

# Növényi őssejtek

Dudits Dénes

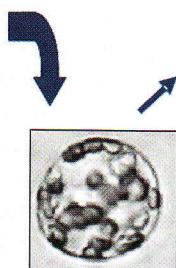
**Napjainkban a kutatás csúcstechnológiákat használ az életfolyamatok genetikai és biokémiai alapjainak megismeréséhez. A legújabb kísérleti eredmények birtokában reményünk lehet arra, hogy termesztett növényeink biológiai teljesítőképességének határait kibővítsük.**

A fenntartható fejlődés feltételeinek megteremtésében kiemelt szerep vár a növény- és agrártudományokra, hiszen meg kell fejtenünk a növények életének titkait,

hogy az ismeretek segítsék a növényt nevelő gazda munkáját.



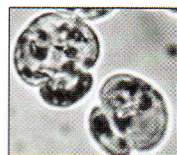
lucerna



levélsejt



sejtosztódás



sejtosztódás



embriók

## Embriók testi sejtéből

A világ rendje szerint a növények elsősorban ivaros úton szaporodnak. Ez azt jelenti, hogy a szár és a levelek mellett megjelennek az ivarszerveket hordozó virágok, a porzókkal és a termővel. A növények sajátos utat követnek az utódképzésben, hiszen a megtermékenyítés két esemény mentén zajlik. Egyrészt a női petesejt és a hím spermasejtmag egybeolvadásával kialakul a zigóta. Ebből a sejtéből osztódások sorozatán át fejlődik ki az embrió. Másrészt egy másik hímivarsejt az embriózsák központi sejtjével egyesülve aktiválja a mag táplálószövetének kialakulását. A petesejt megtermékenyítése indítja el az embrió fejlődési programját, mellyel kezdetét veszi az új növény élete. Igen meglepő az a kísérleti megfigyelés, hogy növényembriók születhetnek az ivarszervektől függetlenül is: a lombik-

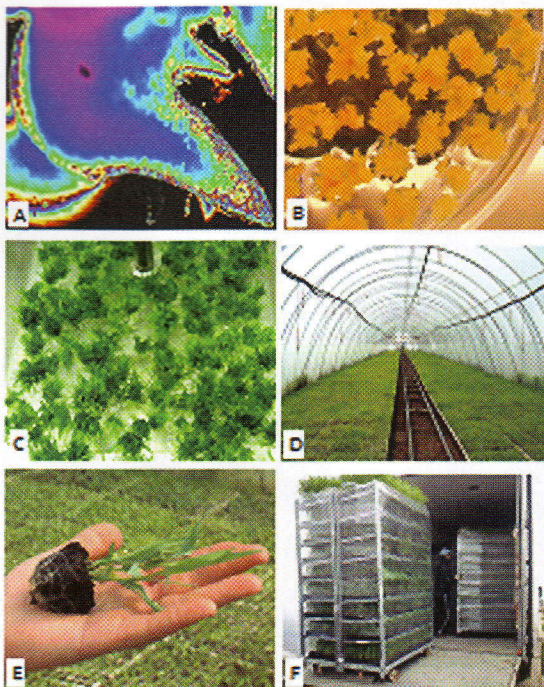
A lucernalevélsejtek egyenlőtlen osztódást követően alakulhatnak át totipotens őssejttekké, ami lehetővé teszi az embriók kifejlődését

ban tenyésztett **testi sejtek** elveszítik korábbi, speciális tulajdonságaikat, és **totipotenssé** (minden sejtípussá alakulni képes sejté) **válhatnak**. Ez azt jelenti, hogy a mesterségesen **felszabadtított** genetikai program az embriogenezisen **keresztül** irányítja a teljes növény kialakulását. Mint az **előző oldal** ábráján láthatjuk, a lucernalevélsejtek **hormonkezeléssel** indukált osztódások révén kerülhetnek az **összejtállapotba**, és belőlük táptalajon embriók alakulhatnak ki.

Természetesen több feltétele van annak, hogy a levélsejtek átprogramozódjanak. Általában **sebzési stressz** közepette a sejteket, **szöveteket** kiemeljük az eredeti szervi környezetből, és laboratóriumban folytatjuk a szaporításukat. Növényhormonok **szükségesek** a sejtosztódás beindításához és a folyamatos tenyésztéshez. Az ábra egy igen fontos körülményt is szemléltet, két eltérő típusú sejtosztódást **különböztet** meg. Az egyenlőtlenül osztódó sejtekből **fejlődhetnek** ki a zöld embriók. Ilyenkor az első osztódás egy kisebb és egy nagyobb leánysejtet eredményez. Ha az utódsejtek ilyen elkülönülése nem történik meg, akkor **strukturálatlan** sejthalmaz, ún. **kalluszsövet** alakul ki. Tehát az első osztódás típusától sokban függ a további fejlődés iránya.

A testi sejtek totipotenciájának kialakulása a **génkifejeződési mintázat** alapvető megváltozásával jár, ami nagyszámú gént érint. Ugyanakkor **kulcsszerepet** betöltő gének is azonosíthatók. Ilyen például a **WUSCHEL-gén**, amely az **összejtállapot** fenntartásában játszik szerepet. Az ábrán egy olyan **lúdfűnövényt** láthatunk, amelyben a **WUSCHEL-fehérje** túltermelése folytán a növények **gyökércsúcsán** embriók alakulnak ki. Beidegződött biológiai gondolatvilágunkat mélyen megzavarhatja ez a kísérleti megfigyelés. Embriók a gyökerek végén: ez **szemfényvesztés!**

A testi sejtekből származó, ún. **szomatikus embriók**



Az Arundo syn-plant technológia jelentősége az energianövény szaporítóanyagának előállításában

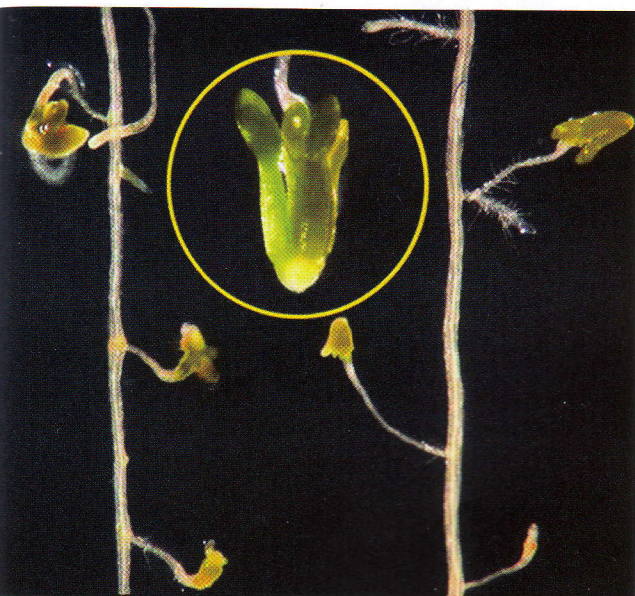
- A: Egyhetes Arundo szomatikus embriók hosszú távú lézerpásztázási technikával készült felvétele (Dr. Nagy Gábor, DEAGTC, Növényi Biotechnológiai Tanszék)
- B: Egy hónapos Arundo szomatikus embriók tenyésztete (MOP Biotech Kft.)
- C: Mesterséges növényi ováriumban programozottan csírázó Arundo szomatikus embriók csoportja
- D: Gyökeres Arundo syn-plant állomány palántanevelő fóliaházban
- E: Négyhetes szállításra kész Arundo syn-plant palánta
- F: Szabadföldi ültetésre alkalmas exportszállítmány

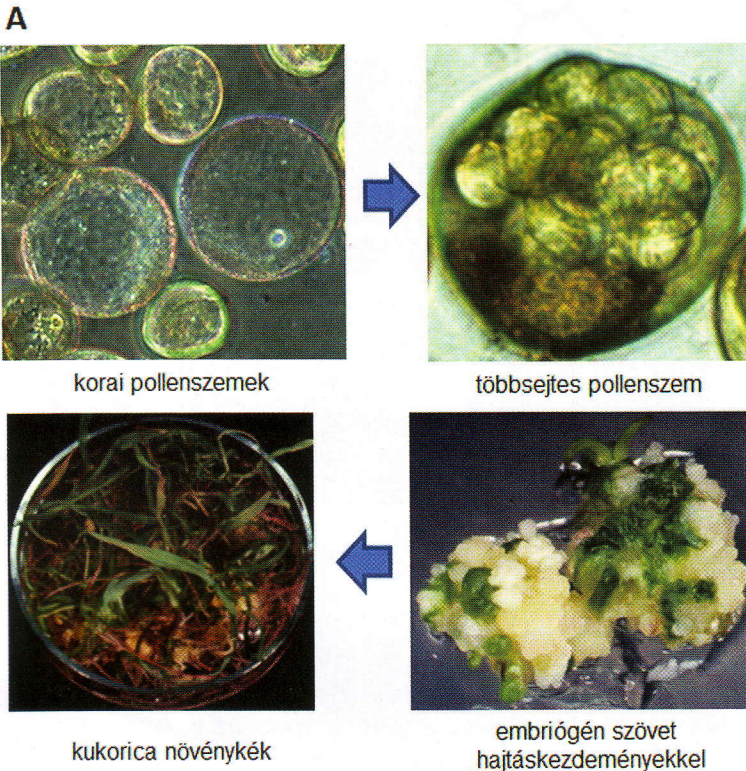
A B–F fotókat dr. Fári Miklós készítette.

teljes értékűek, azokból **egészséges növények** nevelhetők fel, és így **hatékony növény szaporítási technológiák** dolgozhatók ki. A növényi szövettenyészetekben vagy akár a fermentorokban előállított sok-sok embrió alkalmas mesterséges magok előállítására, majd **kapcsolással** biztosítható sérülésmentes kivetésük.

A testi sejtekből származó embriók **tudományos különlegességükön túl fontos innovatív fejlesztések** eszközeként szolgálhatnak. A lehetőségek bemutatására **kitérő példaként** bocsátotta rendelkezésre Fári Miklós Gábor professzor a fenti ábra képanyagát, amely az **olasznád** nagy kapacitású és gazdaságos szaporítására kifejlesztett, ún. „Arundo syn-plant” technológia egyes lépéseit mutatja be. A növényalapú megújuló energia jelentőségének felértékelődése

Az **összejtek** fenntartásáért felelős **WUSCHEL-fehérje** túltermelése a **GM lúdfűnövények** gyökércsúcsain embriók megjelenését eredményezi (Zuo és munkatársai, Plant Journal)





nyek felnevelésére. Bár a szexuális folyamatokat megkerülő embriógenézis molekuláris alapjait csak részben ismerjük, azt biztonsággal állíthatjuk, hogy az embriógenézis és a tenyésztett sejtek regenerációs képessége genetikailag meghatározott tulajdonság. Mi a nemesítési haszna az ilyen kukoricának, amely csak a kromoszómakészlet felével rendelkezik? A bőtermő hibridek olyan beltenyésztett vonalak keresztezéséből származnak, amelyeket hagyományosan több generáción át végzett önbeporzással állítanak elő. A beltenyésztett vonalak emiatt ma már nélkülözhetetlenek a kukoricanevelésben. A hosszadalmas önbeporzási sorozatot válthatja ki a polleneredetű haploidok használata, hiszen mesterségesen, a kromoszómák megduplázásával helyre lehet állítani a kukoricára jellemző kromoszómakészletet, ami egy lépésben kialakítja a gene-

Hibrid kukorica nemesítése pollenszemekből származó beltenyésztett növényekkel

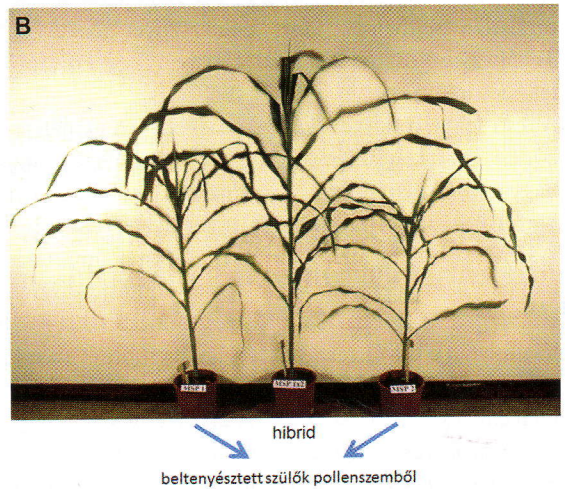
A: a kromoszómakészlet felével rendelkező haploid növények felnevelésének lépései

B: a kromoszómák megduplázásából származó beltenyésztett vonalak és a keresztezésükkel előállított hibrid növény (Szarka és munkatársai, 2001)

rohamos igénynövekedést eredményezett az energianövények szaporítóanyagai iránt. Az olasz nád telepítése kedvező tulajdonságai, magas biomasszahozama és talajmégertelenítő képessége folytán világszerte előtérbe került. Az előző oldali ábrán követhető, miként lehet akár növények millióit előállítani szomatikus embriókból.

### Pollennövények a kukorica nemesítésében

A növénysejtekre jellemző fejlődési rugalmasságot, plaszticitást a pollenszemek esetében is megfigyelhetjük. Ez teszi lehetővé az ún. haploid növények felnevelését korai állapotú pollenszemekből. Az ilyen növényekben – mivel ivarsejtekből származnak – a faj kromoszómáinak csak a fele található meg. A kukoricán alkalmazott művelet sor egyes lépéseit Mórocz Sándor és munkatársainak fenti ábrája mutatja be. A kutatók centrifugálással tisztított, kifejtetlen pollenszemeket tenyésztettek tápoldatban, illetve az ilyen sejtekben hormonokkal osztódást serkentettek. A többsejtes képződmények növekedésével aztán olyan szövetek alakulnak ki, melyekben egyrészt embriók jelenhetnek meg, másrészt fiatal hajtáskezdemények fejlődhetnek. Ezzel lehetőség nyílik polleneredetű kukoricánövé-

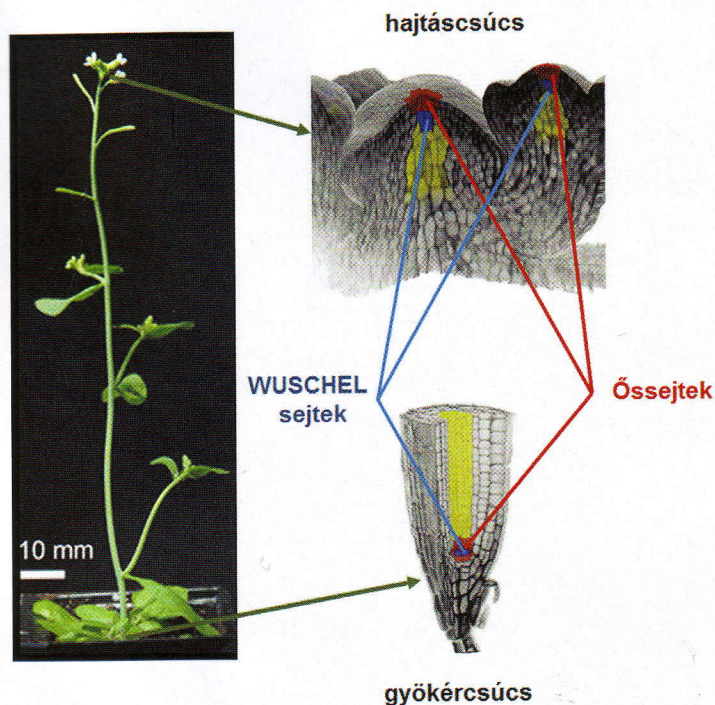


tikai beltenyésztettséget. Ha az ilyen, biotechnológiai úton létrehozott beltenyésztett vonalakat egymással keresztezzük, tesztelhetjük a heterozíshatás nagyságát. A fenti ábrán látható kombináció esetében a hibridnövény gyorsabb növekedését eredményezte a pollenteredetű szülő vonalak közötti keresztezés.

### Össejtek mint a szervekződés forrásai a növényekben

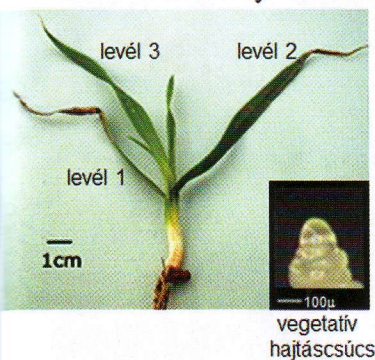
A növények röghöz kötötten élnek, ezért szöveteik regenerálódási képessége a túlélést jelentheti. A növények szervei nem alakulnak ki az embrionális fejlődés során, csak egyes sejtcsoportok elkülönülése jelzi a későbbi hajtás- és gyökértenyészcsúcsok, az ún. merisztémák kezdeményeit. Ezekből az osztódó sejtekben gazdag, sajátos szerkezetű szövetekből indul ki a növényi test felépítése, ami az embriógenézist követően a szemünk láttára is folytatódik. Ha meg akarjuk érteni a

növényi élet lényegét, ha annak okát keressük, miként folytatódhat az égbe törő fák növekedése akár ezer éveken át, akkor ismernünk kell a merisztémák felépítését, a géneket, amelyek ezekben a struktúrákban sajátosan aktívak. A fejlődésbiológiai kutatásokat előszeretettel végzik jól kezelhető, gének beépítésére, genetikai műveletekre alkalmas modellnövényeken, mint például a pár-szor tíz centiméteres lúdfűn. A GM-növények vizsgálata, az egyes sejttípusok megjelölése vezetett az ábrán bemutatott hajtás-, illetve gyökércsúcs-merisztémák felépítésének megismeréséhez. A pirossal jelzett **őssejtek** két megkülönböztetett képességgel rendelkeznek. Egyrészt specializált sejtekké alakulhatnak át, és ezzel biztosítják például a levélkezdeményekhez vagy a gyökér növekedéséhez szükséges sejtutánpótlást. Másrészt maguk önmegújításával fenntartják az **őssejtek** számát. Ezzel teremtik meg annak feltételét, hogy a merisztémák egy életcikluson át működhessenek, és folyamatosan új levelek, hajtások vagy gyökerek alakulhassanak ki. Az ábra azt is szemlélteti, hogy az **őssejtek** csoportjának szomszédságában vannak az **őssejtállapot** fenntartásában szerepet játszó sejtek, melyeket kék szín jelöl.



A lúdfű hajtás- és gyökércsúcsi merisztémájának háromdimenziós rekonstrukciója konfokális mikroszkóppal készített felvételek alapján (Sablowski, 2010)

### csíranövény



### generatív hajtáscsúcs



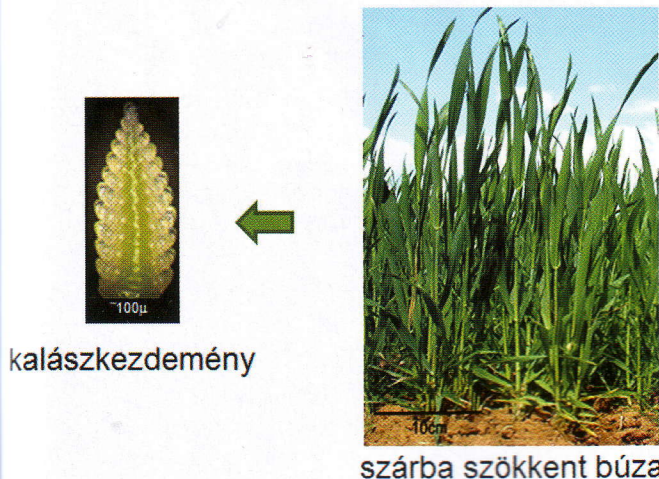
### Merisztémák a búza életében

A föld feletti hajtások és a földbe hatoló gyökerek szerepe és működése alapjaiban eltér egymástól.

Ezzel összhangban a kétféle merisztéma viselkedése is különbözik. Mint az ábrán láthatjuk, a búza életének ún. vegetatív fázisában a hajtásmerisztéma **őssejtjei** biztosítják a sejteket a szár növekedéséhez, valamint újabb és újabb levelek megjelenéséhez. Van egy fejlődési fordulópont, amikor a hajtásmerisztéma átalakulásával kezdetét veszi az ún. generatív szakasz, ami elvezet a kalász, az ivarszervek és a termést jelentő búzaszem kialakulásához. Ennek első jele a **kettős gyűrű** megjelenése, amit az ábrán bemutatott hajtáscsúcson is megfigyelhetünk. A búza kitűnő példát szolgáltat arra, hogy a vegetatív-generatív átmenet miként függ genetikai és környezeti tényezőktől egyaránt. Ugyanis az őszi búzák csak meghatározott ideig tartó hidegkezelés után képesek szárra szökni, majd kalászolni. A fény, a világos órák száma is befolyásolja a gén működését és így az ivarszervek megjelenését.

Ha meg akarjuk érteni a növények növekedésének és fejlődésének furcsaságait, akkor élnünk kell a kísérletezés sokféle eszközével. A titkok megfejtését nemcsak a megismerési vágy kényszeríti, hanem annak tudatosulása is, hogy a tudományos ismeretek nélkülözhetetlenek a termésbiztonsághoz.

Ha meg akarjuk érteni a növények növekedésének és fejlődésének furcsaságait, akkor élnünk kell a kísérletezés sokféle eszközével. A titkok megfejtését nemcsak a megismerési vágy kényszeríti, hanem annak tudatosulása is, hogy a tudományos ismeretek nélkülözhetetlenek a termésbiztonsághoz.



### szárba szökent búza

A búza életciklusának döntő fontosságú fordulópontján a vegetatív csúcsi merisztémán megjelenik a **kettős gyűrű**, és ezzel kezdetét veszi az **ivarszervek** kialakulását és a megtermékenyítést is magában foglaló generatív fejlődési szakasz. (Danyluk és munkatársai, 2003; www.wheatbp.net)