

## Colchicinnel indukált polyploidia. I. ✓

— I. táblán 2 fényképpel és 4 eredeti szövegk. rajzzal. —

Írta: GYÖRFFY BARNA (Berlin-Dahlem).

(Beérkezett 1938. X. 6.)

Mindenegyed faj sejtmagvában meghatározott számú chromosoma található. Ez a fajra jellemző chromosoma szám az ivarsejtekben egyszeres (*haploid*,  $n$ ) chromosoma szerelvényt alkot, a megtermékenyítés után kialakuló testsejtekben pedig kétszeres (*diploid*,  $2n$ ) szerelvényt. Néha, egyes genuson, nemzetségen belül az oda tartozó összes fajnak azonos a chromosoma száma (*Muscari* 9, *Capsicum* 12, *Phlox* 14), más nemzetségeknél viszont a rendszertanilag egymáshoz közelálló fajok csaknem mindegyikénél eltérő chromosoma számot találunk, sőt olykor ugyanazon fajon belül is több, eltérő chromosoma szerelvényű fajta, rassz van („fajonbelüli”, *intraspecificus chromosoma rasszok*). Ezt a számbeli eltérést olykor csak egypár chromosoma okozza (*heteroploidia*); ezek az ú. n. *hypo-* és *hyperhaploid* formák pl. *Viola canina*  $n = 40-47$ , *Crepis biennis*  $n = 39-45$ . Más esetekben a rokon fajok chromosoma számai egymásnak egészszámú sokszorosai (*polyploidia*), vagyis a növény jellemző chromosoma szerelvénye a diploidnak kétszerese (*tetraploid*), négyszerese (*oktoploid*),  $n$ -szerese (*n-ploid*). Ilyen polyploid fajok pl. a *Dianthus carthusianorum* ( $n = 15$  és  $30$ ), *Festuca elatior* ( $n = 7, 21, 35$ ), *Silene ciliata* ( $12, 24, 96$ ), a *Papaver* nemzetségben a 7-es és 11-es alapszámok szerint  $14, 28, 42, 70, 22, 44$  chromosomás fajok vannak, a *Solanum* nemzetség fajai a 12-es alapszámnak megfelelően  $24, 36, 48, 60, 72, 96, \pm 108, 120$  és  $\pm 144$  chromosomásak, a *Tri-*

*ticum* genusba pedig 7, 14 és 21 chromosoma számú fajok tartoznak.

A mai növényörökléstani vizsgálatok egyik legfontosabb feladatát ép ezen polyploid növényformák kérdésének tisztázása alkotja. A mesterségesen létrehozott chromosoma rasszoknak összehasonlító vizsgálata alapján sikerült kimutatni a különböző alak-, sejt- és élettani tulajdonságoknak a chromosoma szám megtöbbszöröződésével arányosan történő megváltozását. Így ezek a homozygótás polyploid formák úgy az általános örökléstani, mint a cytogenetikai kutatásoknak további, tág lehetőségeket biztosítanak. Továbbá a mezőgazdasági növény termesztés szempontjából rendkívül fontos, hogy egyes faj- és fajtakeresztezéseket a chromosoma szerelvényük megkétszerezésével eredményesen lehet állandósult és termékeny formákká átalakítani (*amphidiploidia*). Fokozza végül a körülbelül húsz éve megindult rendszeres polyploid vizsgálatok fontosságát még az a tény is, hogy a virágos növényeknek mintegy a fele polyploid, vagyis hogy általában a fajok (elsősorban a kulturnövényfajok) természetes keletkezésénél is jelentős szerepe van a chromosoma állomány megsokszorozódásának, vagyis az *allopolyploidianak*.

### Polyploidiát indukáló módszerek.

A *genom* (WINKLER), azaz a haploid chromosoma állomány és a hozzátartozó teljes géntartalom mesterséges úton történő megváltoztatásához különféle, — több-kevesebb sikerrel alkalmazható — módszer ismeretes. Ezen eljárásoknak az alapelve általánosságban: a rendes sejtosztódást akár *mitosiskor*, vagyis a testi sejtek osztódásakor, akár *meiosiskor* (a gamétákat létrehozó érési osztódáskor), rendellenes külső feltételek létrehozásával, ilyen körülmények megteremtésével úgy megzavarni, hogy a hosszukban már kettéhasadt chromosomáknak két fióka sejtbe való szétválása ne legyen lehetséges, hanem ez a megkettőződött chromosoma állomány egy ugyanazon sejtben maradjon. Ennek a gátlásnak az eredménye az, hogy a testsejtek tetraploidok, illetve a csira-

sejtek diploidok lesznek. Ha ez a megzavarás a meristema osztódó sejtjeit éri, úgy a szerint, hogy kevesebb vagy több sejt lesz-e polyploid a növekedési kúpban, egy-egy levél, ág lesz részben vagy teljesen tetraploid szövetből felépített, illetőleg, kedvező esetben az egész hajtás. Ha pedig úgy a pete-, mint a pollenanyasejtek érési osztódásakor akadályozódik meg a chromosoma felek kettéválása, akkor az így keletkezett diploid csirasejtek megtermékenyítéssel teljes tetraploid növényt eredményeznek.

Ma már meglehetősen sokféle módszer áll rendelkezésünkre, amellyel egyes polyploid-sejteket, illetőleg teljes polyploid-növényeket tudunk létrehozni. Azonban a legtöbb eljárásnál oly kis százalékos az eredmény, hogy gyakorlati szempontból alig jönnek számításba. Természetesen ez nem zárja ki annak a lehetőségét, hogy majd a módszerek megfelelő továbbfejlesztésével, illetőleg kombinációjával ne lehessen az eredmény %-ot esetleg még fokozni.

A következőkben az egyes kiragadott példák csakis általános képet nyújtanak a polyploidia indukálásnak ma már meglehetősen kiterjedt területéről. További részletek, illetőleg az irodalom részletes felsorolása SAX és SCHWANITZ munkáiban található.

Egyik leghatásosabb és legáltalánosabban alkalmazható polyploiditást okozó módszer a *hőmérséklet* hirtelen megváltoztatásában áll. A hirtelen előidézett hideg vagy meleg, amennyiben a sejtmag leptotém állapotban vagy metaphasisban van, megakadályozza a sejtosztódás rendes végbemenetelét. Így BELLING (1925) az *Uvularia* meiosisát alacsony hőmérséklet alkalmazásával akadályozta meg, MICHAELIS pedig (1926, 1928) —4° C-kal az *Epilobiumét* és az *Oenotheráét*. STOW megfigyelése szerint (1926, 1927) a *Solanum tuberosum* meiosis, mely 15—20° C között rendszeren folyik le, a 27—30° C mellett fellépő *asynödesis*, azaz a homológ chromosomák párcsodásának elmaradása miatt a rendes haploid pollen helyett diploidot eredményez.

Az állandóan ható hideg vagy meleg kezelésnél eredményesebben idézi elő a genom kétszereződését a hőmérsékletnek hidegről-melegre (vagy fordítva) hirtelen történő megváltoztatása. A *Hyacinthus*, *Tulipa* és *Narcissus*

hagymájának ilyen módon történt kezelésével DE MOL meglehetősen magas %-ban kapott vegyesen diploid, tetraploid és steril polleneket (olykor 25 % volt a polyploid pollen). MATSUDA (1936) a *Petunia violacea*-nál megfigyelte az óriás pollenek száma fokozódását, ha a 40° C-os kezelést megelőzően a bimbós hajtást 10—13° C-os hidegen tartotta. A *Nicotiana* meiosisát meg kizárólag csak egészen szélsőséges hőmérséklet megváltoztatásokkal (2° C—35° C) lehet befolyásolni (BRIEGER).

A szabadban történő természetes hőmérsékleti ingadozások is óriás pollen képződést okoznak, miként ezt pl. STOW a *Solanum tuberosum*-nál, NAKAMURA az *Impatiens balsamina*-nál leírták. A hőmérsékletnek, mint cytogenetikai tényezőnek rendszeres és beható tanulmányozásával OEHLKERS és iskolája foglalkozik (v. ö. STRAUB 1937).

Sajnos, csak a pollenanyasejtek érési osztódásának az idejét lehet könnyen megállapítani, míg a petesejt meiosis időpontjának meghatározása már körülményesebb és bizonytalan. Ezért aztán a hőmérséklet megváltoztatásával csak a pollenanyasejtek érése osztódásának a befejezését tudjuk biztosan meggátolni és így csakis a pollenek lesznek diploidok (olykor tetraploidok) míg a petesejt haploid marad, aminek következtében megtermékenyítéskor legfeljebb triploid utód keletkezhetik. A triploidok viszont, a ki nem egyensúlyozott genomok miatt nem állandó, könnyen önmagukat ismét diploiddá visszaváltoztató formák.

Nagyobb jelentőségű a növény osztódó szövetében, a meristemában a sejtek chromosoma állományának oly módon történő megkettőzése, hogy a belőle kifejlődő hajtás tetraploid legyen. Ezt legbiztosabban a megtermékenyítést követően felépő első sejtosztódásoknak, vagyis a proembryonnak a befolyásával lehet elérni. RANDOLPH (1932) a *Zea mays* csövét (torzsavirágzatát) 27—30 órával a beporzás után 43°—45° C-os melegbe tette, miáltal a proembryalis osztódások rendes lefolyását meggátolta. Ily módon azóta már számos *kukorica* fajtánál sikerült a tetraploid formát létrehozni. Hasonlóképp. DORSEY (1936) a különféle *búza-rozs* kereszteződésekkel elég magas %-ú eredménnyel változtatta át amphidiploidokká.

Amíg az előzőkben ismertetett módszerrel mindazon növényeknél létrehozhatunk tetraploid magvat, ahol a beporzás

után aránylag hamar beáll a megtermékenyítés, illetőleg megindulnak a proembryumot létrehozó első somatikus sejtosztódások, addig a többi polyploidia indukáló eljárás egyike sem alkalmazható oly általánosan és oly biztos eredménnyel.

A regeneráló képességű növényeknél igen könnyen indukálható polyploidia a lemetszett száron képződő *heggszövetből* (*Solanum* genus). Míg WINKLER módszere szerint oltásos keresztezéseknél az oltás egybeforradásának helyén fellépő heggszövetből (*callusból*) buján kisarjadzó hajtások közül kell kikeresni a tetraploid hajtásokat, addig JÖRGENSEN leegyszerűsített eljárásával a lemetszett szár callusából hajtanak ki a *Solanum*oknál teljes biztonsággal a normális ágak mellett a tetraploidok. A regenerációs úton indukált polyploidia klasszikus területét tulajdonképpen a *lombosmohok* alkotják, ahol egyébként FRITZ VON WETTSTEIN a polyploidia alaktani alapvető törvényszerűségeit megállapította.

Amphidiploidiát okozhat *fajkereszteződéskor* a két, egymással nem homológ genom közötti chromosoma-párosodásnak spontán történő elmaradása. A híres *Primula Kewensis* és a *Raphanobrassica* is ilyen *asyndesis* révén jött létre.

A vegyi szerekkel ható eljárások közül a *chloralhydrátos* kezelést már 1904-ben alkalmazta NEMEČ a sejtosztódás megzavarására, de a mohok kivételével, csak részleges tetraploidiát lehet vele elérni. Sokkal több figyelmet érdemel ATABEKOWA eljárása (1936); a szublimát — kénessavasztriumos oldattal kezelt *Pisum* magvak 33 %-ánál lehetett részleges, vagy teljes polyploidiát kimutatni.

KOSTOFF (1935) a csirázó *Matthiola* magnak centrifugálásával, vagyis a pár sejtes csira sejtosztódásainak megzavarásával indukált tetraploidiát.

Megemlítendő továbbá, hogy KOSTOFF (1933) *virus*-megbetegedéssel növényenél, WINGE (1927), KOSTOFF (1932), legújabbban pedig WIPF és COOPER (1938) a növényi *daganatokban*, illetve *gubacsban* mutatták ki a tetraploidiát, amikor is valószínűleg az anyagcsere megzavarása következtében beállott viscositas-állapot változások, vagy esetleg bizonyos hatóanyagok keletkezése miatt akadályozódik meg a chromosomák két fióka magba való szétválása.

Végül *genetikus tényező* is megakadályozhatja a meiosis

és így spontán keletkezik tetraploid növény, miként azt BERGNER, CARTLEDGE és BLAKESLEE a *Daturánál* (1934), BÉADLÉ a *Zeanál* (1933) és LEVAN az *Alliumnál* (1936) megfigyelték.

Annak ellenére, hogy aránylag sokféle polyploiditást indukáló eljárás ismeretes és hogy olykor 8—13, sőt 33 %-ban keletkezett tetraploidia, mégis mindig nehézkes és bizonytalan még a legáltalánosabban alkalmazható módszer is, mert pl. a SVALÖVI növénykísérleti telepen csak kb. 1500 *kukorica* torzsa „meleg-kezelése“ után kaptak — egyetlen tetraploid magvat (MÜNTZING, TOMETORP és MUNDT-PETERSEN).

Az új, colchicines kezelés ismertetése előtt röviden áttekintjük a polyploiditával fellépő elváltozásokat és viszonyokat.

### A polyploidia létrehozta megváltozások.

A polyploid növényformák két évtizedes vizsgálati eredménye alapján a polyploidoknak inkább csak az alak és alkat-tani viszonyait ismerjük, míg élettani terén beállott megváltozásokról nagyon keveset tudunk. Pedig rendkívül fontos megismerni éppen az életfolyamatokban fellépő elváltozásokat, mivel csakis ezen ismeretek alapján lehet a polyploid indukció határait megállapítani s így a kedvezőtlen eredményekre vezető, tehát hiábavaló próbálkozásokkal felhagyni, vagy — ellenkezőleg — a polyploid kulturnövények előállítását tovább fokozni. A ma összeállítható, egymásnak olykor teljesen ellentmondó adatok alapján a polyploid növényformák alak és élettani jellegei röviden a következőkben foglalhatók össze. (Részleteket bővebben, illetve a vonatkozó irodalom felsorolását I. HESSE, MÜNTZING, SAX, SCHLÖSSER, SCHWANITZ, FR. von WETTSTEIN-nél).

A tetraploidok sejtmérete a diploidokhoz mérten: megnagyobbodott („mag-plasma viszony“). Ez a viszony világosan jut kifejezésre a pollennél és a lélegzőnyílás zárósejtjeinél; miért is ezeknek a sejteknek a nagyságából következtethetünk a polyploidia fokára. Megváltozik továbbá a növény általános megjelenési formája is: a szár erősebb és vastagabb lesz, a levél rendszeren rövidebb, de szélesebb és vastagabb; a virág rendelkezésekre hajlamos; a termés és a mag kifejezetten na-

gyobb; a színárnyalatok általánosságban sötétebbek (a levél zöldje, a *Petunia* szirma torokrajzolata).

A tetraploid-mag a diploidnál későbbben csirázik, de mintahogyan a sziklevele nagyobb s így anyagcsere folyamatai erőteljesebbek: ezt a fejlődésben való elkésést — egyes fajoknál — (pl. *Lycopersicum*, SCHLÖSSER) nemcsak hogy behozza, hanem a további növekedése alatt a diploidot el is hagyja. De ez a fejlődési sebességi különbséget nem jelenti egyben az összes életfolyamatnak a meggyorsulását, sőt a tetraploid növény később virágozik és így a termése is később ér be. Viszont más fajoknál a tetraploidok növekedése a lassúbb és így — az egyedileg bár nagyobb — tetraploid egyed a diploid fejlődési üteméhez viszonyítva, visszamaradott. A pollenanyasejtek érési osztódásai igen gyakran zavartak, a chromosomák elosztódása nem szabályos, aminek következménye a sok abortív pollen és a meglehetősen nagyfokú pollensterilitas. A maghozam is általában csökkentett.

Természetesen ezek a viszonyok az egyes növényfajok szerint különbözőként megváltozhatnak. SCHLÖSSER vizsgálatai szerint a genom sokszorozódásával a növény osmotikus értéke arányosan csökken, vagyis a tetraploid tulajdonképpen „vízzel felhígított diploid” lenne és ezért a fagy- és szárazságnak ellenálló képessége is csökkentett, vagyis — ezek szerint — a tetraploid növény száraz talajon nem terem jól. Kimutatta továbbá, hogy a tetraploidok friss- és száraz súlya, úgyszintén a hamutartalom súlya is nagyobb, mint a diploidoknál, valamint a terméshozam is. Ezzel szemben, az általánosságban lecsökkentett vitalitas ellenére is a tetraploid *Zea* hidegellenállása fokozott (NISHIYAMA), az óriás polleneknél a csiratömlő növekedése gyorsabb (GOTOH), a vizeztartalom mellett a N és protein tartalom (KOSTOFF és AXAMITNAJA és a C vitamin tartalom is nagyobb (CRANE and ZILVA, SANSOME and ZILVA).

Az itt felsorolt egynéhány adat is mutatja, hogy milyen kevésbé ismeretes a polyploidok élettana és éppen ezért mennyire is fontos minél több növényfajnál a polyploid fokozatokat létrehozni és ezeknek részletes feldolgozásával a genom sokszorozódásával együtt fellépő törvényszerűségeket megállapítani. Ehhez természetesen több, egymásután következő polyploid nemzedéknek a vizsgálata

szükséges, mert nemcsak hogy legtöbbször a colchicinnel kezelt növény még torz, olykor hirtvány fejlettségű és csak a következő,  $F_1$  nemzedék mutatja a rendes, tetraploid jellegeket, hanem a genom szaporodás következtében megváltozott belső viszonyok kiegyensúlyozódásához is esetleg több nemzedék szükséges, hogy így a megzavart és lecsökkentett vitalitás újból helyreállhasson, illetve fokozódhassék. Ugyanis csakis így magyarázható meg az a tény, hogy — SCHLÖSSER eredményeivel szemben, amely szerint tudniillik a polyploid a diploidnál kisebb ellenálló képességű — a fajonbelüli polyploidok (a „chromosoma rasszok“) inkább északi flóra elemek (*Szicília* növényzetének 31 %-a polyploid szemben *Izland* 55 %-os polyploid flórájával), vagyis hogy a természetben előforduló polyploid formák általában a diploidoknál ellenállóbbak és így a szélsőségesebb körülmények között is megmaradnak.

### A colchicines eljárás irodalma.

Az előzőekben megismert különböző polyploidiát indukáló módszerek hatásosságát ismervén, könnyen megérthető, hogy milyen nagy, szinte forradalmi jelentőségű a legelőször BLAKESLEE és AVERY-től leírt *colchicines* eljárás (1937), amellyel — csaknem — minden növénynél előidézhető a polyploidia és pedig az eddig ismeretes legjobb eredményekkel (5—13—33 %, RANDOLPH, SCHLÖSSER, ATABEKOWA) a colchicin olykor 68- ill. 85 %-ban is indukál polyploid utódot (BLAKESLEE és AVERY a *Daturánál*).

A *colchicin*nek, a *Colchicum autumnale* ezen értékes alkaloidjának a sejtmegosztódást megzavaró hatását először ALLEN, SMITH és GARDNER (1936), BRUES és COHEN, (1936) illetőleg LUDFORD (1936) tanulmányozták állati szövetekben, majd pedig behatóan DUSTIN és munkatársai (v. ö. CHODKOWSKI összefoglaló ismertetését, 1937). Ők mutatták ki legelőször, hogy a colchicin a növényeknél is a sejtosztódások számának növelését okozza (DUSTIN, HAVAS és LITS, 1937), illetőleg a magöslés rendes befejeződését megakadályozza. NEBEL és RUTTLE, EIGSTI, LEVAN, GAVAUDAN és MANGENOT adatai bővítik a colchicinhatás mikéntjére vonatkozó ismereteinket (v. ö. II. részt.)



Polyploid növényformáknak létrehozását colchicines kezeléssel egy időben, de egymástól teljesen függetlenül kezdte el a múlt évben BLAKESLEE és AVERY (B-A\*) valamint NEBEL és RUTTLE (N-R\*). Az *American Association of Anatomists* 1937 januári gyűlésén ismertette E. ALLEN a colchicinnel kezelt állati szöveten észlelt megváltozásokat (a sejtosztódások szaporodását; v. ö. N-R 1938). Ezen előadás alapján hívta fel D. J. JONES NEBEL és RUTTLE figyelmét a colchicinnel polyploidiát indukáló tulajdonságára, akik így 1937 áprilisában hozzá is kezdtek a *Huskins Laboratory of Schenectady, N. Y.*-ban a növények kezeléséhez. BLAKESLEE és AVERY-nek viszont O. J. EIGSTI tanácsolta ezt az alkaloidát ugyancsak polyploidia indukálása céljából. Ugyanis EIGSTINEK E. L. LAHR megmutatta a colchicinnel kezelt állati készítményeiben a polyploid sejtek fel-lépését, amit azután ő maga is megkapott colchicinnel kezelt növények gyökerében.

BLAKESLEE és AVERY (1937) részletesen ismertetik a különböző eljárásokat, egyben hangsúlyozván a colchicin alkalmazásának örökléstanai jelentőségét; a függelékben pedig a *Journal of Heredity* szerkesztője hívja fel a figyelmet az amphidiploid formák előállításának a fontosságára. HAVAS (1937), NEBEL és RUTTLE (1938), meg EIGSTI (1938) munkáihoz csatlakozik a többi, részben a colchicin hatás mechanizmusával, részben a colchicin létrehozta alaktani elváltozásokkal foglalkozó közlemény: P. GAVAUDAN és N. GAVAUDAN meg POMRIASKINSKY—KOBOZIEFF (1937, 1938), WALKER (1938), LEVAN (1938) és MANGENOT (1938)-tól. Újabb, colchicinnel indukált tetraploid és amphidiploid formákról számolnak be MORRISON (1938), GYÖRFFY (1938) meg GYÖRFFY és MELCHERS (1938).

### A colchicines kezelési eljárások.

A többi, polyploidiát indukáló eddig használt eljárással szemben a colchicines kezelésnek roppant nagy előnye az egyszerűsége mellett is: nagyfokú hatásosságában rejlik. A módszer lényege: a növény sejtmagosztódásait — legyen ez akár a növekedési csúcs osztódószöveté-

\* Továbbiakban csak ezzel a rövidítéssel idézem.



ben, akár a pollenanyasejtekben vagy az elsődleges embryumzsaák sejtjében — megfelelő koncentrációjú és elegendő ideig ható colchicin oldattal úgy befolyásolni, hogy a chromosomák hosszanti kettéhasadása és szétválása után ezeknek két fióka-sejtmagra való szétosztódása ne következhessek be (a colchicin-mechanismust I. II. részben). Polyploid növény indukálható tehát úgy a magriak, azaz a fiatal embryumnak, mint a hajtás csúcsának és a fiatal, bimbós hajtásnak megfelelő kezelésével.

Már BLAKESLEE-ék kidolgoztak több eljárást, módozatot, amellyel a különböző fejlődési állapotban levő növényeket legkíméletesebben lehet kezelni.

A legegyszerűbb, de egyáltalán nem a legkielégítőbb eljárás — miként azt B-A állítják — a *magnak kezelése*. A magvakat vagy közvetlenül, szárazon tesszük be a megfelelő %-os colchicin oldatba, vagy pedig előzetesen vízben felduzzasztjuk (pl. 24 órán át 22—24° C mellett). Ez az előkezelés ajánlatos, mert így, a gyorsan csirázó magvaknál hamarosan megindulnak az embryumban az életfolyamatok, a sejtosztódások és így a kezelés másodnapján, a colchicin oldat a már nagyszámban jelenlevő sejtosztódásokat megzavarhatja, míg hogyha azonnal colchicin oldatba tesszük be a magvat, sok esetben már a kissé erősebb koncentráció is meggátolja a sejtosztódások megindulását és így a kezelés eredménytelené válik. Mivel a törekvésünk az, hogy az embryum első osztódásai révén állítsuk elő a tetraploid embryumot, a colchicines magkezelés csakis akkor lesz eredményes, ha a colchicin oldat alkalmazásakor, már a fiatal hajtásnak, a plumulának kezdeményében is elkezdte a meristema osztódását. Már pedig ismeretes, hogy először a gyökér (radicula) nő és bújik ki a maghéjból és csak ezt követően fejlődik ki a plumula. Ezért történik meg nagyon gyakran, hogy amennyiben csak rövid ideig marad a mag a colchicin oldatban, csupán a gyökér lesz esetleg tetraploid, míg a hajtás (mivel a növekedése még nem indult meg), diploid marad. Ezzel magyarázható, hogy míg az azonnal csirázó magvakat eredményesen tehetjük a vízben történt előduzzasztás után bele a colchicin oldatba, addig a lassan, bizonyos előkészülődési idő elteltével csirázó magvaknál ajánlatos bevárni azt az időt, amikor megindul a plumula fejlődése. Évéggett szükséges készítménysorozatok előállításával meghatározni, hogy

a vízzel történt felduzzasztás után hány nappal kezdődik el az embryum általános fejlődése. Ajánlatos továbbá — hacsak lehet, — a gyökér csúcsát bele nem mártani a colchicin oldatba, mivel ennek a sejtjei érzékenyebbek, mint a hajtás meristemája és a hajtás tetraploiddá való átalakítására alkalmas colchicin koncentráció a gyökér sejtosztódásait nemcsak hogy erősen meggátolhatja, hanemi tönkre is teheti. Ezért nagyon nehéz pl. a *Linum* magvát kezelni. Mert kezelés után a mag kicsírázik ugyan és a jellemzően megvastagodott hypokotyledon mutatja, hogy a csiranövényke tetraploid, de szikleveles állapotában mind elpusztul, egyik sem tud tovább fejlődni, mivelhogy az igen érzékeny gyökércsúcs a colchicin hatására tönkrement.

Az említett nehézségek ellenére is, a *Daturánál* B-A könnyen: 10 napig tartó 0.8 és 1.6 %-os oldatban történt kezelés után, a pollenek mérete alapján megállapítva 61.61 % ill. 64.7 %-ban tetraploid növényt kaptak.

Sokkal biztosabb a kezelés, ha a fiatal csiranövényke hajtását mártjuk be a colchicin oldatba, akkor, amikor az első levelek már kezdenek megjelenni. Ugyanis sok növény-nél a szikleveles állapot sokáig tart, míg végre a hajtás tulajdonképpeni növekedése megindul. Ekkor a sejtosztódások nagy számmal lépnek fel a növekedési csúcsban és ezért a legnagyobb valószínűséggel sikerül tetraploid szövetet a vegetációs pontban létrehozni. Ép így bemártható a colchicin oldatba a már kifejtett növény bármely más, erőteljesen növekedő ága. A hatás eredménye fokozható, ha a bemártás előtt az oldalágakat és a levelek egy részét levágjuk és ezáltal a növekedést mintegy a kezelendő ágra összpontosítjuk. BLAKESLEE-ék a *Portulaca* hajtása egy napos 0.025 %-os colchicin oldatban való tartásával 4 n-es szövetet kaptak. WALKER a *Tradescantia* meiosisát zavarja meg ezzel a módszerrel, DERMEN pedig a *Rhoeo discolor* bimbós ágának egy órás bemártásával kapott diploid polleneket.

Polyploid hajtás indukálható akkor is, ha csak magára a **növekedési pontra** hatunk colchicin oldattal (B-A ú. n. „csepp módszer“-e). Tanácsos a még fiatal növény hajtásának a növekedési pontját kezelni. E célból, a fiatal, tömötten egymásra boruló levelek felhasználásával a növekedési pontot kissé felszabadítjuk s erre csepegtetjük a növényfajonkint külön-külön

megállapítandó koncentrációjú colchicin oldatot. Egyes, érzékeny növényeknél sokszor elegendő már 1—2 csepp is (pl. a *Iennél* a 0.1 %-os oldat egyetlen cseppje is már hatásos volt), másoknál viszont szükséges a colchicinoldat felszáradása után újabb cseppek hozzáadásával azt felújítani és ezt az eljárást esetleg több napon át megismételni (B-A). A túlgyors elpárolgás megakadályozása végett igen ajánlatos colchicinoldatba mártott *gyapotcsomókat* helyezni a növekedési pontra (GYÖRFFY; továbbiakban: Gy). A már merev, elfásodott ágakra colchicines *agarral* megtöltött üvegcső húzható, vagy pedig eredményesen lehet a már kihült, de még folyékony colchicines agart a növekedési pontra csepegtetni (B-A a *Daturánál*). Colchicines *lanolin pasztával* is bekenhető a hajlás növekedési pontja, ámde ennek a módszernek nagy hátránya, hogy a colchicin oldat meglehetősen nehezen diffundál ki a pasztából és így nem ellenőrizhető, hogy tulajdonképpen milyen százalékos oldat hat; egyébként ugyanez a nehézség már az agar-os kezelésnél is megvan.

Ami a *colchicinoldat koncentrációját* illeti; minden egyes növényfajnál tapasztalatilag kell megállapítani a megfelelő koncentrációt. Általánosságban elég tág határok közt mozog, de ez függ a kezelés mikéntjétől, időtartamától és különösképp a növény „érzékenységétől”. BLAKESLEE pl. a *Daturánál* azt észlelte, hogy az optimális kezelés a magnak 0.2 %-os oldatban való duzzasztása, amikor is egy napi hatás után 56 %, két napos kezeléskor 94 % és 4 nap elteltével 100 % volt a külső megjelenés alapján megállapítható polyploidia; a 0.1 % alatti oldatok még hatástalanok; az 1.6 %-os oldat is még 64.7 %-ot eredményez. *Datura* magvakat tíz napig kezelve: a 0.2 %-os oldat 50 %, a 0.8 %-os 61.6 % és az 1.6 %-os oldat 64.7 % tetraploidit hoz létre (pollen méretek alapján ellenőrizve). Egyébként NEBEL és RUTTLE mellett EIGSTI is hangsúlyozza az oldat koncentrációja és a kezelés időtartama közti fordított viszonyt, vagyis hogy a töményebb colchicinoldat rövidebb idő alatt ugyanazt a hatást éri el, mint a hígabb oldat hosszabb ideig tartó kezeléskor; ez is persze csak bizonyos határok közt érvényes.

A kezelés időtartama alatt uralkodó *hőmérsékletre* vonatkozóan még nincsenek részletes adatok. BLAKESLEE-ék is

csak utalnak arra, hogy a hőmérséklet-fokozása növeli a tetraploid ágak számát. Megfigyeléseim is megerősítik ezt, amennyiben ugyanaz a colchicindat, amely meleg üvegházban (26—30° C) kezelt növényeknél eredményes elváltozást okozott, a hidegebb, (15—20° C) üvegházban alig hatott. Igen valószínű azonban, hogy a melegenek ez a hatása a colchicin hatását nem közvetlenül befolyásolja, hanem csakis közvetve, vagyis azáltal, hogy a magasabb hőmérséklet mellett élénkebb a növény növekedése és így több a sejtosztás, tehát nagyobb a lehetősége annak is, hogy a növekedő csúcsnak sejtjei tetraploidokká lesznek, illetőleg hogy a colchicin miatt megzavart egyensúlyállapot és a colchicinnak gátló hatása ellenére is ezek a tetraploid sejtek a kedvező körülmények között tovább osztódnak.

Híg colchicines oldatban a colchicinnak növekedést serkentő hatása következtében a magvak csirázása hamarabb következik be (HAVAS 1). A koncentráltabb oldatoknál ez a hatás már eltűnik a másodlagosan fellépő növekedés gátlás miatt. Ugyanis a colchicin hatására fellépett mitosisgátlások egyben a növekedés lecsökkentését, esetleg megszűnését is jelentik és így természetes, hogy bár itt is hamarabb indult meg a csirázási folyamat, mint a nem kezelt magvaknál, mégis csak a kezelt növényeknek a fejlődésben való visszamaradtságát fogjuk észlelni. Egyébként ez a késleltetett csirázás, jellemzi a colchicinnel kezelt magvakat is (B-A). Természetesen ez a gátlás az oldat koncentrációja és a növény érzékenysége szerint igen különböző mértékű.

Már DUSTIN, HAVAS és LITS is felemlítik a csiranövényke jellegzetes reakcióit: 0.000025 % sietteti a gyökér növekedését, míg az erősebb koncentráció (0.0005 %) elváltozásokat hoz létre: a gyökér rövid marad, lassan nő, a gyökércsúcs hypertropikusan felduzzad. MANGENOT tanulmányozta behatóan ennek a gyökérdaganatnak a képződését; amely a gyökér megnyulási szakaszában alakul ki. Ez a „hypertrophia“ annál kifejezettebb, minél fiatalabb a gyökér, azaz minél erőteljesebben növekszik, és egyáltalán nincsen ha a gyökér nem nő (akár mert idős, akár mert a colchicin oldat túl erős). Viszont ha a gyökeret a colchicin oldatból rendes tápoldatba, vagy vízbe

tesszük át, megszűnik a további daganatképződés, míg ismét visszahelyezve a colchicinoldatba, újabb gumó képződik. Ezt a váltogatást többször megismételve a gyökér rózsafűzér alakúvá lesz (MANGENOT, LEVAN). A daganat szövetében a sejtek csupán méretükben nagyobbodtak meg, de nem számukban.

Egyik legjellemzőbb elváltozás a colchicinnel kezelt csiránövényeknél a sziklevel alatti szárrészletnek (hypokotyledon) feldagadása. Miként a gyökérnél, úgy itt is a megnyúlási zóna az, amely felduzzad. Egyébként a sziklevelalatti-szárrészletnek a felduzzadása a spontán fellépő tetraploid növényeknél is megvan. A *vastag hypokotyledonból* tehát már következtethetünk a colchicin indukálta polyploidiaára. Sőt BLAKESLEE-ék a colchicin hatás kifejezésére már egységet is állapítanak meg („*bioassay of colchicine*”) azon colchicin koncentrációban, amelynél a hypokotyledon fele mutatja ezt a jellegzetes felduzzadást. A *Portulacaná* az egység ezek szerint 0.0004 % colchicin.

Ha a colchicinoldat túl erős volt, a növény a szikleveles állapotnál tovább nem fejlődik, hanem — a tönkrement gyökér miatt elpusztul. A gyökér növekedésének gátlása, illetve a gyökér elpusztulásának végzetes következményei elkerülhetők, ha heteroauxinos utókezeléssel új gyökérképződést indukálunk.

Mivel csak a legritkább esetben sikerül az egész növekedési csúcst tetraploiddá átváltoztatni, a növény rendszeren *mixochimaera* lesz és így a levelek is, a különböző chromosoma számú szövetek kevert elosztódása következtében rendkívül változatos, sokszor torz alakot öltenek fel (l. fénykép). A levél legtöbbször kissé megvastagodott, felszíne érdes, ripacsos (*Petunia*, *Hyoscyamus*; Tab. fig. 1., 2.), bodros (*Capsicum*), alakja megváltozott: sokszor szabálytalanul hasogatott, vagy egészen elkeskenyedő (*Petunia*). Gyakoriak az érdekes rendellenességek, mint pl. a *Petunia* tölcséralakú, a *Capsicum* csónakszerű és félholdalakú levelei (Gy), vagy pedig a szalagos összenövésék (N-R). Általában sötétebb zöldek, mint a diploidok: ismeretes chlorophyll-chimaera is (N-R).

A hajtás növekedési pontjának kezelésekor a már kezdeményként meglevő levelek rendszerint mixochimaerákká lesznek (l. fényképen a középső és baloldali egészen rövid ágak). Feltűnően megváltozhatnak a colchicinoldat hatására a növekedési pont alatti, már kifejlett levelek is: kezeléskor ezek is las-

san, valószínűleg a colchicinoldat diffúziója mértékében, első-tétülnek (*Capsicum*, *Antirrhinum*), illetőleg olykor egészen bőrneműen megkeményednek (*Antirrhinum*, *Petunia*). A lerr-nél viszont a colchicin hatására a növekedési pont körüli fiatal levélkéek erősen feldagadnak; pár nap elteltével a kezelt hajtáscsúcs egészen *Sempervivum* törórsájához hasonlít. Ezután a növény „túlnövi“ a kezelést, de az apró, vastag levelek alig nagyobbodnak meg és csak a kezelés után kikülönülő és kifejlődő levelek lesznek ismét rendes méretűek és alakúak.

A colchicines mixochimaera levelet P. GAUUDAN a *Vicia-nál* szövettanilag is megvizsgálta. A gyakran csak nyomorékul kifejlődött, csavarodott levelek megvastagodnak, a levél felszíne az epidermalis sejtek nagy feszessége következtében egészen, vagy csak a szegélyen, többé-kevésbé „szatinált“. A bőrszövet sejtjeinek oldalfala nem hullámos, hanem egyenes, az alatta fekvő, levélzöldet tartalmazó sejtek hypertrophizáltak, a légzőnyílások gyakran rendellenesek.

Egyébként a légzőnyílások mérete alapján is elkülöníthetők a chimaera természetű leveleken a diploid és tetraploid szövetfoltok.

A hajtás végére helyezett, colchicines vattacsomócska hatására a szárnak még nyulásban lévő szakasza, hasonlóképpen a gyökércsúcs és sziklevelel alatti szárrészlet reakciójához, megvastagodik (*Linum*, *Petunia*, *Antirrhinum*, Gy).

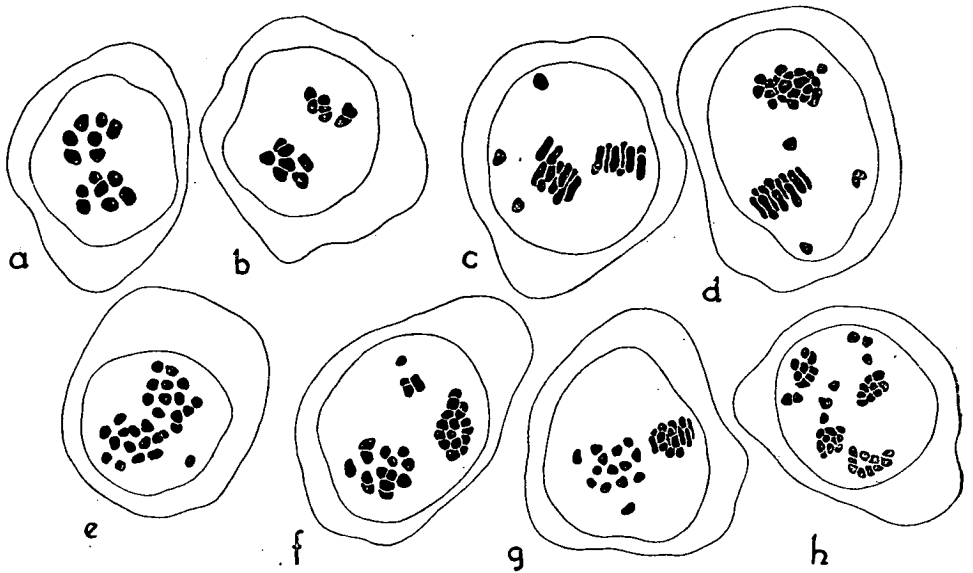
Miként a levelek, azonképp az oldalhajtások is vegyesen diploid-tetraploidok. A kezelt hajtás növekedése gátolt (l. fénykép) és ép' ezért rohamosan hajtanak ki az oldalhajtások úgy, hogy hamarosan ezek a diploidok túlsúlyra jutnak és veszélyeztetik a colchicines kezelés eredményességét. Már BLAKESLEE és AVERY is megemlíti, hogy ép' ezért fontos ezeket a rendes ágakat eltávolítani, hogy ezáltal a kezelt hajtást mintegy kényszerítsük továbbnövekedésre; a *Linum*, *Silene*-nél, hajtás kezelés után, csakis ezúton remélhető a tetraploid ág kifejlődése (Gy). A chimaera növény 4 n-es ágainak dugványozásával is könnyen megtartható és szaporítható az indukált polyploidia (*Tagetes*, N-R).

Megérthető ezek után, hogy a kezelt egyed külső megjelenéséből nem következtethetünk a tetraploidia létrehozta alak- és alakváltozásokra, mert hiszen az oldalhajtásaitól meg-

fosztott, megzavart növekedésű chimaera növény torz és még nem mutatja egységesen a genom sokszorozódása következtében fellépett megváltozásokat (1. fénykép).

Még tisztázandó kérdés a colchicinnel kezelt mag hamarabb csírázik, olykor a virágzás is hamarabb áll be).

Módosult a tetraploid növény *virágzata* is, a *Vicia* és *Antirrhinum* egyes virágai kisebb távolságra vannak egymástól, vagyis a szártagok közti részletek megrövidültek (Gy). A virá-



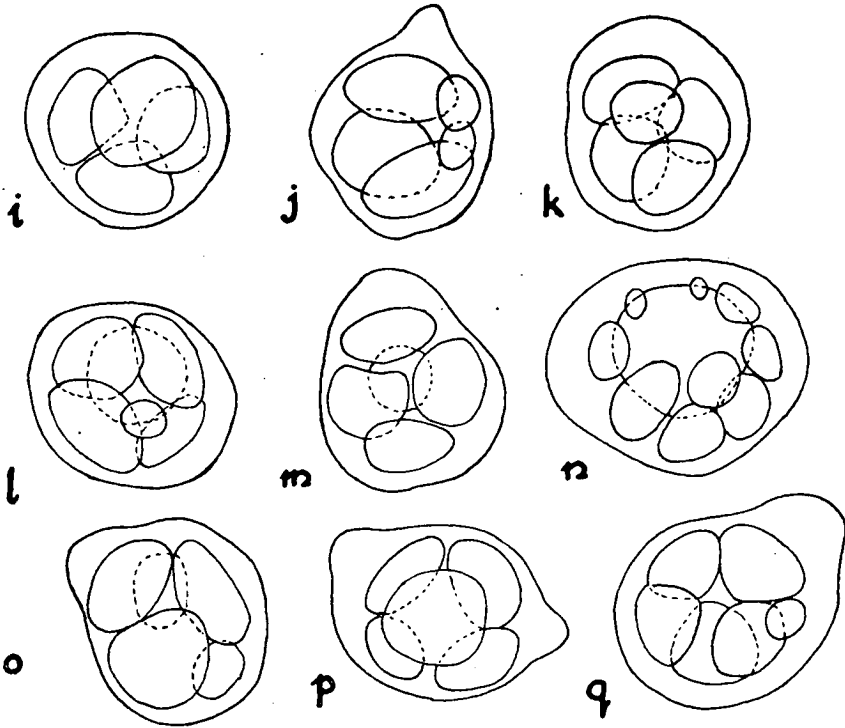
1. rajz. *Petunia*.

gok közt is gyakori a rendellenesség, mint a még ki nem egyensúlyozott, vegyes chromosoma számú szövetnek a következménye. Ilyen a *Hyoscyamus* sok chöripetalus virága, amely hasonlít a  $2n-1$  forma virágjához (GRIESINGER), továbbá a *Petunia* erősen bodros, olykor csavarodott, az *Antirrhinum* széles ajkú virága (Gy).

A mixochimaera jelleg olykor még egy virágon belül is felismerhető: az egyik portokban diploid, a mellette levőben viszont rendszeres, haploidot találunk (*Datura*); ezért a beporzást is ajánlatos csak nagyító vizsgálatával ellenőrzött portokból



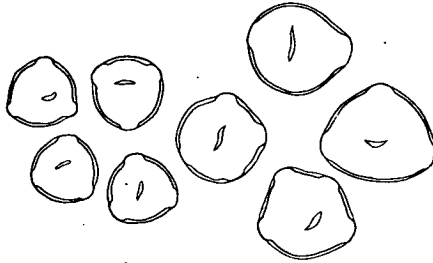
származó pollennel végezni (BLAKESLEE). Mivel azonban igen gyakran egy ugyanazon portokban (*Datura*, *Hyoscyamus*, *Petunia*) vegyesen van haploid és diploid pollen egymás mellett, továbbá, ha a pollen esetleg egységesen diploid is, még mindig lehet a petekészülék chimaera természetű úgy, hogy megtermékenyítés után a tetraploid egyedek mellett triploid utódok is fel fognak lépni (*Datura* B-A, *Tagetes* N-R).



2. rajz. *Petunia*.

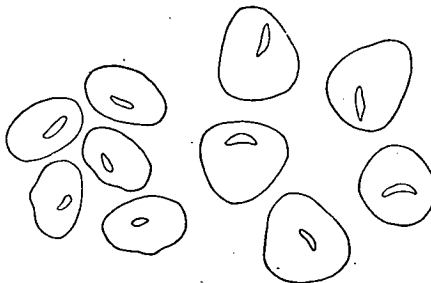
Régóta ismeretes a tetraploid pollenanyasejteknek gyakran megzavart meiosis, ami a hypo- és hyperdiploid meg — haploid pollenek egész sorozatát eredményezheti; más tetraploidoknál viszont a rendes lefolyású meiosis egyenletesen diploid polleneket hoz létre. Az 1. és 2. rajz mutatják vázlatosan a rendes és megzavart meiosis és következményeit a *Petunia*-nál. A rendes növény pollenanyasejtjében második metaphasisban a 7—7 chromosoma egymás mellett helyezkedik el

(*a, b*), a tetraploid növénynél viszont, síma lefolyású érési osztódáskor  $2n = 14$  chromosoma alkot egy-egy „aequatorialis lemezt” (*e*, a második metaphasis két lemeze 14—14 chromosomával, egymás mellett, ugyanazon síkban helyezkedett el). Szabályosan helyezkednek el a chromosomák az  $1/g$  meiosisnál is; a chromosomák kettéválása az egyik lemezen már megkezdődött. Az ilyen osztódások egyenletes méretű polleneket



3. rajz. Petunia.

eredményeznek, a pollentetradok mindegyikében 14—14 chromosoma van ( $2/h$ ). Ha viszont akár az első (*c, d, f*), akár a második (*c, d, h*) osztódáskor egyes chromosomák kiteszítatnak



4. rajz. Vicia.

a lemezből, és különösképen, ha már a pollenanyasejt maga is hypo- vagy hypertetraploid volt (*g*), egyenlőtlen lesz a chromosomák elosztódása és ennek következményeként a pollenek  $2n \pm a$  (ahol *a* kisebb mint 14) összetételű chromosoma szerelvényeiknek megfelelően igen különböző nagyságúak lesznek (*i—q*). Az *f* pollenanyasejtben már az első osztódáskor kiesett két chromosoma, melyek most, a két chromosoma szerelvény-

től elkülönítetten és függetlenül, de velük egy időben osztódnak ketté. Gyakran azáltal jön létre a chromosomák kiesése, hogy egypár chromosoma hamarabb távolodik el a középsíkból (*c, d*) és elszórtan helyezkedik el a magtérben (olykor kitaszítódik a sejtplasmába); ezáltal természetesen a pollen is hypodiploid ( $2n-1, 2n-2$  stb.) lesz. Sokszor külön apró pollent alkotnak ezek a szétszóródott chromosomák (*j, l, n, q,*), máskor viszont találmra hol az egyik, hol a másik pollenbe jutnak, ahol aztán vagy újból csatlakoznak a chromosomaszerelvényhez, vagy pedig továbbra is elszigetelten maradván — elpusztulnak. A második telophasisban levő *h* pollenanyasejtben hét chromosoma van szétszórva; még ennél is zavartabb meiosis eredményezhette az *n* sok apró, abortív pollenét.

A pollen mérete, miként az előző példák is mutatják, függ a chromosoma számtól. A haploid és diploid közti különbség feltűnő nagy (3. és 4. rajz); a haploid:diploid pollen aránya 1: 1.25 (B-A).

Olykor megváltozik a pollen alakja is, pl. a diploid *Vicia* polleneknél (4. rajz). Sajnos a colchicinnel indukált tetraploid gyakran nagy mértékben steril (*Vicia, Hyoscyamus*). BLAKESLEE és AVERY valószínűnek tartják, hogy a colchicin kezelés növeli a haláltokozó pollenmutációk arányát és ebből arra következtetnek, hogy a colchicin genetikai hatása nem kizárólagosan csak a chromosoma szerelvény megkettőzésére szorítkozik.

### Oktoploidia.

A colchicin megakadályozhatja több, egymás után következő sejtosztódás rendes lefolyását és ennek eredményeként  $4n, 8n, 16n$ , chromosomás polyploid sejtek keletkezhetnek egészen  $128n$ -es sejtekig felmenőleg (LEVAN és WALKER eredményei *Allium* gyökerénél, ill. a *Tradescantia* porzószáál szőreínél). Elég hosszú ideig tartó colchicines kezeléskor, vagyis ismételt sejtosztódás meggátlással, tehát oktoploid ( $8n$ ) sejtek is keletkezhetnek úgy a proembryumban, mint a hajtás növekedési kúpjában és szerencsés esetben ezek a nyolcszoros genomu sejtek oktoploid hajtást is létrehozhatnak. A diploid *Petunia*-ból ily módon létrejött oktoploid merev, bőrnemű és érdes levelű, a hajtásai rövidebbek, vastagodottak (Gy, N-R). A vi-

rág elkörcsösült, bár a portok rendes nagyságú, de sem a bibe-szál, sem a porzószál, sem a szíromlevelek nem emelkednek ki a csészelevelek köréből (Gy). A colchicin oldatba dugott *Tradescantia* dugvány óriás pollenű, oktoploid virágjainál is redukáltak a csésze és szíromlevelek, az utóbbiak ezenfelül még szintelenek (WALKER).

### Amphidiploidia.

Igen nagy jelentőségük van úgy a gyakorlati növénytermesztés, mint az elméleti örökléstani kutatások szempontjából a *fajközötti és nemzetségközötti keresztezéseknek*, mivel e módon lehet két különböző növénynek előnyös sajátságait egy utódnemzetségben egyesíteni, illetőleg ezeknek az analízisével lehet a fajok közötti génkülönbségeket megállapítani. Ámde ezen keresztezések legtöbbször az idegen genomok miatt meiosiskor rendszerint zavar lép fel és ennek következményeként meddőség. Amennyiben ezt a sterilitást a meiotikus zavarok okozzák, úgy ez az ok a genomok megkettőződésével kiküszöbölhető, vagyis a kétszeres chromosoma komplex a keresztezést állandósítja: fertilis amphidiploid keletkezik.

Ez a chromosoma szám megkétszereződés olykor spontán is előállhat. Klasszikus példái az ilyen, természetes úton létrejött amphidiploidoknak a *Primula Kewensis* és a *Raphanobrassica*. A *Primula floribunda* ( $n=9$ ) és *Primula verticillata* ( $n=9$ ) keresztezésével jött létre a *Primula Kewensis*, amely fajközötti hybridnek diploid alakja ( $n=9$ ) sterilis és csakis vegetatív úton szaporítható. Olykor mégis fellép egy-egy fertilis ág, de ez már tetraploid, amelyben tehát 18 a haploid chromosoma szám. KARPECSENKO *Raphanus sativus* ( $n=9$ ) és *Brassica oleracea* ( $n=9$ ) közti kereszteződéséből keletkezett a *Raphano-brassica*, amely nemzetségközötti hybridnek fertilis egyedei szintén tetraploidok ( $n=18$ ). Ilyen amphidiploid egyedek vannak az *Aegilops* és *Triticum* közötti keresztezésekben létrejött új *Aegilotriticum* nemzetségben is.

A colchicinnak az e téren kínálkozó nagy lehetőségeit felismerve már BLAKESLEE-ék is kezelték egy *Nicotiana tabacum*  $\times$  *N. glutinosa* meddő hybridet azon reményben, hogy — amennyiben tetraploid virág keletkezik, a növény is termé-

kennyé lesz. Úgyszintén MORRISON is megkísérelte az amphidiploidia indukálását colchicinnel. A colchicines eljárás a *Hyoscyamus niger* és *albus* közti keresztezés  $F_1$  nemzedékénél indukált legelőször amphidiploidiát† (GYÖRFFY—MELCHERS). A fiatal levélrózsák növekedési pontjára 0.25—0.5 %-os colchicinoldatba mártott gyapotsomócskát helyeztünk, a levelek eltorzulása, bodrosodása azonnal jelezte, hogy a szövetek chromosoma számában zavarok vannak (l. fénykép. Tab. I.) A virágzó növényen könnyen el lehetett különíteni a diploid és tetraploid ágakat, amennyiben pl. az egyik növényen az egyik-diploid-ág szinte kizárólagosan csak léha magvakat hozott, addig a másik ág tokjaiban gazdagon keletkezett a nagyobb méretű, csiraképes mag: A kicsirázott magvak gyökerének sejtteni vizsgálata pedig igazolta, hogy a termékenység tetraploidjának, illetőleg amphidiploidjának a következménye.

† 110802

### Colchicines kezeléssel létrehozott polyploid növények.

A colchicines módszer sikerét igazolja az a sokfajta polyploid, amit eddig sikerült létrehozni.

BLAKESLEE és AVERY a következő fajoknál kapott chromosoma szerelvény kettőződésével megmagyarázható elváltozásokat: *Datura* több faja, *Portulaca* és *Cosmos* 2—2 faja, *Phlox*, *Stellaria*, *Petunia*, *Nicotiana*, *Digitalis*, *Mirabilis*, *Tropaeolum*, *Cheiranthus*, *Raphanus*, *Cucurbita*, *Trifolium*, *Medicago*, *Zea* és *Allium*. NEBEL és RUTTLE a *Tagetes*, *Petunia Antirrhinum*, *Dianthus*, *Lycopersicum*, *Tradescantia* tetraploidjai mellett a *Zea*, *Vicia*, *Trifolium*, *Papaver*, *Solanum* és *Lilium*nál is észleltek jellegzetes colchicin reakciót (habár ez még nem jelent okvetlenül tetraploidiát GY). DERMEN a *Fragaria vesca semperflorens*, MORRISON a *Zinnia* tetraploid formáját írja le, míg *Dahlemben* eddig a következő fajoknál tudtam a  $F_2$  nemzedék chromosoma számlálásával ellenőrzöten tetraploid formákat létrehozni: *Capsicum annuum*, *Epilobium alpinum*, *Hyoscyamus niger*, *Hyoscyamus niger*  $\times$  *H. albus*, *Linum usitatissimum* és *Petunia nyctaginiflora*. Nagyon valószínű, hogy tetraploid keletkezett (a pollen és részben a mag nagysága alapján megállapítva) az *Antirrhinum maius*, *Hyoscyamus al-*

bus, *Hyoscyamus albus*  $\times$  *H. niger*, *Solanum melongena* és *Vicia faba*-nál is.

\*

A colchicinnel létrehozható chromosoma állomány megváltoztatás, vagyis a „növénytermesztés nem mendeli módszerrel“ (N-R), amely „korlátlanul alkalmazható minden növénynél“ (B-A), kétségtelenül nagyjelentőségű fellendülést biztosít a növényörökléstannak. És ha talán ma még korai a polyploid formákhoz előre túlnagy reményeket fűzni, máris megállapítható, hogy még abban az esetben is, ha a polyploid fajták sok kulturnövénynél nem fognak beváltani, áldásos a colchicines módszer, mert ezzel gyorsan és biztosan lehet a polyploidokat létrehozni és éppen ezért a növénynemesítők mentesülnek attól a sok kínlódástól és vesződéstől, amit az eddig ismert és alkalmazott eljárások jelentettek és amelyekkel mostanáig mindenáron törekedtek minden növényfajnál a polyploiditást létrehozni.

\*

Ezúton is megköszönöm az ORSZÁGOS ÖSZTÖNDÍJ TANÁCS (*Budapest*) és a DEUTSCHER AKADEMISCHER AUSTAUSCHDIENST E. V. (BERLIN) segítő támogatását. Igen nagy hálával tartozom PROF DR FRITZ VON WETTSTEIN igazgató úrnak, aki az eszközöknek, de kiváltképpen a sok helyet igénylő kísérletekhez az üvegházban megfelelő helynek rendelkezésemre bocsátásával a munkát lehetővé tette. Köszönöm DR G. MELCHERS-nek állandó érdeklődését és tanácsait és nemkülönben L. SCHMID-nek segítségét, különösen pedig a felvételek elkészítését.

[Készült a *Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie*-ben

*Berlin-Dahlem*

I. Director Prof Dr FRITZ VON WETTSTEIN].

### Idézet irodalom.

ALLEN, E., G. M. SMITH and W. U. GARDNER: Accentuation of the growth effect of theelin on genital tissues by arrest of mitosis with colchicine. — *Anat. Record. Abstr.* 67: 49, 1936

BLAKESLEE, A. F.: Dédoublément du nombre de chromosomes chez les plantes par traitement chimique; — *C. R. Acad. Sci Paris* 205: 476—479, 1937

A. F. and A. G. AVERY: Methodes of inducing chromosome doubling in plants by treatment with colchicine; — *Science* 86: 408, 1937

A. F. and A. G. AVERY: Methodes of inducing doubling of chromosomes in plants; — *Journ. of Heredity* 28: 393—411, 1937

BRUES, A. M. and A. COHEN: Effects of colchicine and related substances on cell division; — *Biochem. Journ.* 30: 1363—1368, 1936

CHODKOWSKI, K.: Die karyoklastischen Gifte, ihr Einfluss den Organismen und ihre Bedeutung für die Pathologie; — *Protoplasma* 28: 597—619, 1937

CHODKOWSKI, K.: Colchicine and double diploids; — *Journ. of Heredity* 28: 411—412, 1937.

DARLINGTON, C. D.: Recent advances in cytology 2<sup>nd</sup> ed. London 1937

DERMEN, H.: A cytological analysis of polyploidy; — *Journ. of Heredity* 29: 210—229, 1938

DOBZHANSKY, TH.: Genetics and the origin of species, New York 1937

DUSTIN, A.-P., L. HAVAS et F. LITS: Action de la colchicine sur les divisions cellulaires chez les végétaux; — *C. R. Assoc. Anat.* 32<sup>e</sup> réunion: 177—181, 1937

EIGSTI, O. J.: A cytological study of colchicine effects in the induction of polyploidy in plants; — *Proc. N. Acad. Sci. U. S. A.* 24: 56—63, 1938

GAVAUDAN P.: Sur les tissus à constitution mixte diploide et polyploide développés chez les végétaux par action de la colchicine; — *C. R. Soc. biol. Paris* 128: 717—719, 1938

GAVAUDAN P. et N. GAVAUDAN: Modifications numériques et morphologiques des chromosomes, induites chez les végétaux par l'action de la colchicine; — *C. R. Soc. biol. Paris* 126: 985—987, 1937

GAVAUDAN P. et N. GAVAUDAN: Mécanisme d'action de la colchicine sur la caryocinèse des végétaux; — *C. R. Soc. biol. Paris* 128: 714—716, 1938

GAVAUDAN P. et N. POMRIASKINSKY—KOBZIEFF: Sur l'influence de la colchicine sur la caryocinèse dans les meristèmes radiculaires de l'*Allium cepa*; — *C. R. Soc. biol. Paris* 125: 705—707, 1937

GAVAUDAN P. et N. KOBZIEFF: Action de la colchicine sur la caryocinèse et la cytodierèse des *Chlamydomonadines*; — *C. R. Soc. biol. Paris* 127: 790—793, 1938

GRIESINGER, R.: Über hypo- und hyperdiploide Formen von *Petunia*, *Hyoscyamus*, *Lamium* und einige andere Chromosomenzählungen; — *B. D. B. G.* 55: 556—571, 1937

GYÖRFFY, B.: Durch Kolchizinbehandlung erzeugte polyploide Pflanzen; — *Naturwiss.* 26: 547, 1938

GYÖRFFY, B. und G. MELCHERS: Die Herstellung eines fertilen, amphidiploiden Artbastardes *Hyoscyamus niger* X *H. albus* durch Behandlung mit Kolchizinlösungen; — *Naturwiss.* 26: 547, 1938

HAASE-BESSEL, G.: Künstlich erzeugte Polyploidie durch Colchicinbehandlung; — *Volk und Rasse* 9: 311—313, 1938

HAVAS, L.: Effects of colchicin and of *Viscum album* Preparations upon Germination of Seeds and growth of Seedlings; — *Nature* 139: 371—372, 1937

HAVAS, L.: Colchicine, Phytocarcinomata and Plant Hormones; — *Nature* 140: 191, 1937

HAVAS, L. and E. GÁL: Effects of Methylchloranthrene and colchicine administered with plant extracts on the rat; — *Nature* 141: 214, 1938

HESSE, R.: Vergleichende Untersuchungen an diploiden und tetraploiden Petunien; — *Z. I. A. V.* 75: 1—23, 1938

LEVAN, A.: The effect of colchicine on root mitoses in *Allium*; — *Hereditas* 24: 471—486, 1938

LUDFORD, R. J.: The action of toxic substances upon the division of normal and malignant cells in vitro and in vivo; — *Arch. exp. Zellforsch.* 18: 411—441, 1936

MANGENOT, G.: Effects de la colchicine sur la mitose dans les racines d' *Allium Cepa* et d' *Hyacinthus orientalis*; — *C. R. Soc. biol. Paris* 128: 501—503, 1938

MANGENOT, G.: Hypertrophies des racines produites par la colchicine chez quelques plantes; — *C. R. Soc. biol. Paris* 128: 565—568, 1938

MATSUDA, H.: On the origin of big pollen grains with an abnormal number of chromosomes; — *Cellule* 38: 213—243, 1928

MORRISON, G.: A tetraploid *Zinnia*; — *Journ. of Heredity* 29: 187—188, 1938

MÜNTZING, A.: The evolutionary significance of autopolyploidy; — *Hereditas* 21: 263—378, 1936

MÜNTZING, A., G. TOMETORP and K. MUNDT-PETERSEN: Tetraploid barley induced by heat treatment; — *Hereditas* 22: 401—406, 1937

NEBEL, B. R.: Cytological observations of colchicine; — *Biol. Bull.* 73: 350—351, 1937

NEBEL, B. R. and M. L. RUTTLE: The cytological and genetical significance of colchicine; — *Journ. of Heredity* 29: 2—9, 1938

SAX, K.: Effect of variations in temperature on nuclear and cell division in *Tradescantia*; — *Amer. Journ. Bot.* 24: 218—225, 1937

SCHLÖSSER, L. A.: Grenzen und Möglichkeiten der Ausnutzung von Polyploidie in der Pflanzenzucht; — *Forschungsdienst* 3: 69—82, 1937

SCHWANITZ, F.: Experimentelle Erzeugung polyploider Pflanzenrassen; — *Forschungsdienst*, 4: 455—463, 1937



STRAUB, J.: Untersuchungen zur Physiologie der Meiosis VII; — *Zeitschr. f. Bot.* 32:225—268, 1937

WALKER, R. I.: The effect of colchicine on microspore mother cells and microspores of *Tradescantia paludosa*; — *Amer. Journ. Bot.* 25: 280—285, 1938

WALKER, R. I.: The effect of colchicine on somatic cells of *Tradescantia paludosa*; — *Journ. of Arnold Arbor.* 19: 158—162, 1938

WETTSTEIN, FR. v.: Die Erscheinung der Heteroploidie, besonders im Pflanzenreich; — *Erg. d. Biol.* 2: 311—356, 1927

WIPF, L. and D. C. COOPER: Chromosome numbers in nodules and roots of red clover, common vetch and garden pea; — *Proc. N. Acad. Sci. USA.* 24: 87—91, 1938

ZIRKLE, C.: Aceto — carmine mounting media; — *Science* 86: 528, 1937

### Utóirat, 1939 I. 19.

A kéziratom lezárása után megjelent, újabb colchicines közleményeknek, illetve néhány, addig csak referatumból ismert régibb cikknek rövid, összefoglaló ismertetése a következő.

SIMONET és DANSEREAU, valamint NISHIYAMA a *Petuniánál* indukáltak tetraploidiát és ismételten észlelték a már ismertett colchicin-reakciókat. SIMONET-ék egyben ajánlják a colchicines eljárással létrehozott polyploid alakok megjelölésére a: „colchiploid“ elnevezést. A *len*-nél is sikerült SIMONET és munkatársainak tetraploid alakot indukálni. Ezzel kapcsolatban érdemes megemlíteni, hogy LUTKOV a hőmérséklet hirtelen megváltoztatásával is létrehozott tetraploid *lent*: 33 órával a bepórázás után egy órá 46° C-os kezeléssel befolyásolta a megtermékenyítést követő legelső sejtmegosztódásokat és ezúton tetraploid magvakat kapott. Természetesen ez az előkelő eljárás a colchicines módszerrel szemben inkább csak elméleti jelentőségű, mivel csakis az embryum sejtosztódásainak megindulásakor alkalmazott melegítés indukál teljes tetraploidiát.

Igen érdekesek azok a kísérletek is, amelyeket KOSTOFF, NAVASHIN és SHMUCK végeztek, akik az acenaphténnel a colchicinhez hasonló eredményt értek el. NAVASHIN Petri csészébe helyezett és acenaphtén kristállyal behintett nedves itatós papíron csíráztatott, *buza*, *zab* és *zörgőfü* magvakat vagy pedig fiatal csiranövényeket kezelt, és észlelte a jellegzetes hypokotyledon felduzzadást, majd pedig a gyökér növekedésének a

meggátlását. Tiszta tápoldatban, vagyis rendes körülmények között a gyökér növekedése újból megindul. NAVASHIN sejttani vizsgálatai kimutatták, hogy a gyökérmeristema osztódó sejtmagvaiban, a colchicin hatásához hasonlóan, hiányzik a magorsó és így itt is kialakulnak a tetraploid, oktoploid stb. sejtek (a mechanizmust I. részletesebben a II. részben). KOSTOFF az acenaphthén vizes oldatában kicsiráztatott *buza* és *rozsnak* úgy a gyökerében, mint a hajtáskezdeményében talált polyploid sejteket illetve polyploid szövetrészleteket. Sőt KOSTOFF szerint az acenaphthén még a colchicinnél is alkalmasabb polyploidiat indukáló hatóanyag. NEBEL ellenőrző kísérleteiben azonban semmi eredményhez nem jutott és így ő az acenaphthénnek az orosz kutatóktól megfigyelt és ismertetett hatását teljesen kétségbe vonja.

#### Utóirat irodalma.

BLAKESLEE, A. F.: Dédoublément du nombre de chromosomes chez les plantes par traitement chimique; — *C. R. Acad. Sci. Paris* 205: 476—480, 1937

KOSTOFF, D.: Studies on polyploid plants. Irregularities in the mitosis and polyploidy induced by colchicine and acenaphthene; — *Current Sci.* 6: 549—552, 1938 és *C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS* 19: 197—199, 1938

KOSTOFF, D.: Irregular meiosis and abnormal pollen-tube growth induced by acenaphthene; — *Current Sci.* 7: 8—11, 1938

LUTKOV, A. N.: Tetraploidy in *Linum* induced by high-temperature treatment of the zygote; — *C. D. (Doklady) Acad. Sci. URSS* 19: 87—90, 1938

NAVASHIN, M.: Influence of acenaphthene on the division of cells and nuclei; — *C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS.* 19: 193—196, 1938

NEBEL, B. R. and M. L. RUTTLE: Use of chemicals in plant breeding opens up new possibilities; — *Farm Research* 4 No. 6 July, 1938

NISHIYAMA, J.: Polyploid plants induced by the colchicine method; — *Contrib. Lab. Genet., Kyoto Imp. Univ.; Bot.-Zool.* 6 No. 8, 1938

SHMUCK, A. A.: The chemical nature of substances inducing polyploidy in plants; — *C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS.* 19: 189—192, 1938

SIMONET, M., R. CHOPINET et G. SOULIJAERT: Sur l'obtention d'un *Linum usitatissimum* L. tétraploïde, après application de colchicine; — *C. R. Acad. Sci. Paris* 207: 85—87, 1938

SIMONET, M. et P. DANSEREAU: Sur plusieurs mutations tétraploïdes de *Petunia apparus* après traitement à la colchicine; — *C. R. Acad. Sci. Paris* 206: 1832—34, 1938





## Szövegközi rajzok és fényképek magyarázata.

1. rajz. A diploid (a, b) és tetraploid (c—h) *Petunia* meiosis. a—g: pollenanyasejtek a második metaphasisban; h: PAS a második telophasisban. (A részletes leírást l. szövegben). — Karminecetsavas állandó készítményből (Zirkle, 1937); kb.  $\times 1200$

2. rajz. Pollen-„tetrad“-ok a tetraploid *Petuniánál*. i: szabályos tetrad; j—q: négynél több pollen képződött a rendellenes meiosisok következtében. (Bővebben lásd a szövegben). — KES állandó készítményből, kb.  $\times 800$

3. rajz. Pollenek a diploid (balra) és tetraploid (jobbra) *Petuniából*; — kb.  $\times 200$

4. rajz. Pollen szemek a diploid (balra) és tetraploid (jobbra) *Viciából*; — kb.  $\times 175$

### Tab. I.

1. fénykép. Colchicinnel kezelt *Hyoscyamus albus*  $\times$  *H. niger* hybrid. Jól látszanak a mixochimaerás eltorzult levelek. A dús maghozam már előre elárulja, hogy a növény amphidiploid. — L. SCHMID felv., 1938 VII.

2. fénykép. *Hyoscyamus niger*  $\times$  *H. albus* hybrid. A gyengén sikerült colchicines kezelés miatt a levelek között kevés a chimaera, a virágok csak alig hoznak magvat. — L. SCHMID felv. 1938 VII.

## Durch Kolchizinbehandlung induzierte Polyploidie. I.

Von B. GYÖRFFY.

(Eingegangen am 6. Okt. 1938.)

Im Rahmen eines Sammelreferates über Polyploidieauslösung durch Kolchizin berichtet der Verfasser über seine einigen Ergebnisse. Seit Mitte Februar d. J. versucht er, unter Anwendung der verschiedenen von BLAKESLEE und AVERY veröffentlichten Methoden, bei den verschiedensten Arten polyploide Pflanzen zu erzeugen.

Die Samenbehandlung scheiterte meist daran, dass die zur Polyploidieauslösung nötige Konzentration die auskeimende Wurzel so sehr schädigte, dass die Weiterentwicklung des augenscheinlich polyploiden Sprosses verhindert wurde. Dagegen brachte die Behandlung der Keimpflanzen und der Vegetationspunkte etwas älterer Pflanzen mit in Kolchizin getränkten Wattestückchen weit mehr Erfolg. Die Konzentration der Kolchizininlösungen richtete sich noch der Reaktionsempfindlichkeit der Pflanzen (0.01 %—0.5 %). Um das Wachstum des behandelten Sprosses zu fördern, wurden die austreibenden Seitensprosse immer wieder entfernt. Ausserdem wurde darauf geachtet, dass die Pflanzen im warmen Gewächshaus unter optimalen Bedingungen gehalten wurden, um eine lebhafte Zellteilung zu erleichtern. Die aus der behandelten Spitze ausgewachsenen Sprosse zeigten vielfach Chimärennatur. Neben normalen traten verdickte, gekräuselte, oft monströse Blätter auf (Phot. 1.). Dass diese Veränderungen auf chromosomale Störungen zurückzuführen waren, bewies die stellenweise Vergrößerung der Stomata. Bei *Linum* und *Antirrhinum* blieben die, während der Behandlung schon angelegten Blätter verhältnismässig klein und erst die darauffolgenden erreichten wieder ihre natürliche Grösse, die Streckungszone des Stengels unterhalb der behandelten Spitze verdickte sich, ähnlich wie es von Wurzelspitzen und Hypokotylen bekannt ist.

Die Pollenkörner zeigten infolge der gestörten Meiosen ungleichmässige Grösse (*Hyoscyamus*, *Petunia*, *Capsicum*), unregelmässige Gestalt (*Vicia*), hohe Sterilität (*Vicia*, *Antirrhinum*), in anderen Fällen waren sie gleichmässig vergrössert (*Epilobium*, *Linum*, *Antirrhinum*) und völlig fertil. Die tetraploiden Samen waren deutlich vergrössert.

Durch dieselbe Behandlung gelang es auch, aus sterilen Bastarden von *Hyoscyamus niger*  $\times$  *H. albus* fertile, amphidiploide Pflanzen zu erzeugen.

Bis jetzt hat der Verfasser bei folgenden Arten tetraploide Formen induziert: *Capsicum annum*, *Epilobium alpinum*, *Hyoscyamus niger*, *Hyoscyamus niger*  $\times$  *H. albus*, *Linum usitatissimum*, *Petunia nyctaginiflora* gesichert durch Chromosomenzählungen bei den Keimpflanzen. Bei *Antirrhinum majus*, *Hyoscyamus albus*, *Hyoscyamus albus*  $\times$  *H. niger*, *Solanum melongena*, *Vicia Faba*, lassen vergrösserte Pollenkörner Verdoppelung der Chromosomenzahlen vermuten.

Dem DEUTSCHEN AKADEMISCHEN AUSTAUSCHDIENST E. V. bin ich für seine Unterstützung zu grossem Dank verpflichtet. Besonders sei mir erlaubt Herrn PROF. DR FRITZ VON WETTSTEIN, der es mir möglich gemacht hat, die Versuche in seinem Institut durchzuführen, meinen herzlichen Dank auszusprechen, ferner danke ich Herrn DR G. MELCHERS für sein Interesse und seine Ratschläge und Frl. L. SCHMID für die Herstellung der photographischen Aufnahmen.

---