szórás is csökkent a BASE-hez képest minden scenárió esetén

Biomassza kezdeti mennyisége a 7. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5, az UKHI és az UKLO esetén nőtt. A szórás minden scenárió esetén csökkent a BASE-hez képest.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. A szórás minden scenárió esetén csökkent, de a GFDL2 esetén nőtt.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI esetén csökkent. A szórás nőtt.

Biomassza záró mennyisége a 7. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5, UKHI, UKLO esetén nőtt. A szórás a GFDL5 esetén nőtt, az összes többi scenáriónál csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI, UKLO csökkent. A szórás az UKHI, UKLO esetén nőtt

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás a GFDL2, UKHI és UKLO esetén csökkent a BASE-hez képest.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI, UKLO csökkent. A szórás az UKHI esetén nőtt, az UKLO esetén csökkent.

Szemtermés kezdeti mennyisége a 7. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5, az UKHI és az UKLO esetén nőtt. A szórás a GFDL5 és az UKLO esetén csökkent. A GFDL2, az UKHI és az UKTR esetén nőtt.

Öntözés1 (85x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2, GFDL5, UKTR esetén nőtt. Az UKHI és az UKLO esetén csökkent. A szórás minden scenárió esetén csökkent.

Szemtermés záró mennyisége a 7. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest a GFDL2, az UKLO és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5 és az UKHI esetén nőtt. A szórás a GFDL5 esetén nőtt, az összes többi scenárió esetén csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag minden scenárió esetén csökkent. A szórás minden scenárió esetén csökkent, a GFDL5 esetén nőtt.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás BASE-hez képest a GFDL2, UKHI, UKLO esetén csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag az UKHI, UKLO esetén csökkent a BASE-hez képest. A szórás nőtt az UKHI, UKLO esetén a BASE-hez képest.

Szemtermésfejlődés a 7. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag minden scenárió esetén csökkent, a GFDL5 esetén nőtt. A szórás minden scenárió esetén csökkent, a GFDL5 esetén nőtt.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag minden scenárió esetén csökkent. A szórás minden scenárió esetén csökkent, a GFDL5 esetén nőtt.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás BASE-hez képest a GFDL2, UKHI, UKLO esetén csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál az átlag az UKHI, UKLO esetén csökkent a BASE-hez képest. A szórás nőtt az UKHI, UKLO esetén a BASE-hez képest.

Biomassza fejlődés a 7. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag minden scenárió esetén csökkent, a GFDL5 esetén nőtt. A szórás minden scenárió esetén csökkent, a GFDL5 esetén nőtt.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag és a szórás minden scenárió esetén csökkent.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás BASE-hez képest a GFDL2, UKHI, UKLO esetén csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál, az átlag csökkent a BASE-hez képest az UKHI, UKLO, UKTR3140 esetén. A szórás csökkent az UKLO, UKTR esetén, az UKHI esetén nőtt.

4.2.7. Nyolcadik fenofázis kezdő napja

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. A szórás a GFDL2 esetén nőtt, az összes többi scenárió esetén csökkent. (Legnagyobb mértékben az UKLO esetén.)

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. A szórás az összes scenárió esetén csökkent.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás a BASE-hez képest minden scenarió esetén csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál, minden scenárió esetén csökkent az átlag és a szórás a BASE-hez képest.

Biomassza mennyisége a 8. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál, az átlag a BASE-hez képest a GFDL2 és az UKTR esetén csökkent. A GFDL5, az UKHI, UKLO esetén nőtt. A szórás a GFDL5 esetén nőtt, az összes többi scenárió esetén csökkent.

Öntözés1(5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag a BASE-hez képest a GFDL2, UKHI, UKLO és UKTR esetén csökkent. A szórás minden scenárió esetén csökkent.

Öntözés2 (5 x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál, az átlag és a szórás a BASE-hez képest a GFDL2, UKHI, UKLO esetén csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál, az átlag a BASE-hez képest csökkent az UKHI, UKLO esetén. A szórás az UKHI esetén nőtt, az UKLO esetén csökkent a BASE-hez képest.

Szemtermés mennyisége a 8. fenofázisban

Alap (Kezelés nincs) futásnál az átlag a BASE-hez képest az UKHI, UKLO esetén nőtt, a GFDL2, GFDL5 és az UKTR esetén csökkent. A szórás a GFDL5 esetén nőtt, az összes többi scenárió esetén csökkent.

Öntözés1 (5x30 mm júliusban) futásnál, az átlag a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent. A szórás a BASE-hez képest minden scenárió esetén csökkent, a GFDL5 esetén nőtt.

Öntözés2 (5x30mm júliusban, augusztusban 4x20mm) futásnál az átlag és a szórás a BASE-hez képest a GFDL2, UKHI, UKLO esetén csökkent.

Öntözés3 (vetés előtt 3x80 mm, júliusban 5x 80 mm) futásnál, az átlag a BASE-hez képest csökkent az UKHI, UKLO esetén. A szórás a BASE-hez képest nőtt, az UKHI, UKLO esetén.

4.3. Öntözési kísérletek

(Összehasonlítási alap a kezelés nélküli- alap futás)

4.3.1. Öntözés1 (5x30 mm július)

BASE esetén, a biomassza kezdő mennyisége nőtt a 7. fenofázisban, záró mennyisége szintén nőtt a 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődésben növekedés tapasztalható a 6. 7. fenofázisban. A szemtermés mennyisége nőtt a 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés növekedett a 7. fenofázisban. A 7. fenofázis hossza csökkent.

GFDL2534 esetén, a biomassza kezdő mennyisége nő a 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés nőtt a 7. fenofázisban, csökkent a 6. fenofázisban. Szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. fenofázisban. A szemtermésfejlődés növekedett a 7. 8. fenofázisban. A 7. fenofázis hossza növekedett.

GFDL5564 esetén, a biomassza kezdő mennyisége növekedett a 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés nőtt a 6. 7. fenofázisban, csökkent a 6. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés növekedett a 7. fenofázisban. A 7. fenofázis hossza nőtt.

UKHI esetén, a biomassza kezdő mennyisége nőtt a 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 6. 7. 8. fenofázisban. A Biomassza fejlődés nőtt a 6. 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés nőtt a 7. fenofázisban. A 7. fenofázis hossza növekedett.

UKLO esetén, a biomassza kezdő mennyisége nőtt a 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés nőtt a 6. 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban.

UKTR3141 esetén, a biomassza kezdő mennyisége nőtt a 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés nőtt a 6. 7. fenofázisban. A szemtermésfejlődés nőtt a 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A 7. fenofázis hossza csökkent.

4.3.2. Öntözés2 (5x30 mm júliusban, 4x20 mm augusztusban)

Minden scenarió esetén nő a biomassza fejlődés a 6. 7. fenofázisban.

4.3.3. Öntözés3 (3x80 mm vetés előtt, 5x80 mm augusztusban)

BASE esetén, a biomassza kezdő mennyisége nőtt a 6. 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 4. 5. 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassza fejlődés nőtt a 4. 5. 6. 7. fenofázisban. Szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A 4. 5. 7. fenofázis kezdőnapja későbbre tolódott.

GFDL2534 esetén, a biomassa kezdő mennyisége nőtt a 6. 7. fenofázisban , záró mennyisége nőtt a 4. 5. 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés nőtt a 4. 5. 6. 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A 4. 5. 7. fenofázis kezdőnapja későbbre tolódott. A 7. fenofázis hossza nőtt.

GFDL5564 esetén, a biomassa kezdő mennyisége nőtt a 6. 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 4. 5. 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés nőtt a 4. 5. 6. 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A 4. 5. 7. fenofázis kezdőnapja későbbre tolódott. A 7. fenofázis hossza nőtt.

UKHI esetén, a biomassa kezdő mennyisége nőtt a 6. 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 4. 5. 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés nőtt a 4. 5. 6. 7. fenofázisban.

A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A 4. 5. 7. fenofázis kezdőnapja későbbre tolódott. A 7. fenofázis hossza nőtt.

UKLO esetén, a biomassa kezdő mennyisége nőtt a 6. 7. fenofázisban, záró mennyisége nőtt a 4. 5. 6. 7. 8. fenofázisban. A biomassa fejlődés növekedett a 4. 5. 6. 7. fenofázisban. A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A 4. 5. 7. fenofázis kezdőnapja későbbre tolódott. A 7. fenofázis hossza csökkent.

UKTR3140, esetén a biomassa kezdő mennyisége nőtt a 6. 7. fenofázisban, záró mennyisége szintén nőtt a 4. 5. 6. 7. 8. fenofázisban, ez utóbbi fenofázisokban a biomassa fejlődésben is növekedés tapasztalható. A szemtermés záró mennyisége nőtt a 7. 8. fenofázisban. A szemtermésfejlődés növekedett a 7. fenofázisban. A 4. 5. 7. fenofázis kezdőnapja későbbre tolódott. A 7. fenofázis hossza csökkent, a 4. fenofázis hossza nőtt.

2. A szimulációs kísérletek eredményeinek összefoglaló táblázta

Az 2. táblázat a szimulációs kísérletek eredményeinek összefoglalását tartalmazza. A táblázatban az egyes modellezett fenológiai paraméterek, kísérleti beállításonkénti és szcenáriókénti 31 éves átlagadatait tartalmazza. A különböző viszonyítási alapokhoz képest mutatott szignifikáns eltéréseket különböző színekkel jelöltük (lásd jelmagyarázat a táblázat végén)

2.táblázat

	BASE	GFDL2534	GFDL55564	UKHI	UKLO	UKTR3140
2. fenofázis hossza alap	16	16	13	7	6	14
öntözés 1	16	16	13	7	6	14
öntözés 2	16	16	13	7	6	14
öntözés 3	13	13	11	7	6	12
3. fenofázis kezdő napja alap	122	122	119	113	112	120
öntözés 1	122	122	119	113	112	120
öntözés 2	122	122	119	113	112	120
öntözés 3	129	129	127	123	122	128
3. fenofázis hossza alap	25	24	22	16	15	24
öntözés 1	25	24	22	16	15	24
öntözés 2	25	24	22	16	15	24
öntözés 3	23	22	21	18	15	22
Biom. záró menny.3.f alap	149	148	149	157	159	150
öntözés 1	149	148	149	156	159	150
öntözés 2	149	148	149	157	159	150
öntözés 3	148	148	150	150	155	149
Biom.fejl.3.f alap	123	122	123	131	133	124
öntözés 1	123	122	123	131	133	124
öntözés 2	123	122	123	131	133	124
öntözés 3	122	122	125	124	129	123
4. fenofázis hossza alap	7	7	6	6	6	6
öntözés 1	7	7	6	6	6	6
öntözés 2	7	7	6	6	6	6
öntözés 3	7	7	7	6	6	7
Biom.kezdő.menny.4.f. alap	160	159	161	171	181	160
öntözés 1	160	158	161	172	181	160
öntözés 2	160	159	161	172	181	160
öntözés 3	162	161	164	167	179	162
Biom.záró.menny.4.f. alap	331	335	329	349	418	324
öntözés 1	331	333	329	349	418	324
öntözés 2	331	338	329	349	418	324
öntözés 3	348	375	372	367	447	370

Biom.fejl.4.f	<i>alap</i>	171	176	167	178	237	164
	<i>öntözés 1</i>	171	175	167	178	237	164
	<i>öntözés 2</i>	171	179	167	177	237	164
	<i>öntözés 3</i>	186	214	208	200	267	208
4.fenofázis kezdő napja	<i>alap</i>	147	146	141	129	127	144
	<i>öntözés 1</i>	147	146	141	129	127	144
	<i>öntözés 2</i>	147	146	141	129	127	144
	<i>öntözés 3</i>	152	151	147	141	137	150
5. fenofázis hossza	<i>alap</i>	43	40	40	37	35	40
	<i>öntözés 1</i>	43	40	40	37	35	40
	<i>öntözés 2</i>	43	40	40	37	35	41
	<i>öntözés 3</i>	43	39	39	35	35	40
5. fenofázis kezdő napja	<i>alap</i>	154	153	147	135	133	151
	<i>öntözés 1</i>	154	153	147	135	133	151
	<i>öntözés 2</i>	154	153	147	135	133	151
	<i>öntözés 3</i>	159	158	154	147	143	157
Biom.fejl.5.f.	<i>alap</i>	4557	3999	4991	3535	4967	4418
	<i>öntözés 1</i>	5215	4736	5128	3535	4967	4918
	<i>öntözés 2</i>	5134	4650	5115	3535	4967	4857
	<i>öntözés 3</i>	6036	6034	6106	6063	6238	6043
Biom.kezdő.menny.5.f.	<i>alap</i>	369	379	367	392	484	364
	<i>öntözés 1</i>	369	379	367	392	484	364
	<i>öntözés 2</i>	369	379	367	392	483	364
	<i>öntözés 3</i>	386	421	421	418	517	414
Biom.záró.menny.5.f.	<i>alap</i>	4926	4378	5358	3927	5451	4783
	<i>öntözés 1</i>	5584	5114	5496	3927	5451	5281
	<i>öntözés 2</i>	5503	5029	5482	3927	5451	5220
	<i>öntözés 3</i>	6422	6455	6527	6481	6755	6457
6. fenofázis hossza	<i>alap</i>	14	12	12	11	11	13
	<i>öntözés 1</i>	20	12	12	11	11	13
	<i>öntözés 2</i>	14	12	12	11	11	13
	<i>öntözés 3</i>	14	12	12	11	10	13
6. fenofázis kezdő nap	<i>alap</i>	197	192	187	172	168	191
	<i>öntözés 1</i>	197	192	187	172	168	191
	<i>öntözés 2</i>	197	192	187	172	168	191
	<i>öntözés 3</i>	202	197	193	182	177	197

Biom.kezdő.menny.6.f. alap	4992	4423	5451	3961	5534	4825
öntözés 1	5697	6647	5621	3961	5534	5395
öntözés 2	5607	5128	5605	3961	5534	5328
öntözés 3	6553	6589	6677	6629	6913	6591
Biom.záró.menny.6.f. alap	5670	4831	6318	4338	6540	5267
öntözés 1	7479	7002	7350	4542	6549	7157
öntözés 2	7249	6679	7218	4537	6548	6877
öntözés 3	8452	8447	8589	8360	8658	8455
Biom.fejl.6.f. alap	678	408	866	377	1006	443
öntözés 1	1783	356	1728	581	1015	1761
öntözés 2	1642	1551	1613	576	1015	1549
öntözés 3	1899	1858	1913	1731	1745	1864
7. fenofázis hossza alap	56	42	42	32	33	52
öntözés 1	50	47	43	36	33	44
öntözés 2	57	45	43	36	33	44
öntözés 3	60	48	43	37	32	45
7. fenofázis kezdő napja alap	211	205	199	183	179	204
öntözés 1	217	205	199	183	179	204
öntözés 2	211	205	199	183	179	204
öntözés 3	216	210	205	193	187	210
Biom.kezdő.menny.7.f. alap	5771	4847	6507	4324	6739	5318
öntözés 1	7840	7406	7707	4728	6779	7532
öntözés 2	7594	7023	7566	4811	6779	7244
öntözés 3	8792	8800	8960	8721	9007	8820
Biom.záró.menny.7.f alap	9430	7037	10600	5840	9830	7909
öntözés 1	16584	14495	15571	9930	12009	14862
öntözés 2	15226	12793	14723	9320	11850	13335
öntözés 3	19469	18717	18926	17381	17082	18558
Szem.term.kezd.m.7.f. alap	333	274	361	237	399	303
öntözés 1	409	411	411	336	399	411
öntözés 2	409	411	411	336	399	411
öntözés 3	409	411	411	411	411	411
Szem.term.záró.m.7.f. alap	4525	2847	5062	1990	4080	3277
öntözés 1	10222	8248	8936	5536	5645	8431
öntözés 2	8968	6901	8253	5130	5592	7237
öntözés 3	12328	11521	11601	9600	9070	11343

8.fenofázis kezdő nap. alap	267	247	241	215	212	256
öntözés 1	268	251	242	219	212	247
öntözés 2	268	249	242	219	212	247
öntözés 3	276	256	249	230	219	255
Biom.kezd-bef.m.8.f alap	9430	7101	10600	5832	9807	7942
öntözés 1	16564	14495	15571	9930	12009	14862
öntözés 2	15226	12793	14723	9320	11818	13335
öntözés 3	19469	18717	18926	17381	17082	18558
Szem.term.kez-bef.m.8.f. alap	4452	3105	5062	1990	4080	3277
öntözés 1	10222	8289	8936	5536	5645	8431
öntözés 2	8968	6750	8253	5130	5592	7237
öntözés 3	12328	11521	11601	9600	9070	11343
Szemterm.fejl.8.f. alap	0	0	0	0	0	0
öntözés 1	0	258	0	0	0	0
öntözés 2	0	-151	0	0	0	0
öntözés 3	0	0	0	0	0	0
Biom.fejl.8.f. alap	0	0	0	0	0	0
öntözés 1	0	0	0	0	465	0
öntözés 2	0	0	0	0	0	32
öntözés 3	0	0	0	0	0	0

Jelmagyarázat:

rózsaszín háttér: szignifikáns különbség a kezelés nélküli (alap) futástól

sárga háttér: szignifikáns különbség a Base-hez képest

kék: öntözés1: 5x30 mm júliusban

zöld: öntözés2: 5x30 mm júliusban, 4x20 mm augusztusban

vörös: öntözés3: 3x80 mm vetés előtt, 5x80 mm júliusban

szürke háttér: szignifikáns különbség a Base-től és a kezelés nélküli alap futástól is

Megjegyzés: Előfordulhatnak eltérések az 1.sz. mellékletől, a kerekítések miatt.

5. Tézisek

A kutatási eredményekből, leszűrhető megállapítások és módszertani tanulságok az alábbiak szerint foglalhatók össze:

1. A fenofázisok hossza csökkent, a kezdő napok előbbre tolódtak a BASE-hez képest minden scenárió esetén, mind a négy szimuláció esetén.
2. A biomassa és a szemtermés mennyisége csökkent, a GFDL2534 és UKHI esetén, a BASE-hez képest a kezelés nélküli alap futásnál.
3. Az 5x30 mm öntözés júliusban (Öntözés1) futásnál csökkent a biomassa és a szemtermés mennyisége a BASE-hez képest minden scenárió esetén.
4. Az 5x30 mm öntözés júliusban és 4x20 mm öntözés augusztusban (Öntözés2) futásnál csökkent a biomassa és a szemtermés mennyisége, a GFDL2534, az UKHI és az UKLO esetén, a BASE-hez képest.
5. A vetés előtt 3x80 mm öntözés és júliusban 5x80 mm öntözés (Öntözés3) futásnál csökkent a biomassa és a szemtermés mennyisége, a BASE-hez képest minden scenárió esetén.
6. A kezelés nélküli futást és az öntözéssel kombinált futásokat összehasonlítva, a biomassa és a szemtermés mennyisége minden scenárió esetén jelentősen megnövekedett
7. Legsikeresebbnek a vetés előtt 3x80 mm öntözés és júliusban 5x80 mm öntözés (Öntözés3) bizonyult, majd a júliusi 5x30 mm öntözés (Öntözés1)
8. A fenofázisok kezdő napja a kezelés nélküli futáshoz képest, mindhárom öntözésnél későbbre tolódott minden scenárió esetén.
9. A hőmérséklet emelkedés hatására a kukorica fenológiai fázisai megrövidülnek, az adott fenológiai fázisok kezdő napja előbbre tolódik.
10. Összességében elmondhatjuk, hogy a klímaváltozás hatása önmagában nem vonja maga után a kukorica szemtermés, illetve biomassa mennyiségének szignifikáns növekedését, míg öntözéssel jelentős termés mennyiség növekedés érhető el, és az időjárás hatása is tompítható.

6. Megvitatás

A kultúrnövények sokkal szembetűnőbben reagálnak a környezeti tényezőkre, mint a vadontermő növények, mert az utóbbiak számukra kedvező termőhelyen élnek, a kultúrnövények pedig sokszor olyan termőhelyre kerülnek, amely nem minden tekintetben felel meg igényeiknek.

Klimatikus adottságaink kedvezőek a növénytermesztésre, bár az időjárási- elsősorban a csapadékok eloszlásában jelentkező- szélsőségek és ingadozások veszélyeztetik a termés biztonságát. A víz káros többlete vagy hiánya az ország területének nagyobb részén 60%-os valószínűséggel a növénytermesztés korlátozó – a termést csökkentő, a minőséget rontó, termesztési költséget növelő tényezőként jelenik meg.

A növények élete szempontjából nem egyforma súlyú minden meteorológiai elem. Növényélettani szempontból ki kell emelni a víz és a hőmérséklet jelentőségét, amelyek minden növényre jellemző életfeltételnek számítanak.[Nyiri 1993]

Brown és Rosenberg a klímaváltozás lehetséges hatásait vizsgálva a kukoricatermesztésre, GISS, UKTR és BMRC scenáriókat alkalmazva, a kukorica számára a GISS paraméterei bizonyultak a legjobbnak. (A termés mennyiség 19%-al nőtt.) Míg az UKTR és a BMRC esetén **40%-al csökkent a termés mennyiség.**[1999]

Az UKTR eredményei párhuzamot mutatnak az ezen dolgozat alapjául szolgáló kísérlet tapasztalataival, miszerint az **UKTR hatására nem történik termés ill. biomassa mennyiség növekedés.**

A klíma változékonysága, tehát a hosszabb időintervallumokban megnyilvánuló klímastabilitás hiánya (és annak mértéke) meghatározó jelentőségű valamennyi földi ökoszisztéma állapota és állapotváltozásai szempontjából. A klíma változékonyságának mértéke (klímparaméterek alakulásának együttes variáciája) önmagában is jelentős heterogenitást mutat úgy térben (regionálisan), mint időben (vizsgálati időablakok szerint). A változékonyság mértéke és annak tér- és időbeli mintázata, ugyanakkor jelentős mértékben skálafüggő attribútum mindkét vonatkozásban. További módszertani problémát jelent az a tény, hogy nemcsak a hatótényező (esetünkben a klíma változékonysága), hanem a különböző természetes és ember által befolyásolt ökoszisztémák (mint a hatást fogadó rendszerek), szintén alapvető heterogenitást mutatnak a hatással szembeni érzékenységük szempontjából. Az érzékenység ebben az összefüggésben az egységnyi hatás-mennyiségre eső állapotváltozással és annak

Megjegyzés [B.D6]: Nándi szerint ez nem igaz, a cikk szerint igaz! Mit tegyék?

Megjegyzés [B.D7]: Nándi szerint ez nem igaz, a cikk szerint igaz! Mit tegyék?

dinamikájával jellemezhető. Az ökoszisztémák, mint szabályozási folyamatokra képes rendszerek, ráadásul nem egyszerűen passzív „elszenvedői” a hatásoknak, hanem azokra különböző mértékű és jellegű alkalmazkodással reagálnak. Ember által befolyásolt ökoszisztémák esetén ez az alkalmazkodás a humán tevékenység és a beavatkozások optimalizálását igényelné, amelynek ma még jelentős módszertani hiányosságai vannak.

Mindezek a viszonyok, úgy a klimatikus hatás, mint az ökoszisztémák reakciói illetve az emberi tevékenység szempontjából alapvető és meghatározó szerepet játszanak az ökoszisztémák fenntarthatóságában és az ezzel szemben megnyilvánuló kockázatokra. A kockázat fogalma ez esetben a különböző lehetséges állapotváltozások mértékével és azok bekövetkezési valószínűségeivel (illetve múltbeli relatív gyakoriságaikkal) jellemezhető.

További kutatási irányként szóba jöhet, a kukorica és kártevői kapcsolatának vizsgálata. Esetleg művelési módok, agrotechnikai módszerek bevonása a kísérletbe. Illetve más paraméterekkel rendelkező scenáriók hatásának tesztelése, a biomassa és szemtermés mennyiségére. Egyéb fejlesztési lehetőség még a kukorica élettani tulajdonságainak megfigyelése (vízhiány stressz stb.) klímaváltozás esetén, valamint különféle öntözési eljárások tükrében.

Az eddigi eredmények birtokában a legfontosabb továbblépési lehetőséget a modell továbbfejlesztése jelenti. Ennek jelenleg három fő iránya látszik kibontakozni:

1. A kukorica növény egyedszintű modellezéséről célszerű lenne áttérni az állományszintű modellezésre, ami azt is jelentené, hogy a makroklímára vonatkozó klímascenáriók és a növény igényei közé egy mezo- illetve mikroklíma modult is be kellene iktatni. Ugyanebbe a kérdéskörbe tartozik a tisztán időbeli szimulációról a tér-időbeli szimulációra való áttérés is, ami már a térbeli inhomogenitásokat (pl. talaj és tápanyag térképek, domborzat stb.) is inputként tudná kezelni, ezzel biztosabb alapot nyújthatna a precíziós kukoricatermesztés tervezéséhez is. Erre vonatkozóan már vannak kezdeti lépéseink.
2. Növényvédelmi szempontból a legfontosabb továbblépési lehetőséget a komplex agroökoszisztéma modellezés jelenti, amely a kukoricán kívül a legfontosabb gyomok, kórokozók, kártevők és azok természetes ellenségeit is figyelembe veszi, kölcsönhatási hálózat formájában. Ennek módszertana Ladányi et al 2003 cikkben részletes kifejtésre került.

3. Végül, de nem utolsósorban alapvető továbblépési irányt jelentene, ha a jelenlegi tisztán determinisztikus folyamatszémleletről áttérnénk a sztochasztikus szimulációra, amely megalapozhatná egy egzakt kockázatelemzés lehetőségét is.

Ebben a kutatómunkában azonban nemcsak a modell fejlesztési lehetőségei jelenthetnek továbblépést, hanem a scenáriókra vonatkozó input adatok is. Jelenleg a GCM-ekből statisztikai úton nyert direkt leskálázások adatsorait használják világszerte (és így mi is). Nyilvánvalóan sokkal megbízhatóbb eredményekhez jutnánk, ha e helyett a GCM-ekbe beágyazott Regionális Klímamodellek outputjait használnánk a modell inputjaiként. Ennek lehetősége néhány hónapon belül valósággá válhat az éppen most folyó KLÍMAKKT NKFP-projekt jóvoltából, amelyet a BCE KeTK Matematika és Informatika Tanszéke koordinál. Ennek keretében a lokális légmozgások, orográfia és egyéb felszíni szempontok is figyelembe vehetők.

Minőségileg új helyzet áll majd elő a modellezésben, ha a jelenlegi egy-egy pontra (városi mérőállomásra) leskálázott scenáriók helyett, maguk a klímaadatok is térképi formában kerülnek feldolgozásra. Ennek jelenleg legrealisabbnak tűnő megvalósítása a diszkrét térfelosztásban (raszteres térképállományok) keresendő.

Egy egészen új kutatási irányt jelenhetne, ha mindezen fejlesztések megvalósítása, már egy indirekt ordinációs módszertanon alapuló stabil állapotrendszer keretében valósulhatna meg, amely a jelenleginél sokkal árnyaltabb formában tenné lehetővé a modell tesztelését, kalibrálását, validálását, valamint a szimulációval és monitoringgal nyert adatsorok együttes kezelését is (Hufnagel és Gaál 2005).

7. Összefoglaló

A globális klímaváltozásnak komoly következményei várhatóak a mezőgazdaságban. A kukoricatermesztésre leginkább a hőmérséklet és a csapadékszint változás van kihatással. Célunk hat különböző időjárási scenárió (GFDL2534, GFDL5564, UKHI, UKLO és UKTR3140) magyarországi kukoricatermesztésre gyakorolt hatásának vizsgálata valamint háromféle csepegtető öntözési módszer hatékonyságának tesztelése volt. Kísérletünk helyszíne a debreceni régió volt, aminek jelentős szerepe van a magyarországi kukoricatermesztésben. Összehasonlítási alapunk a BASE volt, ami a jelenlegi debreceni időjárást reprezentálja. A biomassa és a szemtermés mennyisége csökkent a BASE-hez képest a GFDL2534 és az UKHI esetén. A kezelés nélküli futást és az öntözéssel kombinált futásokat összehasonlítva a biomassa és a szemtermés mennyisége minden scenárió esetén jelentősen megnőtt, legnagyobb mértékben az Öntözés 3 (vetés előtt 3*80 mm és júliusban 5*80 mm) és az Öntözés 1 (5*30 mm júliusban) hatására. A hőmérsékletemelkedés hatására a kukorica fenológiai fázisai lerövidültek és az adott fenológiai fázisok előbbre tolódtak. Eredményeink azt mutatták, hogy önmagában a klímaváltozás hatására nem számíthatunk a kukorica szemtermés illetve a biomassa mennyiségének növekedésére, míg öntözéssel jelentős termésmennyiség növekedés érhető el.

8. Summary

Global climate change has a major influence on agriculture. Maize production is largely affected by temperature and precipitation changes. Our aim was to study the effect of six different weather scenarios (GFDL2534, GFDL5564, UKHI, UKLO és UKTR3140) on Hungary's maize production and to test the efficacy of three dripping irrigation systems. The location of our experiment was the Debrecen region, which is of big importance in Hungary's maize production. Our standard was BASE, which represents the current weather conditions. Biomass and grain levels decreased in the case of GFDL2534 and UKHI, compared to BASE. When comparing runs without treatment and runs with irrigation, we found that biomass and grain levels increased significantly in all scenarios. Irrigation 3 (3*80 mm before sowing and 5*80 mm in July) and Irrigation 1 (5*30 mm in July) had the largest effect on biomass and grain levels. Phenological phases of maize shortened and happened earlier. Our results have shown that climate change in itself does not increase biomass or grain levels, while significant increase in yield can be reached by irrigation.

9. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Dr. Hufnagel Leventének (PHD egyetemi adjunktus) témavezetőmnek, hogy mindenben támogatott, megismertette velem a modellezést, és minden lehetséges módon segítette a munkámat.

Köszönöm Dr. Ferenczy Antalnak (PHD egyetemi adjunktus), konzulensemnek, hogy részt vállalt a modellezéssel kapcsolatos feladatokban.

Köszönöm Dr. Harnos Zsoltnak MHAS, Széchenyi díjas egyetemi tanárnak, aki rendelkezésemre bocsátotta a nemzetközi klímaszcenáriók Debrecenre leskálázott napi adatait.

Köszönöm a Budapesti Corvinus Egyetem Matematika és Informatika tanszék munkatársainak, hogy észrevételeikkel hozzájárultak a dolgozatomhoz.

Munkámat az NKFP 4/037/2001, OTKA T042583 pályázatok, valamint a VAHAVA és a KLÍMAKKT projekt támogatta, a BCE, Matematika és Informatika Tanszéken keresztül.

10. Irodalomjegyzék

- [1] Ángyán, J. (szerk.) (1987 a kukoricatermesztésben. Az agroökológiai körzetek és a területi fejlesztés. Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.
- [2] Bale, J.S., Harrington, R., Howling, G.G. (1992): Aphids and winter weather. I. Aphids and climate change. 139-143 pp. In: Zombori L. – Peregovits L. (eds.): Proceedings of the 4th ECE XIII SIEEC, Gödöllő, Hungarien Natural History Museum, Budapest
- [3] Barrow E.M.- Hulme M.(1996): Constructions of scenarios of climate change and climatic variability: Development of climate change scenarios at a range of scales. In: Harrison P.A.- Butterfeild R.E. –Dowing T.E.(szerk) Climate change, cClimatic Variability and Agriculture in Europa. An Integratid Assessment. Annual Report 1996. Oxford: Environmental Changa Institut, University of Oxford. 13-18 p
- [4] Bartholy J., Matyasovszky I., (1998): A Kárpát-medence hőmérsékleti és csapadék viszonyainak alakulása a globális éghajlatváltozások tükrében. - Meteorológiai Tudományos Napok 97, Az éghajlatváltozás és következményei (Szerkesztette: Dunkel Z.), Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 117-125pp.
- [5] Beltrao J., Antunes da Silva A., J.B. Asher J.B. (1996): Modeling the effect of capillary water rise in corn yield in Portugal. Irrigation and Drainage Systems, 10:179-186
- [6] Bootsma,-A; Gameda,-S; McKenney,-D-W (2005) : Potential impacts of climate change on corn, soybeans and barley yields in Atlantic Canada. Canadian-Journal-of-Soil-Science. 85(2): 345-357
- [7] Brown, R.A., Rosenberg, N.J. (1999): Impacts on climate change potential production of corn, sorghum, soybean, and winter wheat in the conterminous United States for application to the PNNL Global Change assessment model. Report to the Electric Power Research Institute under project PNNL 20305 and agreement# WO2141-22 (formerly RP3341-02).
- [8] Bussay, A., Szinell, Cs., Szentimrey, T. (1999): Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége. 6-66pp. In: Szalay S. – Dunay, S (szerk.): Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok. O. M. SZ., Budapest.
- [9] Csáki Cs. (1976) Szimuláció alkalmazása a mezőgazdaságban, 5. oldal
- [10] Cure, J. D., Acock, B. (1985): Crop responses to carbon dioxide doubling: a literature survey. Agricultural and Forest Meteorology 38, pp. 127-145

- [11] Dennis, R. L. H., Shreeve, T.G. (1991): Climatic change and the British butterfly fauna: opportunities and constraints. *Biol. Conserv.*, 55: 1-16pp.
- [12] Goudriaan, J. (1977): Crop micrometeorology: a simulation study. *Simulation Monographs*. Wageningen (Netherlands). Pudoc. 257 p.
- [13] Harnos, N. (2003): A Klímaváltozás hatásának szimulációs vizsgálata őszi búza termelésére. - „Agro-21” füzetek, Az agrárgazdaság jövőképe. 31. szám: 56-72 oldal
- [14] Harwell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S., Samuel, M. D. (2002): Climate warming and disease risk for terrestrial and marine biota. *Science*, 296: 2158-2162 pp.
- [15] Ibrikci,-H; Ulger,-A-C; Cakir,-B; Buyuk,-G; Guzel,-N (1998): Modeling approach to nitrogen uptake by field-grown corn. *Journal-of-Plant-Nutrition*. 21(9): 1943-1954
- [16] Jansen, M. G. M. (1995): *Pseudaulacaspis pentagona* (Homoptera: Coccoidea, Diaspididae), een nieuwe soort voor onze fauna? *Ent. Bericht. Amst.*, 55: 174-176 pp.
- [17] Kendall, A. C., Turner, J. C., Thomas, S. M. (1985): Effects of CO₂ enrichment at different irradiances on growth and yield of wheat: I. Effects of cultivar and of duration of CO₂ enrichment. *Journal of Experimental Botany*, 36. pp. 252-260
- [18] Kovács G. J., Fodor N. (2005) : A klímaváltozás tápanyagforgalomra gyakorolt hatásának becslése. A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. 221-234 oldal
- [19] Láng, I. (2006): A Globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok – VAHAVA zárójelentés. BP, MTA
- [20] Láng, G., dr. (1976): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat
- [21] Ladányi, M. (2006): Folyamatszemplétű alternatívák az agroökológiai modellezésben. PHD értekezés kézirat BCE, Matematika és Informatika Tanszék
- [22] Mészáros, E. (2001): Éghajlatváltozás: természetes vagy emberi hatások. *Magyar Tudomány*, 11: 1315-1319 pp.
- [23] Menyhért, Z. (1979): Kukoricáról a termelőknek, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

- [24] Mika, J. (2002): A globális Klímaváltásról: Egy meteorológus kutató szemszögéből. Fizikai szemle, 52: 258-268 pp.
- [25] Mize,-C-W; Egeh,-M-H; Batchelor,-W-D (2005) : Predicting maize and soybean production in a sheltered field in the Cornbelt region of North Central USA. Agroforestry-Systems. 64(2): 107-116
- [26] Nash, D., Agassiz, D. (1991): the spread of an interest invader in Britain. Abstr. ECE/SIEEC, Gödöllő, 1991, 163 p.
- [27] Nánási Irén (szerk.) (2005) Humánökológia, Medicina könyvkiadó Rt. Budapest
- [28] Nyiri L. (1993) Földműveléstan, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- [29] Overman,-A-R; Scholtz,-R-V,-III (2004) : Model analysis for growth response of corn. Journal-of-Plant-Nutrition.; 27(5): 885-906
- [30] Pollard, E., Yates, T. Y. (1992): The extinction and foundation of local butterfly populations variability and other factors. Ecol. Entomol., 17: 249-254 pp.
- [31] Sepaskhah,-A-R; Bazrafshan-Jahromi,-A-R; Shirmohammadi-Aliakbarkhani(2006): Development and evaluation of a model for yield production of wheat, maize and sugarbeet under water and salt stresses. Biosystems-Engineering. 93(2): 139-152
- [32] Sparks, T. H., Carrey, P. D. (1995): The response of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record, 1736-1974. J. of Ecology, 83: 321-329 pp.
- [33] Varga-Haszonits Zoltán (1977): Agrometeorológia, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- [34] Varga-Haszonits, Z., Botos, L. (szerk.) (1974): Agroklimatológia és növénytermesztés. Budapest, MÉM, OMSZ.
- [35] Varga-Haszonits, Z. (1987): Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó
- [36] Varga-Haszonits, Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scenáriók („Agro-21” Füzetek, 31. sz.
- [37] Worman, F.O., Biere A.W., Hooker, M.L., Vanderlip, R.L., Kanemasu, E.T. (1988): Simulation Analysis Using PHysiological Crop-Response Models: alternative cropping strategies for southwest Kansas. Kansas Agricultural Experimental Station Bulletin 653, Manhattan, KS.

[38] Yang, J.-P., Chen, J. 2. (1998): The Effect of soil water-logging at different growth stages on the growth and development of spring corn. ACTA Agriculturae Zhejiangensis, No4

Elektronikus források:

Bartholy,J.(2004): www.origo.hu/mindentudasegyeteme/bartholy/20040913Bartholy1