

RÉSZLETES EREDMÉNYEK

A kutatás kísérleti adatgyűjtéssel és a kelési modell vázának kialakításával indult. A további kísérleti eredmények alapján a kezdeti modellt bővítettük, kalibráltuk és validáltuk. A pályázati munka tehát két részre – a csíráztatási, kelési kísérletekre és a kelési modell építésére – tagolható, melyet egymással párhuzamosan végeztünk. Az eredményeket e két feladatnak megfelelően csoportosítva ismertetjük.

I. CSÍRÁZTATÁSI ÉS KELÉSI KÍSÉRLETEK. ÖSSZEFÜGGÉS-VIZSGÁLATOK

I/1. A KÖRNYEZETI HATÁSOK EGYENKÉNTI VIZSGÁLATA

I/1.1. Laboratóriumi, tenyészedenyes, liziméteres vizsgálatok

-Vizsgált talajok jellemzése

A talajtulajdonságok kelésre gyakorolt hatását különböző talajokon vizsgáltuk. A vizsgált talajok típusa a következő volt: mészlepedékes csernozjom talaj (Debrecen, Nagyhörccsök), meszes homoktalaj (Órbottyán), réti talaj (Karcag, Szarvas), barna erdőtalaj (Kompolt, Gyöngyösoroszi).

Év: 2003 A kísérletek indulásakor megmintáztuk a talajokat, majd a laboratóriumi vizsgálatokkal megállapítottuk a talaj azon jellemző tulajdonságait, melyek a jelenlegi modellekben használatosak (input paraméterek: vízkapacitás jellemzők (*HV*, *VK_{sz}*, *Vk_{max}*), pH-érték, szerves C-tartalom). Fontos feladatunk volt a talajminták homogenizálása után a tenyészedenyes és liziméteres kísérletek előkészítése.

Év: 2004, 2004, 2005 Előbbi vizsgálatokat a későbbiek során kiegészítettük a talajok összes elemtartalmának, só – és mésztartalmának, szemcseeloszlásának, továbbá a feltalaj térfogattömegének meghatározásával.

-Vizsgált növények vetőmagjának csírázóképesége szabványos csíráztatáskor

Év: 2003 A csírázóképeség a tőszámbecsléshez szükséges új bemenő adat. Értéke a kereskedelmi forgalomban levő vetőmagoknál vetőmagszabványok által meghatározott. A vizsgálatokhoz beszerzett kukorica (*Gramineae: Zea mays L.*) és repce (*Brassicaceae: Brassica napus L.*) magot a vonatkozó szabvány szerint csíráztattuk

Az Occitan, Furio és Maraton kukoricahibrideknél a felsorolás sorrendjében a szabvány szerinti ellenőrzés első napján 48 %, 46 %, 43 %-os, az utolsó napján 98 %, 96 %, 94 %-os csírázási arányt kaptunk. A repcénél csak egy fajtát vizsgáltunk (GK Gabriella), melynek csírázóképesége az ellenőrzés első napján 55 %, utolsó napján pedig 91 % volt.

Év: 2004, 2005, 2006 E vizsgálatot a kísérletek megbízható kiértékeléséhez a továbbiakban minden évben elvégeztük.

-A vizsgált növények csírázásának hőmérsékleti és talajvíztartalom függése

A csírázási alapfüggvények kialakításához klímakamrás kísérletekkel meghatároztuk a hőmérséklet és a víz hatásának kritikus pontjait.

Év: 2003 Kísérletsorozatot végeztünk a víz-és hő-szükséglet, az optimum és szélső értékek jellemzésére. Az első kísérletben a hazai növénytermesztői gyakorlatnak megfelelő

hőmérsékleti szinteken (0, 5, 10, 15, 20, 25 °C-on) és talajonként 3 víztartalom (HV, VKsz, VKmax) állapotnál.

A további vizsgálatok során az alap (bázis) hőmérséklet és a „minimális” talajnedvesség értékének pontosabb meghatározására újabb kísérleteket állítottunk be. Az alaphőmérséklet megállapítására 0-10 °C között, 2 °C-onkénti konstans hőmérsékleten végeztünk csíráztatást. A „minimális” talajnedvesség meghatározását pedig szintén leszűkítettük a HV és a VKsz közti víztartalom-különbség előbb 0-20 %-a, majd 0-10 %-a között különböző szinteken végzett csíráztatással.

Megállapítottuk, hogy az ún. alaphőmérséklet csak a növényfajtól függ, a talajtípustól független (Tb-kukorica: 8 °C és repce: 4 °C), a víztartalmi határértékek viszont a növénytől és a talajtípustól is függők (kukoricára: HV + (VKsz-HV)* 0.06 tf%, repcére: HV + (VKsz-HV)* 0.03 tf%).

Év: 2005 Laborkísérletet végeztünk a kelési % hőmérséklettől függő gyakorisági eloszlásának, és a felső hőmérsékleti határérték megállapítására. Mindkét vizsgált növényfajra (kukorica, repce) vonatkozóan csaknem a teljes, kritikus hőmérsékleti határértékek közötti tartományban normál eloszlást kaptunk. Csupán a szélső határértékek (Tb-kukorica: 8 °C és repce: 4 °C és T max- kukoricánál és repcénél 45 °C) közelében (kukorica: ± 3 °C; repce: ± 2 °C) vált a görbe aszimmetrikussá.

-A talaj nehézfém-szennyezésének hatása a növények kelésére

Év: 2004, 2005 A kelést alakító további „talajtényező” lehet a nehézfém-szennyezés. Laboratóriumi kísérletekben vizsgáltuk Gyöngyösorosziból származó nehézfémekkel természetes úton szennyeződött (két szennyezési szint) és szennyezetlen talajban a kukorica és a repce kelését. A fő szennyező elemek jellemző értékei a következők voltak:

- a szennyezetlen talajban: Pb 18.5 mg/kg, Zn 95 mg/kg, As 9.8 mg/kg, Cd 0.17 mg/kg, Cu 19 mg/kg,
- az alacsony szennyezett talajban: Zn 220 mg/kg, Cd 1.2 mg/kg, As 18 mg/kg > 'B'-határértéknél, míg a Pb 85 mg/kg, Cu 28 mg/kg < 'B'-határértéknél.
- a magasan szennyezett talajban: Pb 2890 mg/kg, Zn 1760 mg/kg, As 72 mg/kg, Cd 28 mg/kg, Cu 1200 mg/kg > 'C3'-határértéknél.

Megállapítottuk, hogy alacsony ('B'-határérték közeli) szennyezés a vizsgált növényfajok csíraszámára nincs hatással, ezzel szemben igen jelentős kelési gátlást okozott a magas ('C3'-határérték közeli) szennyezés. A növényfajok érzékenysége a magas szinteken a repce jóval érzékenyebbnek bizonyult, mint a kukorica. A szennyezés hatására a kikelt növények aránya (20 °C-on) a kukoricánál 6-15 %-kal, a repcénél viszont mintegy 28-46 %-kal csökkent (lásd hőmérséklet és pH hatása).

A különböző mértékben szennyezett talajon folytatott vizsgálatokat, a munka iránti fokozott hazai és külföldi érdeklődés miatt a tervezettnél több növényfajjal (összesen 15), újabb kísérleteket beállítva is elvégeztük.

I/2. A KÖRNYEZETI HATÁSOK EGYÜTTES VIZSGÁLATA.

I/2.1. Laboratóriumi, tenyészedényes, liziméteres vizsgálatok

- A vízellátás hatása a talajok kergesedésére és a növények kelésére

Év: 2004 A kelést alakító „talajtényezők” közé sorolható a talaj kergesedése. Liziméteres modellkísérleteket végeztünk a talajok kergesedési hajlamának megállapítására. A vizsgálatban az időszakos felszíni vízállás (víztartalom \geq V_{kmax}*1.5) után kiszárítottuk a talajokat, s

megmértük a képződött kéreg vastagságát. A kéregképződésben a víztartalom mellett az agyagtartalom a meghatározó.

Év: 2004 A talajok kérgesedési hajlamának vizsgálatával párhuzamosan laboratóriumi körülmények között megállapítottuk a kukorica és a repce csíranövény kéregáttörő-képességét. A kikelt növények száma a kéregvastagság függvényében a két vizsgált fajnál eltérő hiperbolával jellemezhető. Linearizálás után a kukorica kelési %-ára vonatkozóan: $1/y = 0.0964x - 0.0286$, a repce kelésére pedig $1/y = 0.295x - 0.016$.

Év: 2004 A kelés a vetésmélységnek is függvénye. Hatását a hazai gyakorlatnak megfelelő leggyakoribb szélső értékek között vizsgáltuk (kukorica 2-10 cm, repce 0-5 cm). A sekély vetés a vízellátás függést felerősítette, a mélyebb vetés azonban, különösen a homok talajon járt a kelési arány csökkenésével.

- A talaj nehézfém-szennyezésének hatása a talaj pH-érték és hőmérséklet változásával

Év: 2004, 2005, 2006 Két részkísérletet állítottunk be kontrollált körülmények közt, két hőmérsékleti szinten: 25/15 °C –on (jelölése Tm) és 15/10 °C –on 16/8 órás nappal/éjjel beállítással.

A szennyezés csírázás gátló hatása a talaj savanyodásával és a hőmérséklet emelkedésével párhuzamosan felerősödött. Így pl. míg szennyezetlen talajon a hőmérséklet növelésével javult mindkét faj aránya (kukoricánál 96%-ról 98%-ra, repcénél 82%-ról 88%-ra), addig az erősen szennyezett talajon, különösen savas pH-nál (pH 5) a kelési % jelentősen csökkent (kukoricánál 90%-ról 84%-ra, repcénél 54%-ról 32%-ra). (Máthéné et al. 2004/ a, b, Anton and Mathe-Gaspar 2004 és 2005, Oldal et al. 2005, Sipter et al. 2005)

I/2.2. Szabadszíri vizsgálatok, mérések

Év: 2003, 2004, 2005, 2006 Szabadszíri kísérletekhez csatlakozva az említett helyeken (Nagyhőrcsök, Örbottyán, Kompolt, Debrecen, Szarvas, Karcag) vizsgáltuk a növények kelését és a kelést alakító tényezőket.

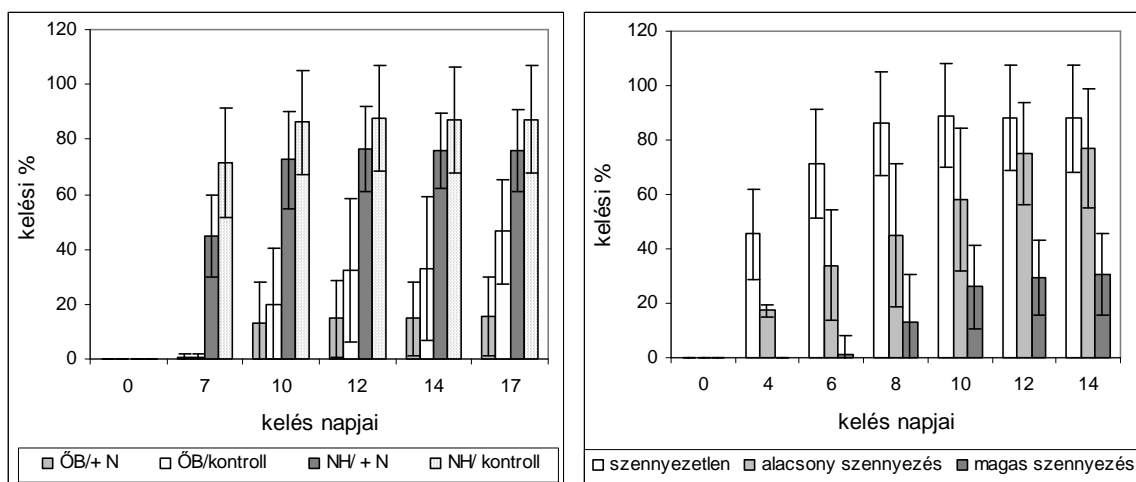
A növények kelését a nagy csíraszámú vetett repcénél legkevesebb 3x1 m-es kijelölt sorokon, a kukoricánál pedig 3x5m-es sorokon 1-2 naponkénti számlálással követtük, s az elvetett csíraszámhoz viszonyítottuk.

A kísérlet kezdetekor meghatároztuk a talaj elemtartalmát, fiziko-kémiai jellemzőit (a felső 20 cm-es rétegben), és a talaj víztartalmát (1m-es mélységig). A vetéstől a kelés végéig tartó periódusban 1-2 naponként mértük a talajhőmérsékletet, a víztartalom és a térfogattömeg változását a felső 10 cm-es talajrétegben.

-Repcekísérletek

Év: 2003, 2004, 2005 A repce kelését Nagyhőrcsökon és Örbottyánban N-trágyázási kísérletben (2003-ban), Kompolton vetésidő kísérletben (2004-ben, 2005-ben) Gyöngyösorosziban pedig nehézfémekkel szennyezett és szennyezetlen területen (2003-ban, 2004-ben) vizsgáltuk. 2004-ben Örbottyánban repce helyett mustár kelését vizsgáltuk (Máthé-Gáspár és Anton 2005/a, b, Máthé-Gáspár et al. 2005, Anton et al. 2006)

A 2003-as év száraz időjárása meghatározó volt. A szárazság (holtvíztartalomhoz közeli talaj víztartalom) csírázást gátló hatását fokozta a nagy N-adag és a nehézfém-szennyezés (1. ábra), mert időlegesen növelte a talaj sókoncentrációját (Máthé-Gáspár et al. 2004, Máthéné et al. 2005). A talaj nedvességtartalmának meghatározó szerepét mutatta, s pontosította a víztartalom határértékeket a 2004-es Gyöngyösorosziban és 2004-ben és 2005-ben Kompolton beállított kísérlet.

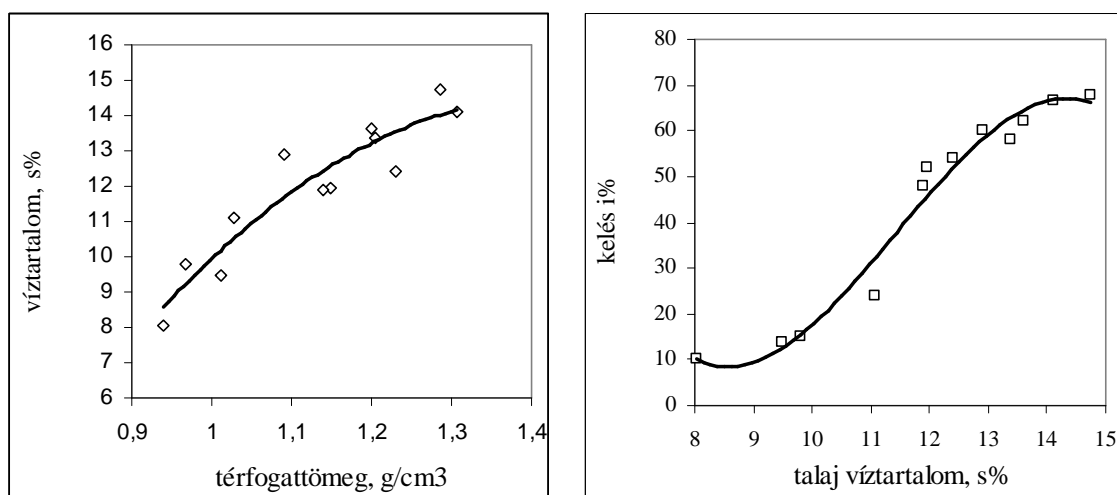


1.ábra A repce kelésének változása N-trágyázás és nehézfém szennyezés hatására

-Kukoricakísérletek

Év: 2003, 2004, 2005, 2006 A kukorica kelését talajművelési tartamkísérletekben, Debrecenben és Karcagon, trágyázási kísérletekben pedig Nagyhörcsökön és Kompolton vizsgáltuk. A talajművelési variánsok Debrecenben őszi, tavaszi szántás és tavaszi tárcsázás, Karcagon őszi szántás és direktvetés. GyöngyöSOROSZIBAN a nehézfém-szennyezés különböző szintjein vizsgáltuk a kukorica kelését.

A művelési mód száraz időjárás esetén (2003) a talaj térfogattömegében, nedvességtartalmában, s ezeken keresztül a kelési eredményekben megbízható különbséget okozott. (Mathe-Gaspar and Ratonyi 2004) (3. ábra). A kellően csapadékos években viszont (2004-2006), amikor a csírázó mag vízigénye biztosított volt, a vizsgált művelési módok hatására nem alakult ki jellemző kelési különbség (Máthé-Gáspár et al. 2006, Máthé-Gáspár et al. 2007, Németh et al. 2007).



3. ábra A térfogattömeg összefüggése a talaj víztartalmával és a víztartalom összefüggése a kukorica kelésével

II. KELÉS MODELLEZÉSE

-Input paraméterek kialakítása

Év: 2003 Az új csírázási modell input paraméterei a kelés modellezéséhez szükségesek. Fontos jellemzőjük, hogy valamennyi pontosan (faj, fajta) vagy jó közelítéssel (csírázóképeség, magszám, vetésmélység) megadható. Az általunk használt termelési modellekhez viszonyítva egyetlen új bemenő adat van: a csírázóképeség, mely kereskedelmi forgalomban levő vetőmagoknál ismert (vetőmag szabvány), saját magtermesztés esetén pedig szabványos csíráztatással könnyen megállapítható.

-Tőszámbecslő és kelési időt becslő modell kialakítása, kalibrálása

Év: 2003, 2004, 2005 Kialakítottuk az input pótlását szolgáló tőszámbecslő kelési modult. A számítás alapja az adott növényre (faj, fajta) jellemző, azaz szabványos csíráztatás esetén kapott csírázóképeség. Ez a feltételrendszer jelenti az ún. optimális feltételt. A tényleges csírázás becslése az optimális feltételektől való eltérés megállapítása alapján történik (*Mathe-Gaspar et al. 2003*).

A környezeti tényezők - melyeknek értéke egységesen 0 és 1 (=optimális feltételek) közötti relatív szám - a kikelt növények számát előbbi értékből, azaz a csírázóképeségből kiindulva alakítják, azaz vagy szinten tartják (ha a környezeti feltétel =1), vagy csökkentik (ha a környezeti feltétel <1) (*Mathe-Gaspar et al. 2006*)

A modellben elkülönítettük a csírázás hő-, víz-, és ún. talajtényezőjét. Valamennyi tényezőre kísérleteink alapján határértékeket és függvényeket állapítottunk meg (*Mathe-Gaspar et al. 2005/a*).

Év: 2005 A kelési idő becslésekor a tőszámhoz hasonlóan a kelés idejét is az ún. optimális feltételek közötti időből (szabványos csíráztatás ideje) kiindulva a víz-, hőmérséklet- és talajtényezővel (szorzótényezőkkel) változtatjuk. Bár a kedvezőtlen feltételek hatására a tőszám csökken, a kelési idő pedig nő, a modellbecslésnél mégis mindkét esetben 0-1 közötti szorzótényezőt alkalmazhatunk. Ennek magyarázata: a fejlődés sebességét a napi hasznos hőösszeg vezérli, mely kedvezőtlen körülmények hatására szintén csökken.

- Kelési idő elhúzóadásának vizsgálata, a kelés homogenitásának jellemzése, a szórás becslhetősége

Év: 2005, 2006 A kedvezőtlen feltételek jellemzésére alkalmazott három szorzótényező közül az ún. „hő”- és „víz”-tényező egyszerű tényezők, értékük a vetés mélységében a hőmérséklet és víztartalom függvénye. A harmadikként bevezetett ún. „talaj”-tényező az előbbiektől eltérően összetett, értéke függ –az eddigi vizsgálataink alapján jelenleg megadhatóan- a talajművelés módjától (mélység, időpont), a talaj pH-értékétől. Kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a szélső hőmérsékleti határértékek közelében a lineáris közelítés helyett exponenciális függvény használata indokolt.

A talajfeltételek jellemzésére bevezetett három szorzótényező alkalmas a kelést elhúzóadásának és a tőszámat csökkenésnek a becslésére. A modellszámításban a kelést lassító és a tőszámat csökkentő feltételek jellemzésére határértékeket vezettünk be. A határértékek egy része a talaj típusától függetlenül minden esetben érvényesül pl. pH-érték (*Mathe-Gaspar et al. 2006*), míg más a talajtípustól függő peremfeltétel pl. kérgesedés. Utóbbi hatása a talaj vízállapotásával egyértelműen összefüggő, időleges változó, mely V_{kmax} feletti víztartalom érték gyors csökkenésekor a talaj agyagtartalmától függően hat.

A kelés elhúzódása az állományt heterogénné teszi, számos agrotechnikai problémát, végső soron termésvesztést okoz.

Év: 2005 A területi kiterjesztés a feltételrendszer heterogenitásával jár, melyet a becsléshez jellemeznünk kell. A kisparcellás szabadföldi kísérletek alapján meghatároztuk a kísérleti szórásokat. Szántóföldi becsléseknél, egyéb adatok hiányában feltételezzük, hogy ezek az értékek a minimális szórásnak felelnek meg. Ha viszont a táblára vonatkozó adatokkal rendelkezünk, akkor több párhuzamos modellbecslés eredménye alapján számítjuk a kelés lehetséges szórását.

- Kelési idő és kelési % becslési modelljének validálása

Év: 2005, 2006 A validálásához szabadföldi és liziméteres kísérletek szolgáltak.

A modellek valamennyi bemenő adatával kapcsolatosan általános nehézség az adathiány, vagy pontatlanság. A kelési %-ot sűrűn vetett növényeknél még kísérleti körülmények között is ritkán állapítják meg, ugyanakkor értékére a növény élettani folyamatai, a modell kimeneti eredményei (fejlődés és növekedés, s végezetül a produkció) érzékenyek.

Az új kelési modell elsődleges jelentőségét ezért az adja, hogy a kelési arány (kelési %) becslésével a produkciós modellekben egy jelentős input helyettesítésére alkalmas. A talajtényezők között szerepel többek között a talaj pH-értéke (3. ábra), só ill. nehézfém-tartalma, vagy a talajművelés hatása.

Megállapítottuk, hogy az általunk fejlesztett kelési modell jelentősége egyértelmű a végső kelési % megállapításánál, hiszen ebben az esetben egy gyakran pontatlan bemenő adatot helyettesít. Ezen túlmenően a kelés menetének napi becslése jelzi a kelés, tehát az induló növényállomány homogenitását, melynek jelentősége a termesztési gyakorlatban közismert.

Év: 2006 Kelési időt a jelenlegi modellek (4M –modell illetve elődei a CERES és a CROPGRO) is becsülnék. A becslési módszerek összehasonlításakor megállapítottuk, hogy az általunk fejlesztett kelési modell jelentősége a kelési idő becslésénél csak kedvezőtlen feltételek esetén mutatkozik meg, hiszen kedvező talajfeltételek esetén a korábbi modellek közelítése is jó ($r^2=0,8-0,9$). Új modellünk jelentősége kedvezőtlen, szélsőséges csírázási feltételek esetén, a kelés elhúzódásának becslésénél azonban egyértelműen hiányt pótló (3. ábra) (Mathe-Gaspar et al. 2006, Fodor et al. 2006)

3. ábra A kelési % becslése az új modellel, továbbá a kelési idő becslése a régi és az új modellel

