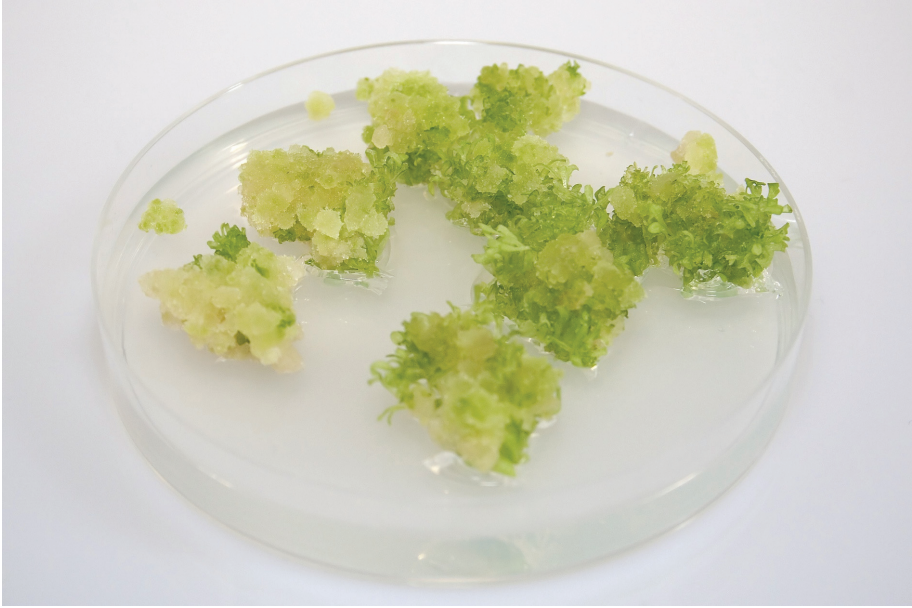




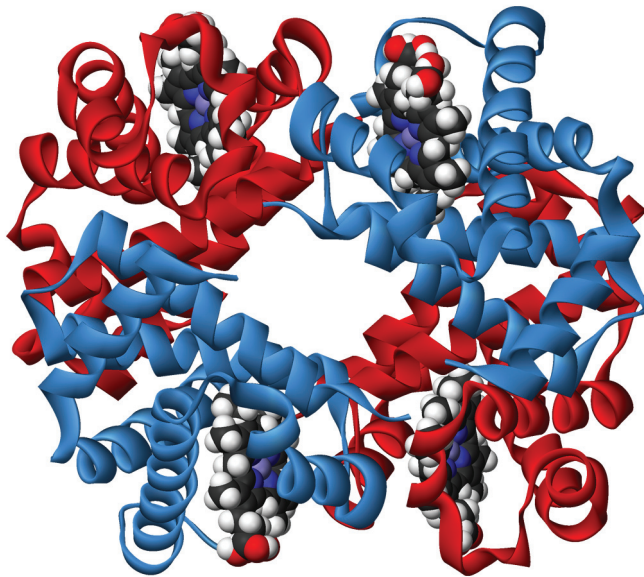
**7. ábra.** Kromoszómák a vöröshagyma (*Allium cepa*) gyökércsúcsának osztódó sejtjében  
(forrás: <http://biogeonerd.blogspot.hu>)



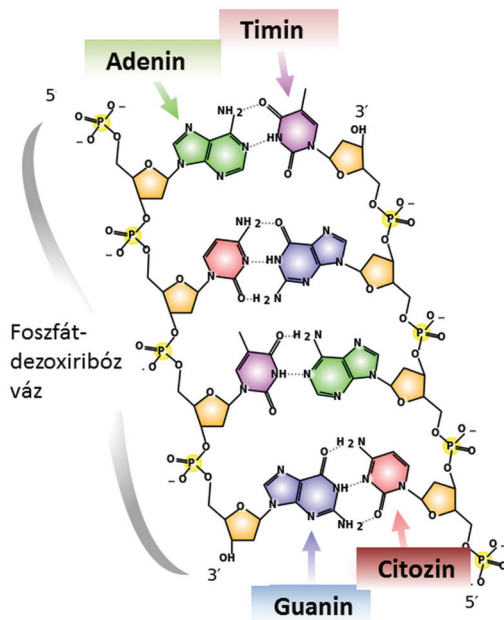
**10. ábra.** Réti hölgymál (*Hieracium caespitosum*), egy fakultatív apomiktikus faj  
(fotó: Konstantin Ryabitsev)



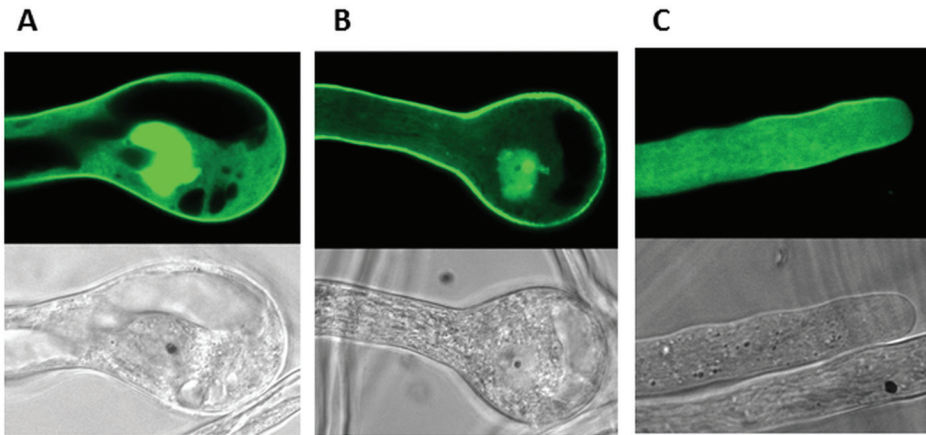
**12. ábra.** Murashige és Skoog táptalaján auxin és citokinin jelenlétében osztódó és regenerálódó dohány (*Nicotiana tabacum*) kalluszsejtek (fotó: Iggi)



**5. ábra.** A hemoglobin térszerkezete. (Az alfa és béta alegységeket piros, illetve kék szín jelöli, a vastartalmú négy hem csoportot különböző színű golyók jelzik.)

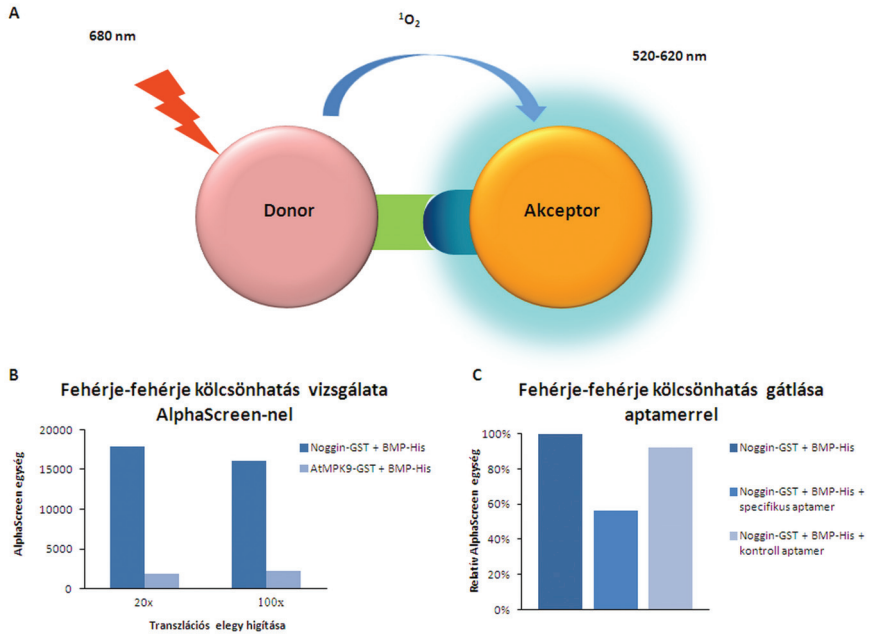


**8. ábra.** A DNS kémiai szerkezete a négyféle speciálisan párosodó nukleotidbázissal és a foszfát-dezoxiribóz vázzal

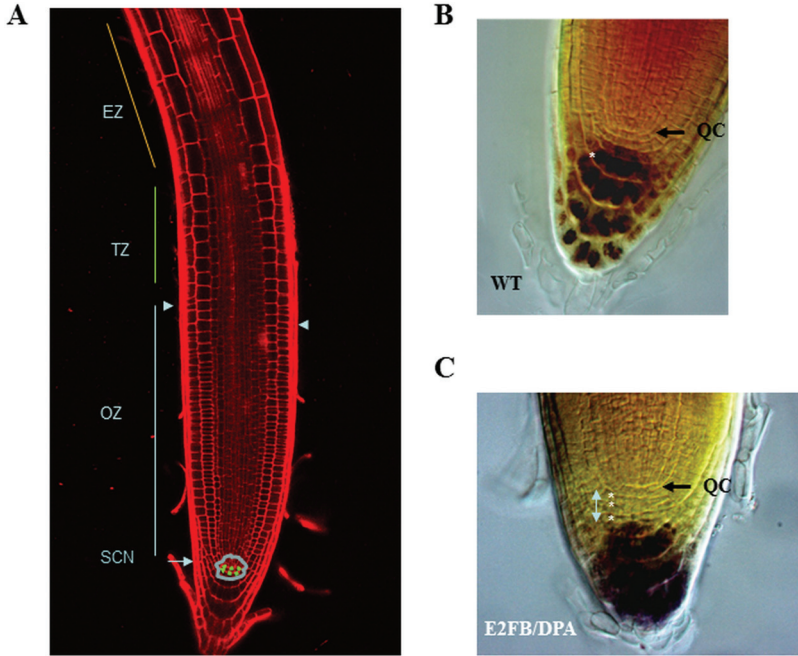


**4. ábra.** A lucerna ROP6 fehérje S74 foszforilációjának potenciális hatása a fehérje *in vivo* funkciójára. A ROP6 GTPáz vad típusú foszforilálható (A), illetve mutáns nem foszforilálható (S74A, B), valamint mutáns foszforilációt imitáló (S74E; C) formáit dohány pollenszemekbe juttattuk génbevitellel. A vad típusú GTPáz fehérje ektopikus termelődése és ROPGEF-ek hatására történő aktiválódása a pollencsőben a polaritás elvesztéséhez és a pollencső végének kiszélesedéséhez vezet (A), és ezt a 74. szerin nem foszforilálható alaninre cserélése nem befolyásolja (B). Ugyanakkor a 74. pozícióban foszforilációt imitáló S74E mutáció megakadályozza a pollencső végének kiszélesedését, ami arra utal, hogy ez a mutáns forma *in vivo* inaktív marad, mert a pollencsőben található ROPGEF-ek nem tudják aktiválni

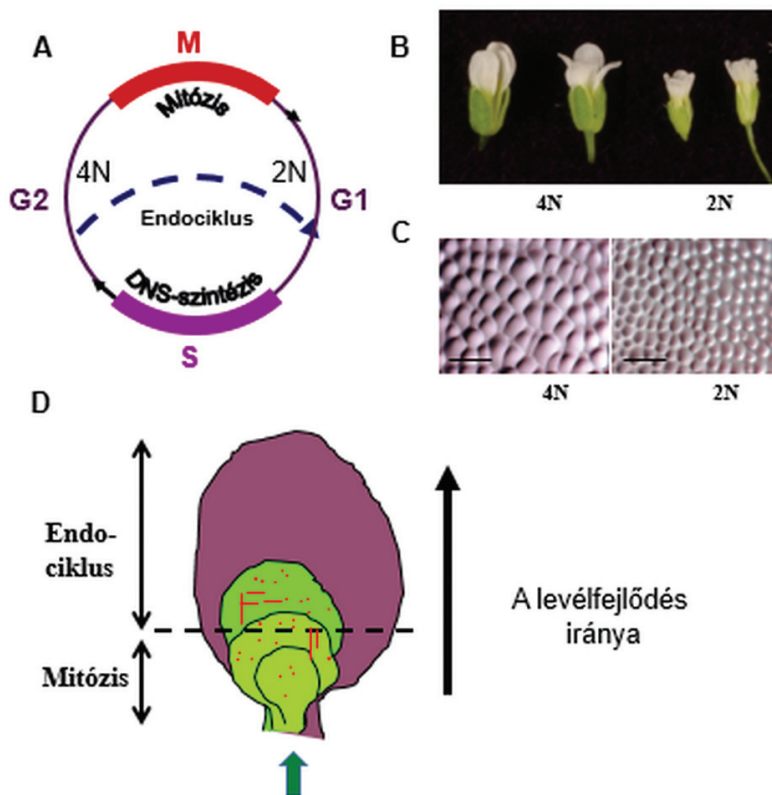




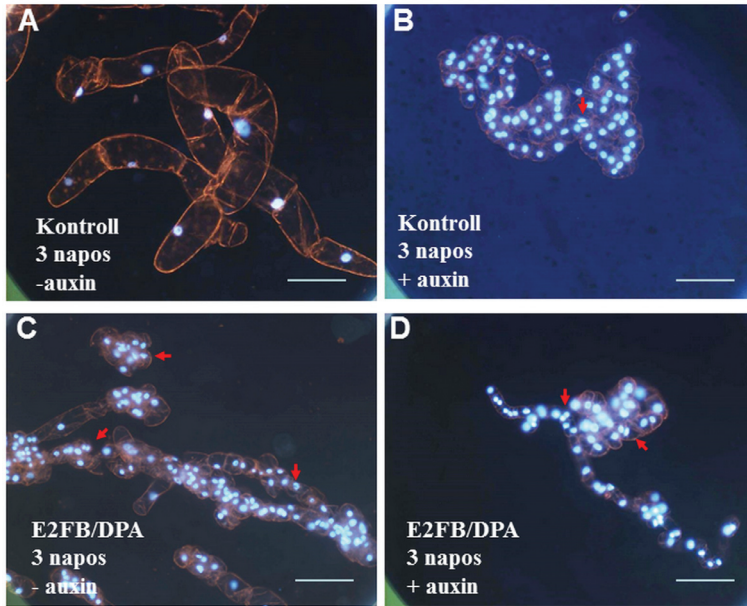
**5. ábra.** A fehérje-kölcsönhatások vizsgálata *in vitro* transzláció alkalmazásával. A: AlphaScreen módszer elvének vázlatos ábrája. B: Az *in vitro* szintetizált Noggin és BMP kölcsönhatásának vizsgálata teljes transzlációs elegyben. C: A szelektált aptamer Noggin-BMP kölcsönhatásra kifejtett hatásának vizsgálata



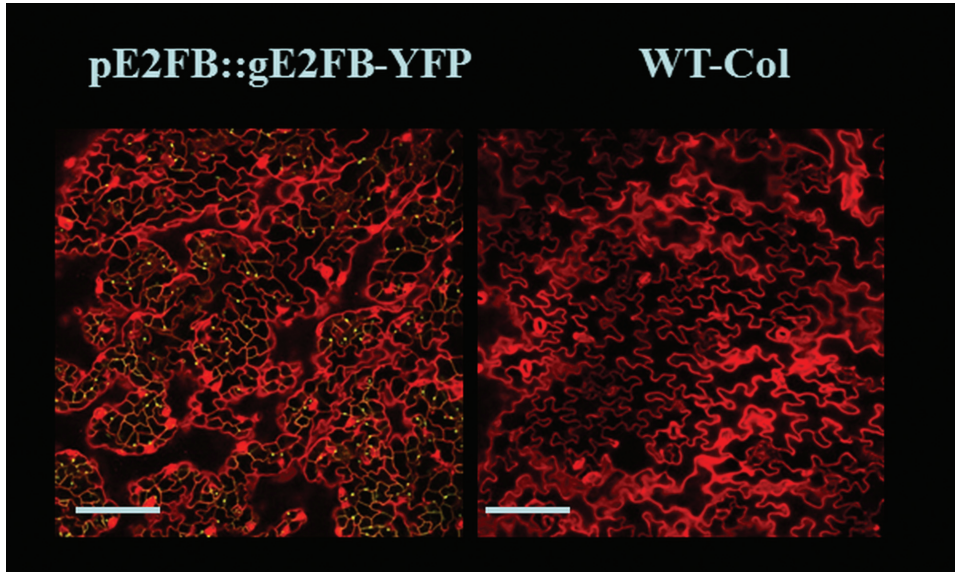
**1. ábra.** A növényi merisztéma szerkezete a gyökércsúcsban. Propidium-jodid (piros szín) festett *Arabidopsis*-gyökér konfokális mikroszkopikus felvétele (A). A szaggatott zöld vonallal határolt sejtek a gyökérmerisztéma nyugvó centrumát (QC) jelzik. A QC a gyökérmerisztéma „stem cell niche” (SCN) régiójának központi organizátora. A QC sejtszelével szomszédos sejtek az őssejtek (szürke színnel jelzett terület), amelyek aszimmetrikusan osztódnak, létrehozva azokat az alapsejteket, amelyek a gyökérszövetek kialakulásáért felelősek. A disztális columella őssejtek utódsejtjei rögtön differenciálódnak is (B), míg a proximális utódsejtek még tovább osztódnak (tranzit amplifying cells, amit gyakran hívnak merisztémának). A proximális gyökérmerisztémában található az osztódó sejtek (osztódási zóna vagy röviden OZ). Az OZ régiót követi az ún. tranzíciós zóna (TZ), ahol a sejtek kilépnek az osztódásból, és elkezdnek megnyúlni. A TZ fölötti régióban a sejtek megnyúlási folyamatai aktiválódnak (megnyúlási zóna, MZ). Az E2FB/DPA heterodimér kifejeztetése növeli a gyökérsüvegben a disztális, ún. kolumelláris őssejtek számát (C). A kontroll vad típusú gyökérben csak a QC sejtekkel szomszédos disztális columella (gyökérsüveg) sejtek maradnak őssejtek (csillag), az alatta következő columella sejtréteg már differenciálódik, és ennek megfelelően keményítőt szintetizál (B). Ezzel szemben az E2FB/DPA dimer túlermelése több columella őssejtréteget hoz létre (C; világoskék dupla nyíl). Lugolfestést követően a keményítőszemcsék sötét elszíneződést mutatnak. Nyíl jelzi a QC helyzetét, míg a fehér csillagok a differenciálatlan columella őssejtréteget mutatják (Magyar Z. felvételei)



**2. ábra.** A növényi szervek növekedését meghatározó folyamatok. A differenciálódó növényi sejtek gyakran növelik a DNS-tartalmukat (ploidia-szintjüket) az endociklusnak vagy endoreduplikációs ciklusnak nevezett folyamat révén. Az endociklus a mitotikus sejtciklusból alakul át, ahol a DNS szintetikus fázist (S fázis) nem követi a mitotikus fázis (M-fázis; A). Ennek köszönhetően minden egyes endociklusban megduplázódik a sejtek DNS-tartalma, míg a mitózisban a kromoszómák szegregációját és a citokinézist követően az utódsejtekben visszaáll az anyasejtre jellemző állapot (G1=2N). A tetraploid (4N) *Arabidopsis* növények virágai nagyobbak (B), mert nagyobb sejtek alkotják őket, mint a diploid (2N) virágok szirmleveleiben megfigyelhető sejtek (C). Az *Arabidopsis*-levél fejlődési modellje (D). A levél fejlődése két, időben eltérő szakaszra különül: a kezdeti osztódási fázist a megnyúlási-differenciálódási szakasz követi. A levélnyélén keresztül érkezik a feltételezett mobilis növekedési faktor (zöld nyíl), ami meghatározza a gátlási front helyzetét (szaggatott vonal). A fiatal levél még minden sejtje osztódik (a gátlási front alatti kis levélrajz). A levél növekedésével párhuzamosan először a levélcúsi részek sejtjei kerülnek ki az osztódási zónából, és kezdenek el fotoszintetikusan aktív levélsejtekké differenciálódni, míg egy bizonyos méretnél minden sejtosztódás leáll (nagy, sötétzöld levél). A piros pontok a szétszórtnan elhelyezkedő osztódó sztomata (zárósejt) merisztémoidokat reprezentálják, melyek osztódása nem az elsődleges gátlási front által szabályozódik. A levélmerisztémoidok tovább osztódnak, mint a bőrszöveti sejtek

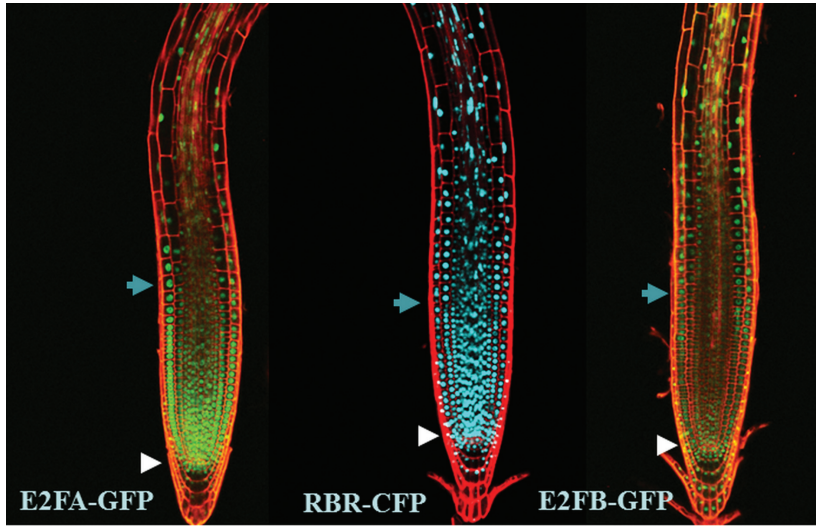


**4. ábra.** A növekedési hormon, az auxin hiányában sejtosztódást lehet indukálni a növényi E2FB/DPA kifejeztetésével. *Arabidopsis* E2FB/DPA heterodimér túltermeltetése dohány BY2 (Bright Yellow 2) sejtuszpenzióban (A–B). Az üres plazmid DNS-ével transzformált BY2-sejtek kontrollként szolgálnak (C–D). Auxin jelenlétében (+auxin) osztódást tapasztalunk (B és D), míg auxin nélkül (-auxin) a kontrollsejtek osztódása leáll, a sejtmag mérete megnőtt és a sejtek megnyúltak (A). Ezzel szemben az E2FB/DPA túltermelő sejtek tovább osztódtak, de a BY2-sejtekre jellemző fonalas szerkezet (A) a kontrollálatlan osztódásoknak köszönhetően már nem figyelhető meg (C). A mitózisban látható sejtek piros nyíllal vannak jelölve (Magyar et al. 2005)



**8. ábra.** Az E2FB fokozza a levélsejtek osztódási aktivitását. A genomi E2FB klónt egyesítettük a YFP fluoreszcens riportterrel, a transzgenikus *Arabidopsis* növényben a transzgént a saját szabályozó promóter régiója irányítja. Az egyik transzgenikus vonalban az E2FB kifejeződése a rá jellemző expressziós doménben felerősödött. Ebben a vonalban az első levélpár epidermiszsejtei tovább osztódnak (bal oldali kép), mint a kontroll-levél epidermiszsejtei (a jobb oldali kép). Konfokális mikroszkopikus felvételek, a YFP (sárga) és a propidium-jodid (piros) közös festési képei (Magyar Z. felvételei)





**9. ábra.** Az *Arabidopsis* E2FA és az E2FB transzkripció faktorok gyökérmerisztéma szerinti megoszlása ellentétes egymással. Az E2FA-GFP, az RBR-CFP és az E2FB-GFP fehérjék gyökérmerisztéma-specifikus megjelenése. Az E2FA szignál az osztódó sejtekben a legerősebb, míg az E2FB-GFP jel az osztódásból kilépő sejtekben erősödik fel. Az RBR fehérje mennyisége a gyökérben homogénnek mondható.

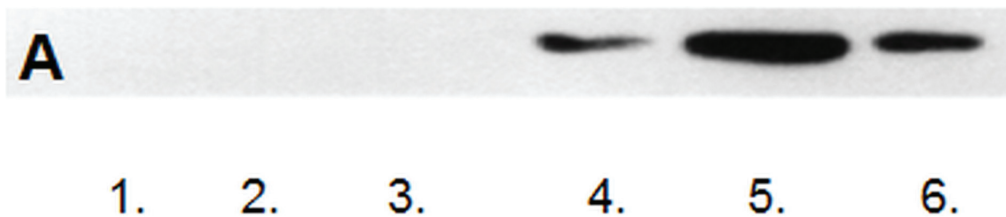
A genomi klónok GFP illetve CFP riporterfehérjéket tartalmaznak. A transzgenikus *Arabidopsis* vonalakban a transzgén kifejeződését a saját szabályozó-promóter régiója kontrollálja. Konfokális mikroszkópikus felvételek, a GFP szignál (zöld), a CFP (kék) és a propidium jodid (piros) közös festési képei. A kék nyilak az osztódási zóna végét, míg a fehér nyílhegyek a QC sejtek helyzetét jelölik (Magyar Z. felvételei)



Richter 110    Fe-11    Flag-Fe48



**1. ábra.** A lucerna ferritint termelő szőlő transzformánsok fenotípusa. A kontroll (Richter 110), a ferritint a kloroplasztiszban (Fe-11), illetve a citoszolban (Flag-Fe48) felhalmozó transzgenikus növények és levelek morfológiája

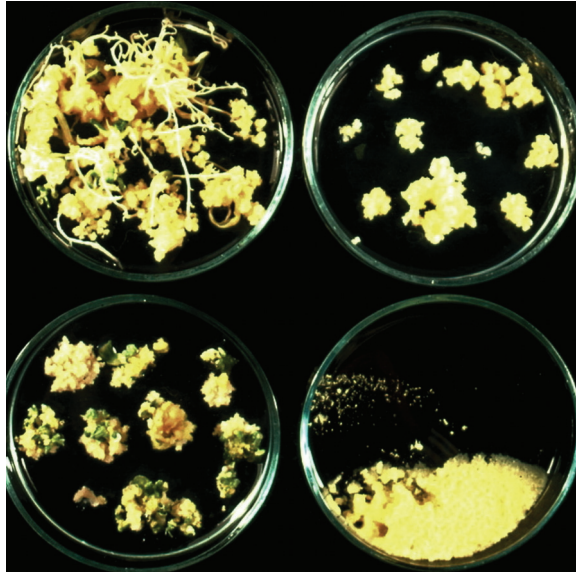


**3. ábra.** A lucerna aldóz reduktáz fehérjét (MsALR) termelő dohánynövények szárazságtűrésének bemutatása. A kontroll- és transzformáns növények képe 35 napos vízmegevonás és 10 napos normál öntözés után. A: az MsALR fehérje kimutatása a kísérletben felhasznált dohánynövényekből (1-3: kontroll, 4-6: transzformáns); B: ugyanazon növények a kiszáritást követő rehidratáció után



**4. ábra** Az MsALR fehérjét termelő növények ellenállóbbak a magashőmérséklet-stresszel szemben. A növények fényképe az 50 °C-os kezelést követően. A: SR1 kontrolldohány; B: MsALR-t termelő transzformáns dohányok



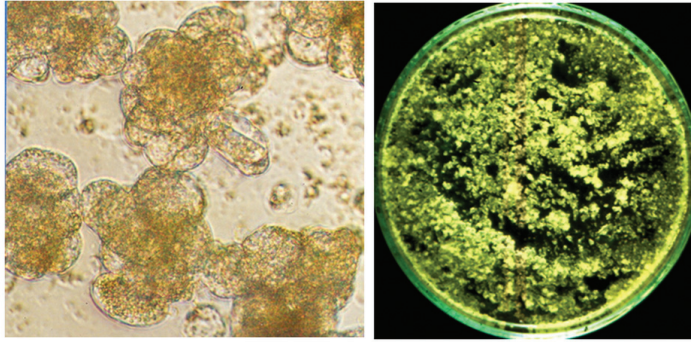


**1. ábra.** A kifejletlen kukorica (H229) virágporszemből (balra fent), illetve éretlen csírából (jobbra fent) fejlődött ún. morzsálódó, termékeny növények sarjadását biztosító (totipotens) kallusztípus még kifejezettebben jelenik meg a kedvező tulajdonságra szelektált szülőök utódjában (HE/89; két alsó Petri-csésze). A jobb alsó Petri-csésze azokat a cseppfolyós tenyésztőközegen egyöntetűen gyarapodott korai fejlettségű tenyésztett embriókat tartalmazza, amelyek alkalmasak a sejtfal nélküli különálló sejtek (protoplasztok) nyerésére

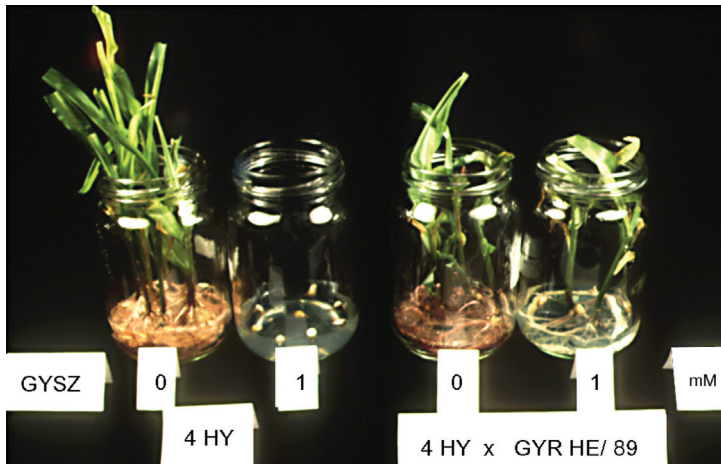


**2. ábra.** Az 1. ábra felső két és a bal alsó Petri-csészéjében látható és a hozzájuk hasonló, megfelelő kukorica-genotípusból származó fenntartó tenyészetek a dunsztosüvegben szemléltetett növényfejlődés vagy a lombikban látható folyékony tápközeges (szuszpenziós) tenyészet irányába folytathatók. A 100 ml-es lombik nyerstömege növekménye az induló 0,2 g-ról a tenyésztési körülményektől függően 1-2 hét alatt éri el a látható kb. 50-szeres értéket





**4. ábra.** A szelektált, folyamatosan fejlesztett genotípusainkból a közleményeinkben leírt módon létesített protoplasztok előbb sejttelpekké, majd a jobb oldali Petri-csészében látható kalluszgyeppé fejlődnek. Ettől az állapottól kezdve az 1. és 2. ábra szerinti lépések következhetnek. Természetesen a DNS-bejuttatást követően a beépített DNS-szakaszt működőképesen hordozó sejtek száma lényegesen kisebb a kezdetben életképes protoplasztok számánál, így itt elszörtan növekednek telepek, és a felnőtt telepgyep sem összefüggő a tápközegben lévő szelektáló körülmények következtében



**5. ábra.** Egy Szegeden előállított génbeépülési esemény kivédi az 1 mM töménységben a táptalajba adagolt glüfozinát hatóanyagú (Basta®, Finale®, Liberty®) gyomirtó szer fejlődésgátló, hervasztó hatását. A négy kereskedelmi hibridet magában foglaló 4HY jelű állományból származó érett szemek nem csíráznak a gyomirtó szer jelenlétében. Ha a génbeépülés révén ellenállóvá tett (gyomirtószer-rezisztens, GYR), a beépített gént a fél kromoszómaszerelvényében hordozó (heterozigóta) HE/89 növényekkel keresztezzük a 4HY állomány egyedeit, akkor az utódok felerészben kicsíráznak a gátló gyomirtószer-adag esetén is. Ebből a beépülésből származó növényekkel végeztük el az első hazai szántóföldi kockázatbecslést idegen gént hordozó (transzgenés) kukoricával. Egy hasonló, Frankfurt am Mainban készült beépülés a többszörösen génmódosított, a világ számos országában termesztett kukoricahibridekben (Liberty-Link®; LL®) került felhasználásra

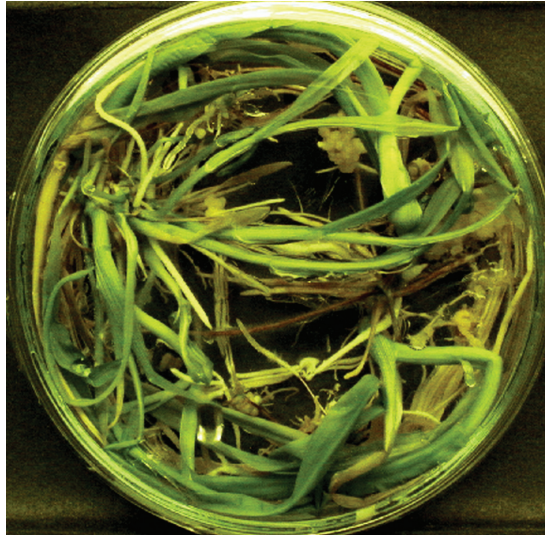


**6. ábra.** A hatékony szövettenyésztést lehetővé tevő tulajdonságokat keresztezéssel beépíthetjük kukoricánemesítési anyagokba. Ennek köszönhetően ezután magas arányban nevelhetünk a szakirodalomban fellelhető módszerekkel a leoltott portokokból olyan haploid kalluszokat (lásd az ábrán), tenyésztett embriókat, amelyeknek egy hányada közvetlenül a hibrid-előállításban használható kukoricavonalakat eredményezhet



**7. ábra.** Az első H-számmal (haploid eredetű) ellátott tenyészetünkből sarjadó növények. A H1-es tenyészet egy amerikai sárga lófogú (Golden Glow) és egy Szeged környéki fehér lófogú tájfajta hibridjéből származik. Ez a hibrid is része volt a későbbi állományoknak, amelyeket a kezdeti sikeres portoktenyésztés érdekében állítottunk össze, pl. az MRS P/85 szintetikus fajtának is, amelyből a H229 is származott





**8. ábra.** A 6681.-ként azonosított sikeres portoktenyésztünk 7. kallszából (H6181/7) sarjadó növénykéké képe látható a kiültetést megelőzően. A virágporból fejlődő nagyobb sorszámú tenyészeink és a belőlük felnevelt sikeres szemtermő vonalak döntően már a legelőrehaladottabban nemesített anyagaink örökletes állományát hordozzák az egymást követő nemesítési körökben fokozatosan felváltva a kezdeti kiinduló fajtákat

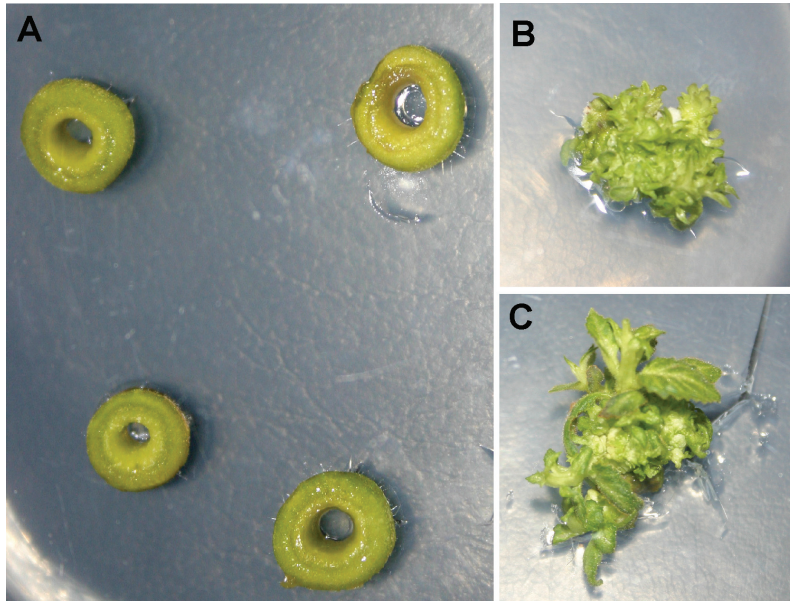


**9. ábra.** Felül az üvegházba egyedi párasító borítással kiültetett növények láthatók, alul pedig a talajba ültetést túlélők. Az üvegházban is felnevelhetők termésérésig a növények, de a tenyészidőszakban a megfelelő szántóföldi körülmények kedveznek a sikeres termékenyülésnek

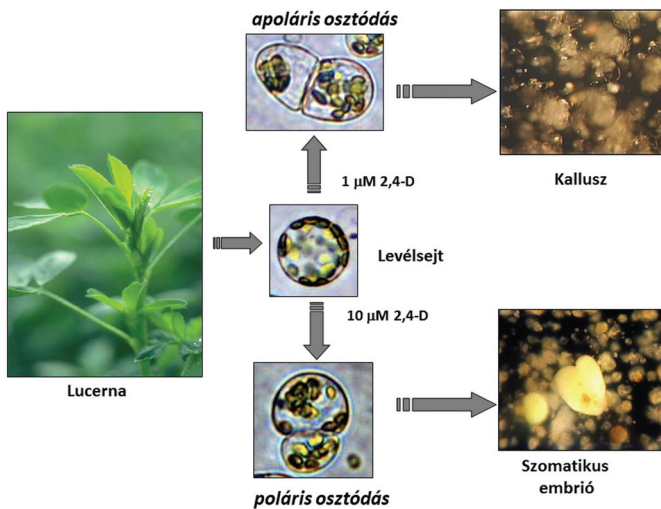


**10. ábra.** Baloldalt a megerősödött kukoricapalánták szántóföldre kiültetett csoportja látható, míg a jobb oldali kép a később öntermékenyítéssel nyert csövek (vonalak) egy részét mutatja. A nyár eleji kiültetés segíti a palánták megeredését, de fokozza rovarrágás kockázatát, ami helyenként látható a csöveken

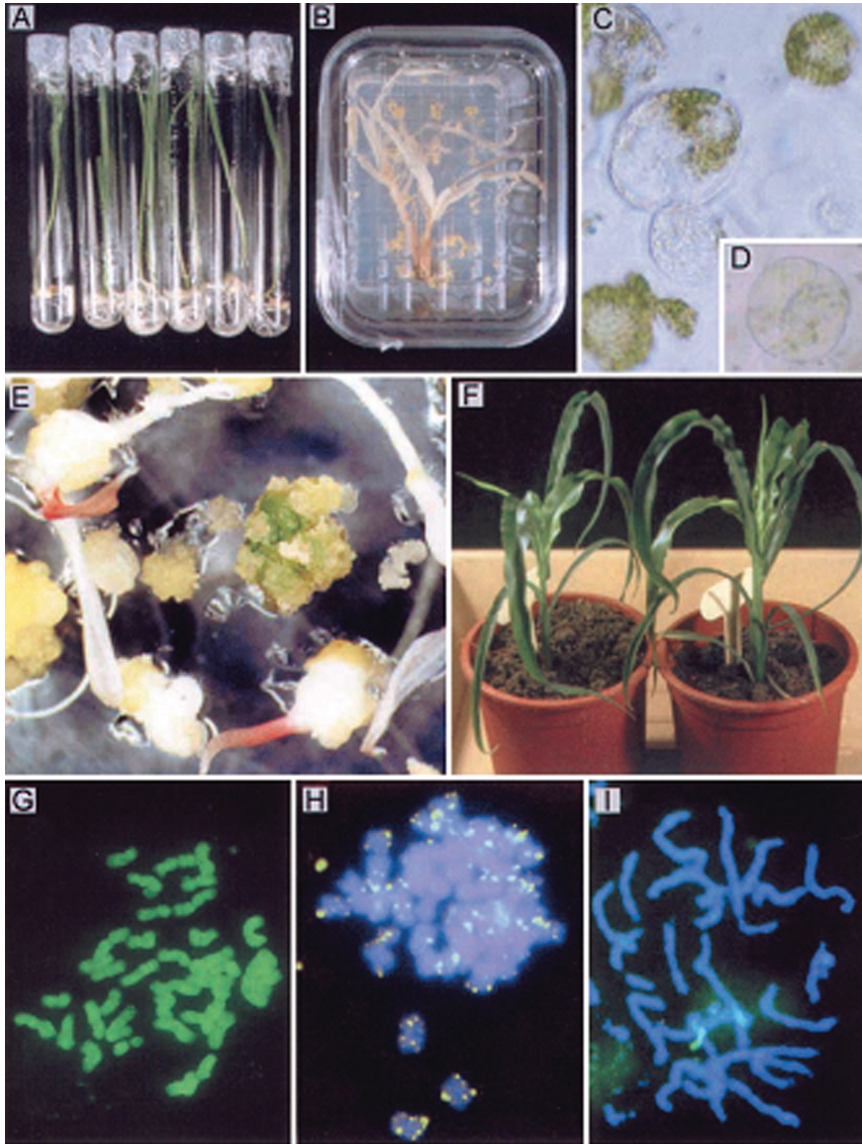




**1. ábra.** A császárfa (*Paulownia elongata*) levélnyel eredetű szöveiteiben (A) auxin és citokinin növényi hormonok jelenlétében közvetlen hajtásdifferenciálódás indukálható (B,C) (Török Katalin kísérlete)



**2. ábra.** A tenyésztett lucerna-levélsejtek eltérő fejlődési programot követnek az auxin (2,4-diklórfenoxi-ecetsav, 2,4-D) koncentrációjától függően. Alacsony ( $1\mu\text{mol}$ ) auxin jelenlétében a sejtek híg citoplazmával rendelkeznek, és az első osztódást követően a leánysejtek közel azonos méretűek, nem alakul ki polaritás. Ez a fejlődési út dezorganizált kalluszsövetek kialakulásához vezet. Magas ( $10\mu\text{mol}$ ) 2,4-D hatására a sejtek sűrű citoplazmájuk, már az első osztódás aszimmetrikus, és az így kialakult polaritás hormonmentes tenyésztő oldatban szomatikus embriók kifejlődését biztosítja

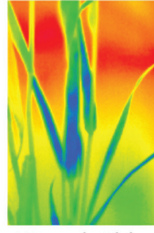


**3. ábra.** Búza DNS-t hordozó kukoricánövények előállítása szomatikus hibridizációval (Szarka et al. 2002). A: búzacsíranövények mint a levélprotoplasztok forrásai; B: albinó kukoricamutáns, amelyből a tenyésztett sejtek szuszpenziós kultúrája származik; C: kukorica- és búzasejtek fúziójából származó sejt; D: osztódó hibridsejt búza kloroplasztiszokkal; E: zöldülésre képes szövet; F: regenerált kukorica morfológiájú növények, amelyek búza DNS-sel is rendelkeznek; G: búzakromoszómák *in situ* hibridizációja összbúza DNS-sel; H: a hibrid kromoszómáinak *in situ* hibridizációja összbúza DNS-sel; I: a kontrollkukorica-kromoszómák *in situ* hibridizációja összbúza DNS-sel

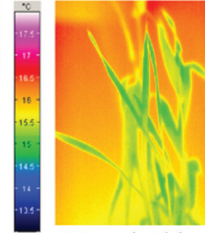
## Digitális fényképezés



## Hőkamerás levélhőmérséklet- meghatározás



60%-os vízellátás  
 $\Delta t=1,72$



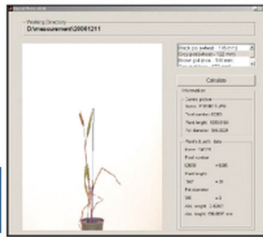
20%-os vízellátás  
 $\Delta t=1,45$



Eredeti RGB kép



Számítógépes  
analízis



„Zöld” pixel



Klorofill-fluoreszcencia

**5. ábra.** Fenotipizálás a Komplex Stressz Diagnosztikai Rendszerrel. A berendezés képalkotási módszerekkel digitális adatokat szolgáltat az informatikai feldolgozáshoz. Így a zöld pixeladatok alapján követhetők az üvegházban nevelt növények morfológiai jegyei, növekedésük üteme. A hőkamera a levelek felmelegedését jelzi vízhiányos talajban. A fotoszintézis károsodásának mértéke is analizálható szárazságstressz alatt