



GAZDASÁGI NÖVÉNYEINK MAGÁNÉLETE II.: A KUKORICA

Szabó István
növényvédelmi és talajtani
szakmérnök, Pro-Feed Kft.

Dr. Orosz Szilvia
Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft.

A hazai kukoricatermesztés teljesítménye meghatározó szempont a megfelelő takarmánybázis előállításában. Nemcsak mennyiségi, hanem minőségi oldalról sem mindegy, milyenek a termesztés körülményei, hiszen az évjáratnak erős befolyásoló hatása van mindkét paraméterre.

A növénytermesztés akkor tud megfelelő módon felkészülni a környezeti hatások „kezelésére”, ha pontos növényélettani ismeretei vannak az egyes terméselekekről, azok kialakulási idejéről és a növény válaszreakcióiról.

A KUKORICA TERMÉSELEMEI

A termelés gazdaságosságát alapvetően határozza meg a növény hozama, általában a szemtermés területegységenkénti mennyisége. Ez a kukorica esetében annyiban tér el a megszokottól, hogy silóként betakarítva a teljes föld feletti biomasza mennyisége és minősége számít. A hozamot meghatározó terméselemek a kukoricánál a következők:

1. a hektáronkénti növények száma,
2. a növényenkénti csövek száma,
3. a csövenkénti sorok száma,
4. a soronkénti szemek száma,
5. a szemek tömege és beltartalma.

Minden egyes terméselemre hatással van annak kialakulási időszaka. Ennek ismerete segítséget nyújthat abban, hogy az egyes paraméterek javításával az össztermést és annak minőségét javíthassuk.

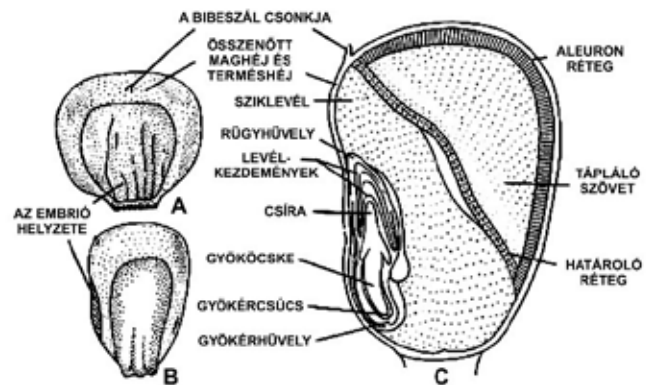


1. kép: 6 leveles fejlettségű kukorica

A NÖVÉNYEK SZÁMA

A kukoricát széles sortávolsággal, szemenként vetjük (ún. kapás kultúra), a kialakult tőszám közvetlen hatással van a végső hozamra. Minden egyes tőhiány termésvesztéset okoz, mivel a növény kompenzáló képessége elmarad a kalászosokétól. (Pl. az őszi búza tőhiányos állapotban bokrosodásával tudja pótolni a kieső kalászszaámot.) A kikelt növények száma minél kisebb eltérést mutat az elvetett csíraszámától, annál jobb termés várható. A vetőmag minősége tehát meghatározó a végleges tőszám tekintetében. A csíra kialakulása a vetőmagtermesztő táblán történik meg, és legkritikusabb időszaka a mag fejlődésének első szakasza, a megtermékenyítést követő kb. 14 nap (egy ún. lag fázis vagy nyugalmi szakasz). A sejtdifferenciálódás és osztódás során ekkor alakulnak ki

a csíraszervek és a táplálósövet sejtjei, velük pedig a mag ún. elnyelő kapacitása (2. kép).



2. kép: A kukoricamag szerkezete

A NÖVÉNYENKÉNTI CSÖVEK SZÁMA

A kukorica hajtásképzése a vele rokon kalászos növényekhez hasonló. Ugyanúgy képez oldalágakat, mint például az őszi búza, bár ezek jelentősége és fejlődése eltér az ott tapasztaltaktól. A kukorica minden levelének hónaljában megtalálható egy-egy hajtásrügy, aminek csúcsi osztódó szöveve leveles hajtás képzésére képes. A földalatti rügyekből hajthatnak ki az ún. fattyúhajtások, míg a címer alatti levelek hónaljában fejlődő oldalágak csúcsának átalakulásából kukoricacsövek lesznek. A

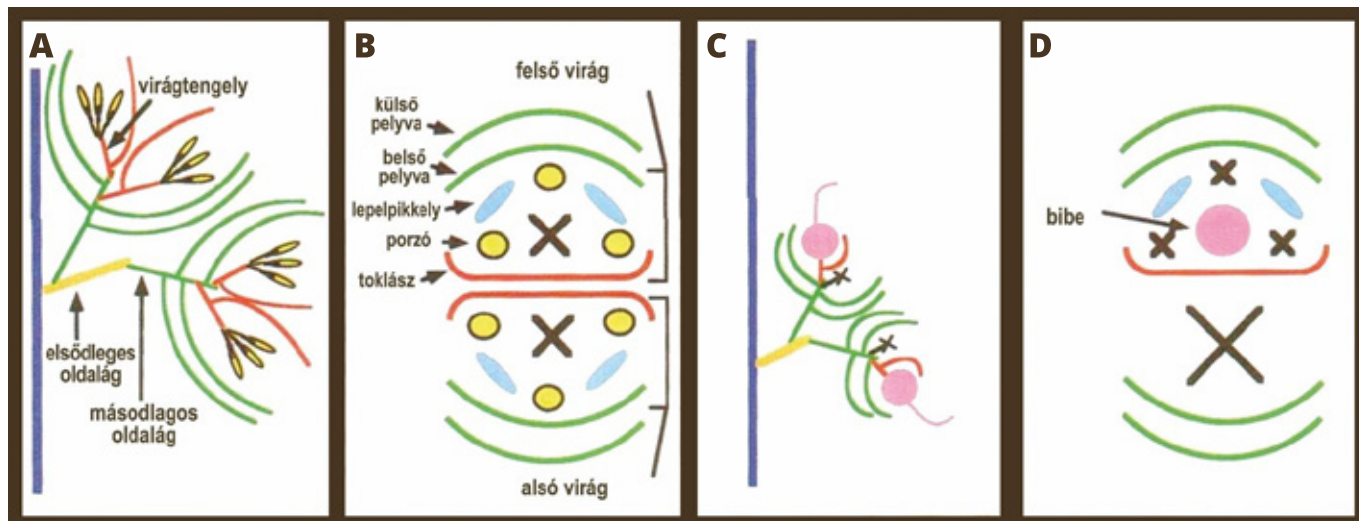
kukorica virágai egyivarúak, a növény csúcsán találjuk a címert vagy bugavirágzatot (hímvirágzat), a levelek hónaljában pedig a torzsa virágzatot (nővirágzat). Ez utóbbiak számát a környezeti körülmények (pl. állománysűrűség, víz- és tápanyagellátás, fény) határozzák meg, de normál termesztési feltételek mellett növényenként 1-2 darab fejlődik ki teljesen, amelyekből az elsődleges cső mérete és szemszáma általában meghaladja a másodlagos csőét.

A KUKORICA VIRÁGKÉPZŐDÉSE

A kukorica mexikói őse, a teosint szigorúan rövid napalós növény, amely csak akkor képes virágozni, ha a nappalok hossza nem halad meg egy bizonyos időtartamot. Házasítása során a növény elvesztette ezt a tulajdonságát, és a kukorica mai formája már nappal-semleges. A virágzat kialakulásának nem szükséges feltétele a megfelelő fotoperiódus, hanem egy, a levelekből érkező kémiai jel (ún. indukció) – a kiváltó ingerület képződési helye tehát megegyezik a fotoperiódusával – hatására megszűnik a levelek képződése (véglegesedik azok maximális száma), és virágkezdemények differenciálódnak. A legújabb kutatások szerint az ingerületet az váltja ki, hogy a levelek számának növekedésével az ún. érett levelekben a képződő cukornak és (annak raktározott formájának) a keményítőnek az aránya megváltozik. Ekkor a kukorica **5-6 valódi leveles korú (1. kép)**. A növény azt érzékeli, hogy a keményítő mennyisége már fedezni képes

a virágszervek képződésének, fejlődésének, majd megtermékenyítésének az energiaigényét. Ezt hívjuk „**cukor órának**”.

A virágdifferenciálódás után a buga- és a torzsavirágzat fejlődése három fázison megy keresztül (3. kép). Az első még párhuzamosan és azonos módon zajlik: mindkettőnél kialakulnak a páros kalászkák, illetve az ezeket tartó két virágzati oldalág (2x2 potenciális virág). A második szakaszban elválik egymástól a hím- és nőivarú virágok fejlődése: megjelennek a virágszervek, de a torzsavirágzatban a két kalászka mindegyikében elhal az alsó fekvésű virág. (A bugavirágzatban minden pozícióban 2x2 virág, a torzsavirágzatban minden pozícióban 2x1 virág marad – a csövön ezért mindig páros a sorok száma.) A fejlődés harmadik szakaszában aztán szelektív módon megtörténik a virágrészek elhalása, és mindkét virágzat egyivarúvá válik.



3. kép: A kukorica hím- (A,B) és nővirágzatának (C,D) fejlődése (forrás: Veit és mtsai., 1993.)

A CSÖVENKÉNTI SOROK SZÁMA

A kukorica 5-6 leveles korában tehát annyira megnő az idősebb levelekben a keményítő:cukor arány, hogy megtörténik a virágdifferenciálódás, és megkezdődik a virágzatok fejlődése. A csúcsi osztódó szövet státuszváltásával, a torzsavirágzat tövéénél kialakul a virágzati oldalág-kezdemények maximális száma. Ezzel lényegében

eldől, hogy hány szemsor lesz a kukoricacsövön. A csőfejlődés következő időszakában érhetik a növényt olyan hatások, amelyek nyomán a szem-párok egyike elhal, de ez csak 1-1 pozícióban csökkenti a sorok számát, és nem lesz jellemző az egész csövön.

A SORONKÉNTI SZEMEK SZÁMA

A csővenkénti sorok számának véglegesedése után megindul a kalászkapárok gyors differenciálódása (a csövön gyűrűszerűen felfelé) és szelektív fejlődése. Ennek a folyamatnak a végén kialakul a soronkénti szemek potenciális száma. Ekkor a kukorica minimum 12 valódi leveles fejlettségű (V12), de a vetésidőtől és a körülményektől függően a kalászkapárok kialakulása eltarthat egészen a bajuszszálak megjelenéséig (R1). Ezek fejlődése valamikor a 12 leveles korban kezdődik, és növekedésük elsősorban a növény vízellátásától függ (4. kép). A bajusz vagy bibeszálak napi növekedési üteme kb. 4 cm, és ennek motorja elsősorban a sejtek turgora. Vízhányos körülmények között fejlődésük lassul, aminek következménye az lesz, hogy a pollenszóródás és a bibeszálak megjelenésének ideje eltolódik, és csökken a hatékony megtermékenyítés lehetősége. A bibeszálak a kukoricacső alapján elhelyezkedő magkezdeményekből nőnek ki először, és a cső végén legkésőbb, majd a megjelenésük után kb. 10 napig megtermékenyíthetők. A pollen megtapadását apró szőrök, és a bibeszál felületére kiválasztott szekrétaumok segítik. Ezután a pollentömlő fejlődése és a megtermékenyítés folyamata viszonylag gyors, 24 órán belül megtörténik. A pollen csírákéességét elsősorban a növény vízháztartása befolyásolja, a sugárzásra (UV-B) ellenben kevésbé érzékeny.



4. kép: A kukorica bibeszálai a 30 cm hosszúságot is elérhetik

A KUKORICA FEJLŐDÉSÉNEK LEGÉRZÉKENYEBB IDŐSZAKA - A BIBEVRÁGZÁS

A bibeszálak fejlődésének kezdetétől (kb. 12 leveles kor) a hólyag állapotig (R2), azaz a bibevirágzást megelőzően kb. 2. héttől az azt követő két hétig tart a kukoricatermés szempontjából legkritikusabb periódusa. Mind a bajszszálak, mind a megtermékenyítést közvetlenül követő időszakban fejlődő szemkezdemények legnagyobb része víz, ezért elsősorban ennek hiánya súlyos problémákat okozhat. A szemek fejlődésének kritikus időszaka az első két hét (lásd a cikk elején!), mert ilyenkor alakulnak ki azok a struktúrák (csíraszervek, táplálószövet), amelyek meghatározzák a mag kapacitását mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban. A kukoricában a szemek elhalása is ebben az időszakban a legnagyobb

fokú, és csökkenti azok végleges számát (4. terméselem). Amint túl van ezen az időszakon a növény, és eléri az ún. R3 (tejesérés) állapotot, akkor a környezeti hatások már nem veszélyeztetik olyan mértékben a termést, mint azt megelőzően.

A bibevirágzás időszakában tehát elsődleges fontosságú a növény szárazanyag termelése és felhalmozása, mert ez fogja meghatározni a legfontosabb terméselmet, a szemek számát. Mivel a kukorica a termés potenciál szempontjából ún. **elnyelő korlátozott növény**, ezért az asszimilátákat felhasználó szerveinek száma fogja meghatározni, hogy milyen hozamot érhetünk el.

A SZEMEK TÖMEGE ÉS BELTARTALMA

Az elnyelő kapacitás kialakulásának fő időszaka a megtermékenyítéstől a tejesérésig (R3) tart. Ezután kezdődik a csíraszervek és a táplálószövet feltöltése, azaz az intenzív szárazanyag-beépülés. A kukorica esetében ez elsősorban a keményítő felhalmozódását jelenti. Takarmányozási szempontból kritikus időszak, mert eldől, hogy milyen lesz a **végtermék energiatartalma**, és milyen lesz annak **emészthetősége**. A kukorica fejlődésének utolsó szakaszában a szervezete **egyensúlyi állapotának fenntartása** kiemelt fontosságú. A szárazanyag-beépülés maximális mértékéhez **elengedhetetlen a lehető legnagyobb elnyelő kapacitás kialakítása a tejesérés előtt** – azaz a csíraszervek hiánytalan differenciálódása és a szövetek megfelelő nagysejtszáma. Ennek a folyamatnak a motorja a megfelelő nitrogénfelvétel és -beépülés, amelynek viszont arányban kell lennie a szén asszimilációjával (fotoszintézis), hiszen a két folyamat kölcsönösen összefügg egymással. A túlzott nitrogénellátás rontja a fotoszintézis hatásfokát, növeli a raktározott fehérje mennyiségét, ami a képződött cukor, és végeredményben a keményítő mennyiségét csökkenti a magban.

A szemek fehérje- és keményítőtartalma fordított arányban van egymással, de szintjük viszonylag állandónak mondható a cső teljes hosszában. **A szemek beltartalmi összetétele forrás korlátozott**, amit a termesztett hibrid, azaz a genetika mellett elsősorban a felvett alapanyagok – a nitrogén (NO₃) és a szén (CO₂) – mennyisége határoz meg. A szemek tömege a cső vége felé fokozatosan csökken, ami a szemfejlődés időbeli korlátozottságára utal (a virágszervek kialakulására kevesebb idő jutott a cső végén), és a termésmennyiség

elnyelő korlátozottságát jelzi (a kifejlődött befogadó kapacitás nagysága limitál).

A kukorica öregedési folyamatainak kezdetén megindul a tápanyagok és a raktározott anyagok átcsoportosítása (ún. redisztribúciója). Ha egyensúlyi körülmények között zajlik mindez, akkor az átcsoportosítás és a még működő fotoszintézis biztosítja a termés mennyisége és minősége szempontjából a szemtelítődés optimális lefolyását. Ebben az időszakban nő a kukoricánövény keményítőtartalma, stagnál vagy csökken a rosttartalma, és annak összetétele is változik. Amíg az NDF (*hemicellulóz+cellulóz+lignin*) mennyisége csökken, addig a lignin mennyisége változatlan, vagyis ennek részaránya nő a könnyebben emészthető hemicellulózhoz és a bendőmikrobák által lebontható cellulózhoz képest (*az ÁT Kft. adatbázisa alapján*). A rost emészthetősége tehát úgy romlik, hogy össz mennyisége közben nem változik, vagy éppen csökken. Ez a különleges és ellentmondásosnak tűnő folyamat csak a kukoricára és a kalászos gabonákra jellemző a szemtelítődés idején. Az ezt megelőző időszakban a kisebb rosttartalom kedvezőbb rostemészthetőséget, a nagyobb rosttartalom pedig gyengébb emészthetőséget jelent (a fűvekhez és a lucernához hasonlóan).

A korai betakarítás csökkentheti a termés energiatartalmát és szervesanyag-emészthetőségét, mert a fiziológiai érésig tartó szárazanyag-beépülés hamarabb megszakad, és kisebb lesz a végtermékben a keményítő mennyisége. Ilyenkor (azaz 25-30%-os szárazanyag-tartományban) a rost és a keményítő emészthetősége is kedvező. Hozzá kell azonban tenni, hogy a rost mindig nehezebben

emészthető, mint a keményítő. Így amikor a keményítő mennyisége korlátozott a korai betakarítás miatt (pl. 30% alatti a keményítő-száranyagtartalom), úgy a szerves anyagok emészthetősége elmarad a potenciálistól, a kedvező rostemészthetőség ellenére (az ÁT Kft. adatbázisa alapján).

A szemek keményítőtartalma az ún. **dent vagy horpadás állapotban** (R5) éri el maximumát (5. kép). A szemek csúcsától ebben az időszakban ún. **tejvonal** indul a csőhöz való ízesülés irányába, és jelzi a kristályos és folyékony keményítőtartalom határát (6. kép). Amikor a tejvonal eléri a szem alsó részét, azaz a szikanyagot teljes mértékben kristályos keményítő alkotja, megjelenik a fekete réteg, ami az **életteni érettséget** (R6) jelenti. A silókukorica betakarításának ideális időpontja akkor van, amikor a tejvonal a szem hosszának 30-50%-nál található.

Ilyenkor a növény száranyag-tartalma (normál környezeti körülmények között) 32-35%.



5. kép: Dent (horpadás) fenológiai stádium kukoricában

A SZÁRANYAG BEÉPÜLÉS FONTOSABB IDŐSZAKAI

A kukorica fejlődésében a száranyag-tartalom intenzív növekedése szempontjából két fontos időszakot különböztetünk meg: az első a terméspotenciál kialakulásának ideje (V12-V18, azaz a 12 valódi leveles állapottól a 18 leveles korig, a bibevirágzás kezdetéig), a második a termés véglegesedése, a szemtelítődés szakasza (a hólyag állapottól a horpadás állapotig). Az első esetben a fotoszintézis és a tápanyagfelvétel határozza meg a folyamat intenzitását, míg a másodikban az előbbieket mellett a tápelemek átcsoportosítása is fontossá válik.

Jó tudnunk azt is, hogy az egyes tápelemek mikor és milyen mértékben épülnek be a növényi szövetekben, és milyen azok későbbi, növényen belüli mozgási/átcsoportosíthatósági lehetőségei:

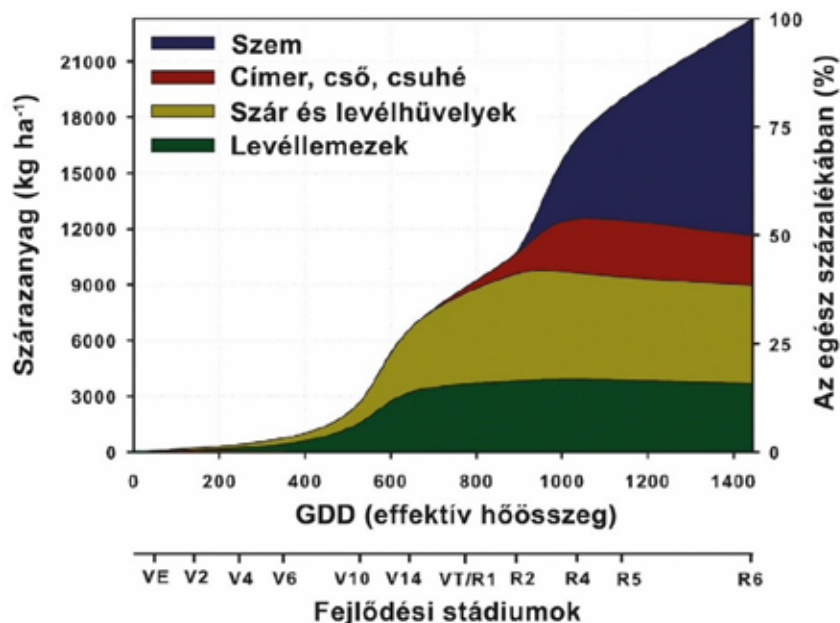
- a nitrogén, a bór és a vas fő felvételi időszakai a már korábban leírtak (V12-V18 és R2-R6 között), egy rövid nyugalmi időszakkal (lag fázis) a bibevirágzás idején (R1);
- a foszfor, a kén, a magnézium és a réz felvétele viszonylag folyamatos és állandó szintű a vegetatív fejlődéstől ill. csírázástól a szemtelítődésig;
- a cink felvétele az előző két minta ötvözeté, azaz folyamatos a vegetatív fejlődéstől a szemtelítődésig, de egy rövid lag fázissal a bibevirágzás idején;
- a kálium, a kalcium és a mangán 90%-át a kukorica a vegetatív fejlődése alatt veszi fel;
- a hólyagállapotot követően meginduló tápanyag átcsoportosítás mobilizálni képes a nitrogént, a foszfort és a cinket, ellenben a legtöbb mikroelemet nem (pl. bór, mangán, réz, és vas).

A kukorica átlagos harvest indexe (HI) 51-53%, ami azt jelenti, hogy szemtermése a teljes megtermelt biomassza tömegnek több mint a felét teszi ki. A magban mérhető tápelem tartalom megadja az egyes elemekre vonatkoztatott harvest indexet is (azaz a szemtermés tápelem tartalmát a teljes biomassza tömeg tápelem tartalmához képest):

- nitrogén 60%
- foszfor 80%
- magnézium 60%
- kén 65%
- cink 55%
- réz 45%
- bór 30%
- kálium 25%
- vas 20%
- mangán 15%
- kalcium 5%

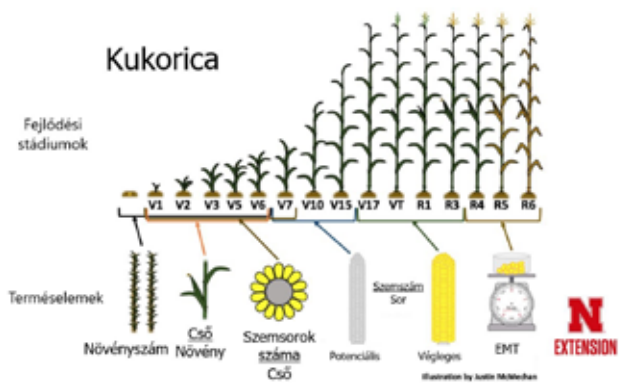


6. kép: A tejvonal a kristályos keményítő arányának növekedését jelzi



7. kép: A szárazanyag-beépülés és -eloszlás aránya a kukoricában (2010, Illinois). Forrás: Bender és mtsai., 2013. Jelmagyarázat: VE kelés, V2-V4-V6-V10-V14 rendre 2-4-6-10-14 leveles állapot, VT címerhányás, R1 bibevirágzás, R2 hólyag állapot, R4 térsza állapot, R5 horpadás állapot, R6 élettani érettség

Összefoglalva: A kukorica fejlődése és terméselemeinek kialakulása jól jellemezhető, és külső bélyegek alapján legtöbb esetben jól meghatározható (8. kép). A termés mennyiségének és minőségének befolyásolására lehetőségünk van a környezet káros hatásainak mérséklésével, a fejlődéshez szükséges tápelemek megfelelő időben való biztosításával, és az élettani folyamatok befolyásolásával, illetve egyensúlyban tartásával.



8. kép: A kukorica terméselemei

A szükséges növényélettani alapok megszerzésével és a gyakorlatba való átültetésével a következőképpen javítható a termés hatékonysága és gazdaságossága:

1. **Szemestakarmány termesztése esetén** a környezeti feltételek, a megfelelő tápanyag ellátottság és hatékony stressz menedzsment biztosítása fontos az elnyelő kapacitás maximalizálása miatt
 - a. 5-6 leveles korban – a szemsorok számának kialakulásakor,

- b. 6 leveles kortól 12 leveles korig – a soronkénti szemek számának kialakulásakor,
- c. 12 leveles kortól a bibevirágzásig – a virágok és virágszervek kialakulásakor,
- d. a bibevirágzástól a tejesérésig – a csíraszervek és a táplálószövet sejtjeinek kialakulásakor.

2. **Szilázkészítés esetén** – a fent leírtak mellett – külön figyeljünk a betakarítás időzítésére. A teljes növényi biomassa megfelelő energia (keményítő) tartalma és emészthetősége szempontjából a kukoricát ne takarítsuk be a horpadás (dent) állapot előtt, mert alacsony marad a keményítőtartalom és arány. A fajtaválasztással vagy a vetési idő megfelelő megválasztásával kerüljük az idő előtti öregedési folyamatok „beindulását” (a szárazanyag beépülés, a tápanyagok átcsoportosítása nem lesz megfelelő), és vegyük figyelembe az elérhető termés kalkulálásakor a szélsőséges környezeti feltételeket, mint

- i. szárazság a beporzás után, ami növeli a magok elhalását, ezzel csökkenti a termés mennyiségét és az elérhető keményítőtartalmat;
- ii. magas hőmérséklet (>35°C) a beporzáskor és utána, mivel romlik a megtermékenyítés határfoka, növekszik a szemek elhalása, és csökken a szárazanyag-beépülés mértéke.

Lektorálta: **Dr. Kiss Erzsébet** növénygenetikai szakmérnök, fejlesztési tanácsadó, IKR Agrár Kft.