

V. AZ „ÖRÖKZÖLD“ NÖVÉNYEK TÉLI SZÍNEZETE.

Mikor az ősz végén megfosztva látjuk a növényzetet nyári díszétől, szemünkbe ötlik némely fa és cserje, melyek megtartják teljes lombzatukat egész télen át. Ezért el is nevezték ezeket „örökzöld“, „télizöld“ növényeknek; de nem egészen helyesen.

Ha ugyanis összehasonlítjuk lombzatuk téli színét avval, melyet nyáron és őszkor mutattak, észreveszszük, hogy ez többé-kevésbé elváltozott: nem maradt zöld, hanem a legtisztább sárgától vagy vöröstől a zöldesbarnaig minden színárnyalat fellelhető lombzatukon. Némelyeknél, különösen a fenyőféléknél, szorgosabb vizsgálat szükséges, hogy némi változást vehessünk észre, míg másoknál már az első pillantásra is szemünkbe ötlik az. Tehát az „örökzöld“ növények színe sem állandó: ép úgy elváltozik őszzel, mint a többieké, de azért a két rokon tűneményt mégis jól meg kell különböztetnünk egymástól. A lombhullató növények lombjának elsárgulása, megbarnulása stb. nemcsak hogy más-nemű fiziológiai folyamatok eredménye, hanem, ami a főkülömbőség, együtt jár a levelek elhalásával, míg az „örökzöld“ levelek, hacsak el nem fagynak, tavasszal ismét visszakapják rendes zöld színüket.

Mohl volt az első, aki kellő mértékben figyelme tárgyává tette ezen jelenségeket és iparkodott magyarázatukat megadni.* Szerinte a téli szín-elváltozásnak két nemét kell megkülönböztetnünk: a *megsárgulást* és a *megvörösödést*. Az első, melyet azonban csak nagyon röviden érint, különösen a Coniferákra jellemző. Mikroszkópi vizsgálódásoknál Mohl azt vette észre, hogy a chlorofillszemcséknek nem a rendes élénkzöld színök van, hanem sárgások. Egyéb változást nem tudott találni. A tűnemény közelebbi okait

* Vermischte Schriften: Untersuchungen über die winterl. Färbung der Blätter. 1845 (1837).

Mohl nem kutatja, csak annyit jegyez meg, hogy a talaj különböző volta nem látszik befolyás nélkül lenni a sárga szín fellépténél.

Sokkal behatóbban foglalkozik Mohl a megvörösődéssel. Anatómiai vizsgálatai meggyőzik, hogy ezt egy vörös festőanyag, az *anthocyan* okozza, mely a sejtnedvben feloldva található, de sohasem a levél valamennyi sejtjében; leggyakrabban az epidermisben és az evvel szomszédos sejtekben. Ritkább eset, hogy a festőanyag csupán az epidermisben lépne fel, és még ritkább, hogy csak a mezofill sejtjeiben volna található.

E különböző fekvése a vörös festőanyagnak, vagyis inkább az ezt tartalmazó sejteknek, egybevetve a változatlanul maradt chlorofillhoz való viszonylagos mennyiségével, okozza a külső szín különféleségét, mert világos, hogy ha a chlorofillt nélkülöző epidermis-sejtek telvék vörös festékekkel, a levelek akkor külsőleg élénkvörös színt fognak mutatni, ellenben barnát, ha a vörös festőanyag és a chlorofill keverve lépnek fel.*

A télizöld növények, melyek levelei a megvörösödést mutatják, főképp a Crassulaceák közül valók (*Sedum*, *Sempervivum*). Felemlítendő az általánosan ismert repkény (*Hedera Helix*) is. Figyelmes körültekintésre azonban még egész seregét találhatjuk a legkülönbözőbb növényeknek, melyeken a levélzet egy része, nevezetesen a fiatal hajtások levelei és a kétéves növények tőlevelei őszzel nem hullnak le, hanem megmaradván a törzsön, illetőleg hajtáson, télre vörös színt öltenek. Tavasszal aztán e levelek közül a fejlettebbek elhalnak, míg az ifjabbak visz-

* Mohl nem ritkán tapasztalta, hogy a vörös festőanyag nincsen egyenlően eloszolva a sejt belsejében, hanem csak egy részét tölti be, és ebből azt következteti, hogy nincsen teljesen feloldva a sejtnedvben, hanem inkább kocsonyaszerű állapotban kell előfordulnia.

szakapván zöld színüket, tovább növekednek. (*Plantago, Verbascum, Potentilla, Isatis tinctoria, Papaver Rhoeas*, a pázsitfélék néhány faja.)

Mohl szem előtt tartván, hogy vörös festőanyag számos növény ősszel elhaló leveleiben is mutatkozik, továbbá a rügyekből kibontakozó leveleken és az érő gyümölcsökben sem ritka jelenség, úgy találja, hogy a vörös festőanyag ott szokott fellépni, ahol az asszimiláció vagy egészen szünetel, vagy legalább nem működik teljes erővel. Így pl. az ősszel nem hervadó levelek megvörösödésével egyidejűleg a tél hidege következtében az asszimiláció, azaz a szervetlen tápszereknek szerves anyaggá való átváltoztatása szünetelni kénytelen. Az azonban nem olvasható ki Mohl értekezéséből, hogy a vörös festőanyag képződésének feltételül tekintie a gyengült asszimilációt, vagy pedig azt tartja, hogy a festőanyag képződése csak a kísérője a gyengült asszimilációnak. Ellenben a villágosságnak határozott befolyást tulajdonít a tünemény létrejövetele körül, mert, amint nem egyszer hangsúlyozza, látható, hogy a napfénynek leginkább kitett levelek vörösödnek meg a legerősebben és ezeknek is csak napsütött oldala. Ha egy ilyen levelet részben egy másik takar, akkor az elfödött rész, élesen határolva, zöld marad.

Mohl után senki sem találkozott, aki tovább indult volna az ő nyomain. Csak teljes három évtized múlva találunk egy rövid megjegyzést Askenasy egyik értekezésében*, midőn is azt mondja, hogy a Mohl által Coniferákon tapasztalt téli megsárgulás a napfény chlorofillra gyakorolt hatásának tulajdonítandó, minthogy Thuja-ágakon tapasztalni lehet, hogy csak napsütötte oldalukon sárgulnak meg, míg az árnyékban levő részek gyak-

ran egészen zöldek maradnak.* Elsárgult Thuja-ágak télen állandó meleg helyre hozatván, lassanként megzöldülnek, a mi a szabad természetben a tavaszi enyhe idő beálltával szintén megtörténik.

Ezóta a kérdés mindinkább kezdte foglalkoztatni a botanikusokat. Néhány év múlva jelent meg Kraus G.-tól két értekezés**, mely a kérdést már vitás jellegűvé tette. Kraus példákat talál arra nézve, hogy a chlorofillszemcséknek nemcsak színe változik el, hanem alakjuk is. Mikroszkópi vizsgálatai Thuja-, Juniperus- és Buxus-leveleken meggyőzik őt arról, hogy mialatt a chlorofillszemcsék sárgásbarna vagy zöldesbarna színűvé változnak, egyidejűleg szét is foszlanak. A dezorganizáció tehát nem szorítkozott csupán a chlorofillszemcsék zöld festőanyagára, hanem kiterjedt plazmatikus alpanyagukra is. Utoljára a sejten belül nem látható egyéb vörös barna vagy sárgás barna színű, finom szemcsés protoplazmánál. A levelek alsó lapján levő sejtekben a chlorofillszemcsék gyakran teljesen megőrzik úgy színüket, mint alakjukat is. Kraus a barna festőanyagot közelebről is vizsgálta és azt találta, hogy ez elváltozott chlorofill.

Mielőtt itt tovább mennénk, szükséges lesz a következők megérthetése végett egyetmást a chlorofillról elmondani. — Ismeretes dolog, hogy a chlorofill két festőanyag keveréke, melyek egymástól különválaszthatók, ha a chlorofill borszeszes oldatához benzólt, szén-

* Ismeretes dolog, hogy a chlorofill amint alkohollal kivonjuk a növényből, a világosság jelenlétében igen könnyen oxidálódik, miközben színe sárgásbarnára változik. (Bővebbet erről, valamint a chlorofill többi tulajdonságairól: Kraus, zur Kenntniss der Chlorophyll-Farbstoffe. Stuttgart 1872.) Askenasy épen az első, aki a napfénynek az élő növény chlorofilljára is tulajdonít befolyást.

** 1. Einige Beobachtungen über die winterl. Färbung immergrüner Gewächse. Bot. Ztg. 1872. 109. l. — 2. Mittheilungen über die winterl. Färbung immergrüner Gewächse. Bot. Ztg. 1872. 558. l.

* Beiträge zur Kenntniss des Chlorophylls u. einiger dasselbe begleitender Farbstoffe. Botan. Ztg. 1867, 229. l.

kéneget vagy terpentinolajat adunk és evvel jól összerázzuk. Rövid pihentetés után a folyadék két, élesen határolt rétegre oszlik. A felsőt alkotja a benzól, és ebben található a chlorofill egyik alkotó része: a kékeszöld „cyanofill”. Az alsó borszeszrétegben van feloldva a chlorofill másik alkotó része: a sárgaszínű „xanthofill”. Amit chlorofillnak nevezünk, az nem egyéb, mint e két festőanyagnak a keveréke. — Mint minden átlátszó vagy félig átlátszó színes anyag, úgy a chlorofill is a rajta átmenő fénynek bizonyos színű sugarait visszatartja, elnyeli. Ha tehát egy oly fénysugárt, mely átjárt egy chlorofill-oldatot, felbontunk alkotó elemeire, nem kapunk folytonos színeképet, hanem olyant, melynek bizonyos, az elnyelt sugaraknak megfelelő részei többé-kevésbé el vannak sötételve. Ezek az „absorptio-sávok” képezik a chlorofill legbiztosabb ismertető jelét, különösen az 1. számú (az I. színeképen), mely még akkor is jól kivehető, ha az oldat annyira fel van hígítva, hogy egészen víztisztának látszik. A xanthofill és cyanofill absorptio-spektrumai (II. és III. színekép) az előbbitől eltérnek; de valamint a mondott festőanyagok keveréke képezi a chlorofillt, ép úgy absorptio-spektrumai is együttrévve a chlorofill absorptio-spektrumát adják.

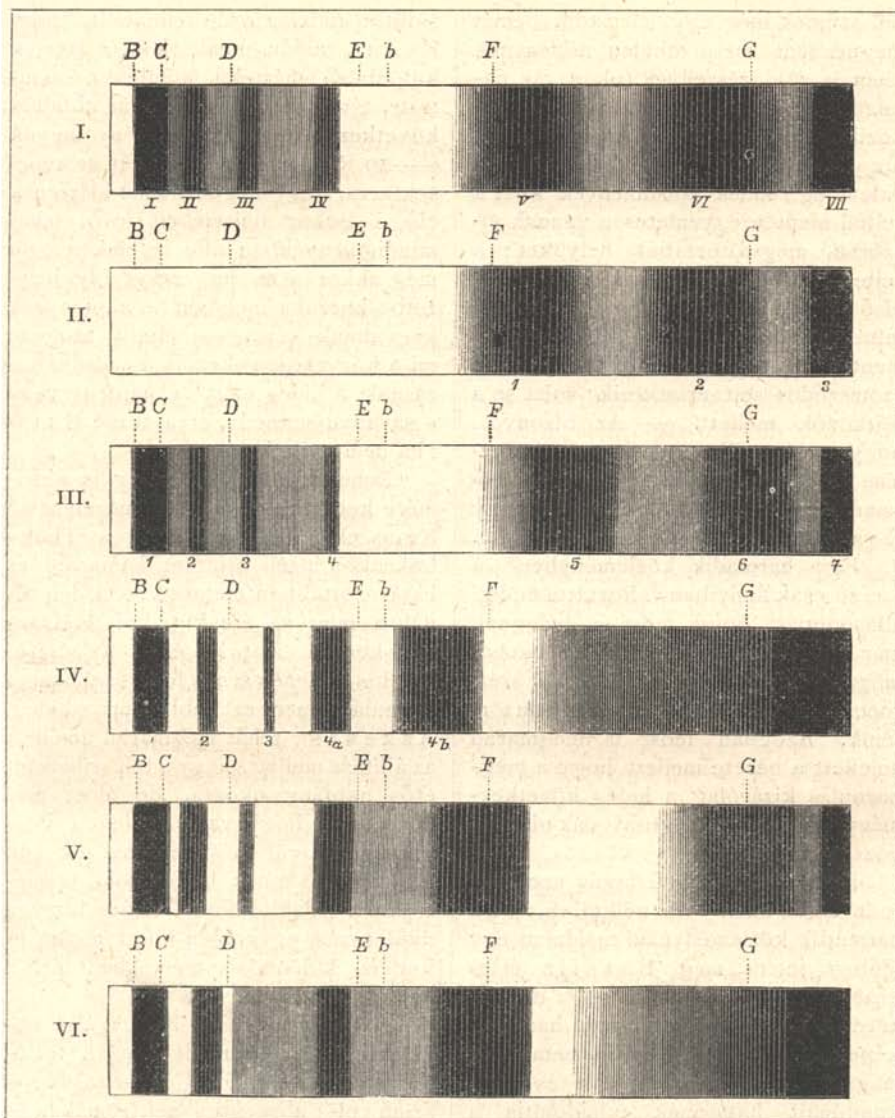
Ha a chlorofill a napfényen oxidálódik, nemcsak színe változik meg, úgy, amint azt már fentebb mondtuk, hanem spektruma sem marad ugyanaz. Ezekkel a változásokkal azonosak azok, a melyeket hígított savak idéznek elő. Mindkét esetben főleg csak a cyanofill szenved nagyobb fokú változást: előbbi kékeszöld színe helyett piszkos sárgásbarnát vagy zöldesbarnát mutat és absorptio-spektruma ekkor olyan, amint ez a IV. színeképen látható. A xanthofill sokkal kevésbé érzékeny, és ha a napfény vagy a savak meg is támadják, nem szenved oly feltűnő változásokat, mint a cyanofill: színe valamivel halványabbá lesz és a spektrumában a sávok veszítvén sötétségükből,

folytonos absorptio-sávvá olvadnak össze.

Ezek után térjünk vissza tárgyunkhoz. Kraus úgy találja, hogy a megbarnult levelekben a xanthofill teljesen sértetlen, ellenben a kékeszöld festőanyag tetemes változást szenvedett. Absorptio-spektruma (V. színekép) nagy hasonlóságot mutat ahhoz, mely a savak megtámadta cyanofillnak van, de némileg mégis különbözik tőle. Ez Kraust arra a gondolatra vezeti, hogy talán a sejtek savanyú nedvének behatása következtében történt a chlorofill elváltozása. *A tünetény külső okának kizárólag a tél hidegét tekintti*, azt tapasztalván, hogy az első fagy vagy dér után azonnal előállnak a főt leírt változások, de csakis azokon a leveleken, melyeket a hideg szabadon ér, míg másoktól elfödött vagy a bokor belsőjében álló levelek zölden maradnak. *A napfénynek, melyet Askenasy a tünetény okozójának akart tekinteni*, Kraus semmi befolyást sem tulajdonít, mely nézetében megerősíti az a tapasztalata, hogy télen lemetszett és meleg szobába hozott gallyak akkor is visszakapják zöld színüket, ha sötét helyen állanak. Mert ha a napfény nem szükséges kellék a barnultság eltüntetésére, akkor valószínűnek tekinthető, hogy létrejöttéhez sem szükséges. Ha Askenasy hangsúlyozza, hogy a világoságnak leginkább kitett helyek azok, amelyeken a tünetény legnagyobb mértékben mutatkozik, akkor erre Kraus szerint az az ellenvetés tehető, hogy ezek a helyek a hidegnek is a legnagyobb mértékben vannak kitéve és legerősebben hűlnek ki sugárzás miatt.

Kraus kiterjesztette figyelmét a Mohl által oly bőven tárgyalt megvörösödésekre is és egészben véve megerősíti ennek tapasztalatait. A vízben oldható vörös festőanyag szerinte cseresavtömegekbe ágyazva fordul elő a sejtekben és másféle vörös festőanyagoktól, például a vörösszínű virágszirmokban fellépőtől nem különbözik.

Kraus szükségesnek látja a



A chlorofill és alkotó részeinek színeke. — I. A chlorofill borszeszben való oldatának absorptio-spektruma (Kraus szerint). Felül a Fraunhofer-féle vonalak fekvése van megjelölve. *B* és *C* a vörösben, *D* a sárgában, *E* a zöldben, *F* a kékben, *G* az indigó és viola határában. Látható, hogy a spektrumnak 7 absorptio-sávja van, melyek közül a vörösben fekvő *I.* számú a legsötétebb. — II. A xanthofill absorptio-spektruma (Kraus szerint). Alkoholos oldat. — III. A cyanofill benzolban való oldatának absorptio-spektruma (Kraus után). Az 1—4 sávok azonosak a chlorofill *I*—*IV.* sávjaival. Az 5—7. sávok és a xanthofilléi együttvéve adják az *V*—*VII.* sávokat a chlorofill spektrumában. — IV. Az előbbi oldat csekély sósav hozzáadása után. Az ujonnan feltűnt *4b* sáv jellemző a cyanofill ezen módosulatára. Az 1, 2, 3, *4a* sávok megfelelnek a normális cyanofill 1, 2, 3, 4-jének (Kraus szerint). — V. A télizöld levelek barna festőanyaga. (Ez ábra Kraus nem eléggé pontos leírása után készült és így csak nagyjában felelhet meg a valónak.) — VI. A megbarnult Thuja-levelekben talált borszínű festőanyag absorptio-spektruma. (Haberlandt leírása nyomán.)

téli színnek még egy harmadik nemét megnevezni, mely minden növénynek télen is zöld részeiben (pl. a fák fiatalabb ágainak zöld kérgében) mutatkozik többé-kevésbé és abból áll, hogy a chlorofillszemcsék, melyek tudvalevőleg rendes körülmények közt a sejtfal mentén egyenletesen vannak elszórva, megváltoztatják helyüket: a sejtek belsejébe huzódnak, még pedig első sorban az epidermis felé fordult faltól távozván el, vagy pedig a sejtfal mentén ott foglalnak állást, ahol két szomszédos sejt érintkezik; soha se a sejtközök mellett. — Az bizonyos, hogy a chlorofillszemcsék ezen vándorlása módosulást okoz a növény külső színében, de ez mégis oly csekély, hogy Kraus-on kívül senki sem említi fel.

Egy harmadik közleményben* a szerző csak annyiban változtatta eddigi álláspontját, hogy most a hidegnek már nem tulajdonít rögtöni hatást, meggyőződén, hogy a chlorofill szétroncsolása csak lassan, fokozatosan történik. Azonban most is megmarad amellett a nézete mellett, hogy a megbarnulás kizárólag a hideg következménye, és hogy a világosságnak nincsen hozzá semmi köze.

Ezen egyoldalú felfogás nem maradt soká ellenvetés nélkül. Kraus harmadik közleményével majdnem egy időben jelent meg Batalin értekezése**, melyben megtámadja Kraus nézetét, de A s k e n a s y-nak hasonlóképen egyoldalú felfogását nem teszi magáévá, hanem a napfény és fagy kombinált hatásának tulajdonítja a változást. Abból a tapasztalatból kiindulva, hogy számos növény (különösen a Coniferák) nyáron az erős napfényérte részeken megsárgulnak, ahhoz a nézethez jut, hogy a téli megbarnulás csak akkor lehetséges, ha a chlorofillszem festőanyagát az intenzív napfény részben szétroncsolta. Ez magyarázná meg a téli színezetnek az ágak csak nap-

sütötte oldalán való fellépését. Hogy Kraus, midőn ennek okául a levelek különböző mértékű kihülését tekintette, téves úton járt, az már abból is következik, hogy igen kemény fagyok (— 20 R°) heves szél mellett se képesek arra, hogy megbarnulást idézzenek elő a bokor belsejében levő, tehát mindig árnyékban álló leveleken; sőt még akkor sem, ha ezeket oly helyzetbe hozzuk, melyben a napfénynek ki vannak téve. — Hogy azonban mi a közvetlen okozója a színváltozásnak, a hideg vagy a napfény vagy a savanyú sejtnedv, arra nézve Batalin nem nyilatkozik.

Nemsokára A s k e n a s y is védelmére kelt előbb kimondott nézetének.* Kraus ellen felhossa, hogy a Thujabokrokron a téli színezet hamarabb és határozottabban mutatkozik a déli oldalon, mint az északon, holott Kraus okoskodása alapján épen az északi oldalon kellene várni a legerősebb megbarnulást, mert ezt jobban éri a hideg. A s k e n a s y tehát megmarad amellett az állítása mellett, hogy a téli színezetet erős napfény okozza, de most már hozzáteszi, hogy valószínűleg a világosságon kívül másféle tényezők (pl. a hideg) is vannak befolyással, a melyeknek tulajdonítható aztán, hogy a napfénynek egyenlően kített növényeket is különböző mértékben éri a színváltozás.

A s k e n a s y meg is vizsgálta közelebbről a megsárgult Thuják festőanyagát. Az alkoholos kivonat sárgaszínű volt; absorptio-spektrumában és a kémszerek iránti magaviseletében megegyezett a chlorofill azon változatával, melybe a fény behatásának kített chlorofill átmegy. Minthogy pedig ez alkalommal főképp csak a chlorofill kékeszöld alkatrésze, a cyanofill támadtatik meg, azt mondja tehát A s k e n a s y, hogy a Thujákban télen található sárga festőanyag nem egyéb.

* Bot. Ztg. 1874, 106. l.

** Ueber die Zerstörung des Chlorophylls in den lebenden Organen. Botan. Ztg. 1874.

* Ueber die Zerstörung des Chlorophylls lebender Pflanzen durch das Licht. Botan. Ztg. 1875.

mint a fény megváltoztatta cyanofill keveréke az épen maradt xanthofillal. Kraus, a kinek hasonlóságairól főntebb volt szó, a festőanyagot a *savak* által megváltoztatott chlorofillal találta azonosnak. Ebből azonban még nem következik, hogy Kraus és Askénasy két különböző festőanyagot vizsgáltak volna meg, mert tekintetbe kell vennünk, hogy a fény által megváltoztatott chlorofill nem igen különböztethető meg a savak által megtámadottól. Később azonban látni fogjuk, hogy mégis más festőanyagot és más színváltozást figyelt meg Askénasy, mint Kraus.

A téli megvörösödéshez is hozzászól Askénasy és kiemeli, hogy csak a fénynek közvetlenül kitett helyek vörösödnek meg. Mégis kételkedik abban, hogy a fény okvetetlenül szükséges volna a vörös festék keletkezéséhez; azt hiszi, hogy a fény csak előmozdítója a megvörösödésnek.

Wiesner, aki oly behatóan tanulmányozta a chlorofill fizikai tulajdonságait, keletkezését és szétroncsolatását az élő növényben, kritikai ismeretetését adja négy elődje dolgozatainak* és azt hiszi, hogy a tünetnyek legalább egy része a fagy hatásából származik, úgy amint azt Kraus is tartotta. A hideg egymaga nem változtatja ugyan meg a chlorofillt azaz a chlorofillszemcsék festőanyagát, hanem megszünteti a protoplazma áthatatlanságát a sejtnedv bizonyos alkotórészei ellenében, melyek most utat nyervén a chlorofillhoz, ezt nagy mértékben megtámadják. Ilyen anyagok a szerves savak, cersavak stb.** Másrésztől azt

* Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls der lebenden Pflanze. Wien, 1876. 16. (34.) lap.

** Hogy a fagy egymaga nem hat változtatólág a chlorofillszemek festőanyagára, arról Wiesner meggyőződött, midőn chlorofillt, különböző oldószerekben feloldva tett ki a hidegnek. Azt tapasztalta, hogy még igen erős fagy (— 30 C°) se változtatta meg az oldat színét vagy színképét. Az élő növényben a chlorofill

is mondja Wiesner, hogy ha a téli színváltozást a napfény hatásának akarjuk tekinteni, a mint ezt Askénasy tette, ez a hatás a következőképp volna magyarázható: Az élő növényben bizonyos fokú világosság mellett egyidejűleg két ellentétes folyamat megy végbe: chlorofill képződése és a chlorofill oxidálása. Az első nagy mértékben függ a hőmérséklettől, a másik ellenben nem, vagy csak nagyon kevéssé. Ősszel a sárguló levelekben a chlorofillképződés épen az alacsony hőmérséklet miatt szünetel vagy legalább igen csekély fokú, míg ellenben a meglévő chlorofill csak oly erőlyesen oxidálódik, mint máskor.

Mint ezekből látható, Wiesner nem elégedett meg avval, hogy a színváltozás okának egyszerűen az erős napfényt vagy a hideget állítsa oda, hanem arra is törekedett, hogy a mennyire lehet, megmagyarázza, miképp nyilvánul ezeknek a hatása. De más tekintetben is haladást jelez ez az értekezés. Úgy látszik ugyanis, hogy Wiesner a Kraus, Askénasy és Batalin által megfigyelt azon tünetnyeket, melyek nem tartoznak a megvörösödéshez, nem tartja mind egyneműeknek, bár e gondolatának nem adott nyílt kifejezést. Hogy evvel a sejtelmével csakugyan helyes uton járt, annak bizonyossága nem késett soká, mert már néhány hónap mulva nyíltan mondta ki Haberlandt*, hogy a megvörösödésen

gyakran már gyöngö fagy alkalmával elváltozik, de mint Wiesner mondja, nem a fagy direkt behatása következtében, hanem az ugyanekkor hatásossá váló bizonyos anyagok roncsolják szét. Kunisch (Ueber die tödtliche Einwirkung niederer Temperaturen auf die Pflanzen. Inaugural-Dissertation, Breslau 1880.) megfagyasztott jáczint-levelek chlorofillját vizsgálta meg és úgy adja elő a dolgot, mintha a festőanyag elváltozását a fagy direkt behatásának akarná tulajdonítani. A savanyú sejtnedv hatásáról egy szóval sem emlékezik meg.

* Untersuchungen über die Winterfärbung ausdauernder Blätter. Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. LXXII. I. Abth. April-Heft 1876.

kívül a színváltozásnak nem egy, hanem két neme különböztetendő meg, melyek úgy okaikban, mint külső megjelenésükben is eltérnek egymástól: ezek az elsárgulás és a megbarnulás. Kraus, Askenasy és Batalin ezt a kétféle tünetényt nem különböztették meg egymástól; egy jelenségről vélték vitatkozni, pedig a valóságban két különböző tünetényt figyeltek meg. A Kraus által Buxus-példányokon tanulmányozott megbarnulást, hol a levelek gyakran egészen vörösbarna színt öltenek, azonosnak tartják az Askenasy észlelte elsárgulással. Hogy Mohl, aki röviden szól a Coniferák megsárgulásáról is, a megbarnulást egészen figyelmen kívül hagyta-e, vagy a megvörösdésbe befoglalta-e, nem lehet tudni.

Haberlandt az imént idézett értekezésében a következő színváltozásokat különbözteti meg: 1. elsárgulás, 2. megbarnulás, 3. megvörösdés és 4. ezek kombinációi. A Kraus által tárgyalt csekély változásokat, előidézve a chlorofillszemcsék vándorlása által, egészen mellőzi.

Az elsárgulás Haberlandt szerint legjobban látható a tiszafa (*Taxus*) fiatal hajtásain. Hasonlóképen fellép az erdei fenyőn (*Pinus sylvestris*), néhány Thuja-fajon stb. Mikroszkóp alatt észrevehető, hogy a chlorofillszemcsék zöldessárgák lettek és szétolvadván, gyakran egészen összefolynak a többi protoplazmával, a sejtmag azonban teljesen ép marad. Haberlandt azt hiszi, hogy a színváltozásnak ez a neme azonos a Mohl megfigyelt elsárgulással. Mohl ugyan határozottan kimondja, hogy az elsárgult levelek chlorofillszemcséin csak a szín változott meg, de azért mégis elfogadható Haberlandt nézete, mert valószínű, hogy Mohl éles szeme csak az akkori nagyító tökéletlensége miatt nem vette észre, hogy a chlorofillszemcsék szét is foszlanak. Aztán ez a deformáció nem is látható minden esetben határozottan kifejlődve; valószínűleg csak nagyobb

hideg mellett mutatkozó kísérője az elsárgulásnak.

Az elsárgulás okainak kutatásánál Haberlandt mindenekelőtt szükségesnek találja hangsúlyozni, hogy már október közepén, jóval az első fagyok előtt talált elsárgult ágakat. Az elsárgulás mértéke az egész hideg évszakon keresztül folyvást növekszik és csak a tavaszi enyhe idő beálltával kezd ismét lassanként eltűnni. A tünetény csakis a Nap felé fordult részeken látható, vagy legalább erősebben lép fel itt, mint a növény többi részén. Ha azonban egy oly Thuja-ágot, mely csak egyik oldalán van elsárgulva, alkalmas időben oly helyzetbe hozunk, hogy zöld oldalát érje a Nap, akkor nemsokára ez is elsárgul. Mindezek a tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a megsárgulást a napfény okozza. T. i. a chlorofillképződés az alacsony hőmérséklet miatt szünetelvéen, a fény behatása mellett oxidált cyanofill a nagy részét sértetlenül visszamaradt xanthofillal együtt adja meg a növényeknek a sárga színt. Haberlandt tehát teljesen megerősíti a Wiesner-től valószínűnek tartott magyarázatot, melyről főntebb volt szó.

Elsárgult ágak meleg helyre hoztván, visszanyerik zöld színüket, de csak világosság jelenlétében; sötétben sárgák maradnak, ami egészen természetes is, mert a chlorofill képződéséhez bizonyos fokú világosság szükséges. — Egy kérdésre azonban jelenleg még nem lehet kielégítő feleletet adni, t. i. arra, hogy miért lép fel az elsárgulás olyan szórványosan. Látjuk ugyanis, hogy az elsárgulás gyakran ugyanannak a növényfajnak két egymásmellett álló példányá közül csak az egyikén észlelhető; nem is terjed ki az egész a napfénynek kitett felületre, hanem csak egyes foltok alakjában mutatkozik. Haberlandt próbálta ugyan ennek magyarázatát megadni, de kielégítő eredmény nélkül.

A megbarnulást mutatják a tiszafa öregebb levelei, a *Thuja orientalis*, *Thuja plicata* stb. Némelyiknél a barna

szín a rozsdásba hajló, másoknál ismét a feketésbe stb. Ez is csak a napfénynek kitett helyeken lép fel, úgy mint az elsárgulás. Míg azonban egy olyan Thuja-ág, mely csak egyik oldalán van megsárgulva, másik oldalán is elveszti zöld színét, ha a napfény hatásának teszszük ki, addig a megbarnult ágak egészen másképp viselkednek: a zöld oldal a Nap felé fordítva, nem barnul meg még akkor sem, ha ily állásban hetekig ki van téve a fagynak. A megbarnult levelek anatómiai vizsgálatánál ugyanazt tapasztalta Haberlandt, mint már előtte Kraus. Sokszor a chlorofillnak nyomát sem találhatta a sejtekben, de ha egy ilyen, teljesen megbarnult ágat forró vízbe mártott, az ág azonnal élénkzöld színt vett fel, miből Haberlandt azt következteti, hogy a chlorofill nem változott el mind, hanem csak egy kis része és a maradékot elfődi a keletkezett barna festőanyag. Bizonyítja ezt az is, hogy szétmorzsoltsolt ágak alkoholos kivonatában kimutatható a változatlanul maradt chlorofill jelenléte.

Haberlandt megerősíti Kraus felfedezését, hogy a barna festőanyag nem egyéb, mint elváltozott cyanofill keveréke normális xanthofillal, de a cyanofillnak ez az általa megvizsgált módosulata nem egyezik meg egészen avval, melyet Kraus írt le. A vörös bor színével bír és a spektrumban is van eltérés (VI. színekép). E különbségeket nem magyarázhatja meg tökéletesen az a körülmény sem, hogy Kraus a chlorofill két festőanyagának különválasztására a benzint használta, mely, amint Haberlandt mondja, nem oly alkalmas dializáló szer, mint az általa használt szénkéneg. Lehetséges, hogy Kraus a módosult cyanofillt nem tudta elég tisztán előállítani arra, hogy vörös színe érvényre jusson és ez magyarázhatná meg az oldat színére vonatkozó eltéréseket a két tudós adatai közt. A spektrumbeli különbségek azonban olyanok, hogy nem eredhetnek pusztán az oldószer különböző

voltából. Azt azonban Haberlandt is hiszi, hogy a chlorofill ezen elváltozását szerves savak okozzák, de hozzáteszi, hogy ezek mellett bizonyosan más-nemű, kérdéses anyagok is szerepelnek. A fagy következtében a protoplazma elveszti áthatatlanságát mindezekre az anyagokra nézve, anélkül, hogy életereje ugyanakkor megszűnne. Az ezen anyagok behatása alatt borvörösszínűvé vált cyanofill a változatlan xanthofillal és épen maradt chlorofillal együtt adja meg a leveleknek a barna színt különféle árnyalataival.

Főntebb mondtuk, hogy megbarnult ágak alkoholos kivonatában, ha a levelek szét lettek morzsolva, kimutatható a változatlanul maradt chlorofill jelenléte. Ha azonban az ágakat sértetlenül, nem szétmorzsolva teszszük az alkoholba, akkor csak barna festőanyagot találhatunk az oldatban. Ezt a különböző magatartást a mondtak után nem lesz nehéz megmagyarázni: Az alkohol t. i. előli a protoplazmát, ami által a chlorofillt megtámadó anyagoknak még jobban útát nyit hozzá, mint ahogy azt a fagy tette. Ennek természetes következménye, hogy az eddig épen maradt chlorofill is elváltozik; szétmorzsoltsolt ágakból azonban, még mielőtt ez megtörténik, az alkohol gyorsan vonja ki a chlorofillt.

Hogy a megbarnulás közvetlen okozója kizárólag a fagy, az iránt, mint Haberlandt mondja, nem lehet kétség. Sötétben ép úgy mutatkozhatik, mint világosságban. Miképp magyarázzuk azonban ama tünetényt, hogy csak a másoktól el nem fődött levelek és ezek is csak egy oldalukon barnulnak meg? Kraus ennek okául a különböző fokú kibülést tekintette. Haberlandt erre igen helyesen jegyzi meg, hogy a Thuja-ágak függőlegesen állnak és így mindkét oldalukon egyformán hülnek ki. A skensy és Batalin észleletei is Kraus felfogása ellen bizonyítanak. Mindezeket fontolóra véve, Haberlandt a megbarnulás egyoldalúságának magyará-

zatát abban a feltevésben véli találni, hogy a chlorofillt modifikáló anyagok csak a napfénynek kitett helyeken lépnek fel, vagy legalább itt nagyobb mennyiségben, mint az árnyékban álló részeken. *A napfény tehát a nyár és ősz folyamán megteremti a megbarnulás lehetőségének föltételeit.* Magának a megbarnulásnak okozója pedig a fagy. Ez a magyarázat igen egyszerű és kielégítő, de mégis csak *feltevésre* van alapítva, melyben nincsen ugyan semmi erőltetett, de a melyhez mégis hiányzik a direkt bizonyíték. Míg ez nincsen meghozva, addig még férhet hozzá szó.

Kraus abban a nézetben van, hogy a barna festőanyag tavasszal megint azzá alakul, a miből keletkezett: normális chlorofillá. *Haberlandt* ebben kételkedvén, a kérdés eldöntésére a következő kísérletet tette: Két teljesen egyforma, megbarnult ág (*Thuja occidentalis*-ről) közül az egyiket meleg, sötét helyre tette, ahol megzöldült. Mindkét ágat ezután külön-külön szétmorzsolván, egyenlő alkoholmennyiségekkel kezelte. Ily módon az egyik ágból élénkzöld, a másikkól sötét zöldebarna oldatot kapott. Most a borszeszes oldatot benzóllal összerázta, mely csak az el nem változott cyanofillt veszi fel. A borszinű festőanyag és a xanthofill a borszeszben maradt feloldva. A benzólos oldatok összehasonlításánál kitűnt, hogy a megzöldült *Thuja*-ágból kapott oldat színében és töménységében semmit sem különbözött attól, mely a barnán maradt ágból készült. Ebből tehát *Haberlandt* azt következteti, hogy a barna festőanyag az ág megzöldülése alkalmával nem változott át chlorofillá, mert ha ez így történt volna, akkor a megzöldült ágból kapott cyanofill-oldatnak koncentrátabbnak kellett volna lenni a másiknál.

A színváltozás harmadik neméről, a *megvörösödésről* nincs mit sokat szólni. *Haberlandt* több példát idéz, melyek mindegyikénél más a

viszony a fényhez, úgy hogy nem látszik direkt összefüggés a vörös festék fellépése és a napfény között. *Haberlandt* nem talál okot, mely arra kényszerítene bennünket, hogy elvessük a *Mohl* adta magyarázatot.

Már fentebb említettük, hogy a téli színváltozás egyes nemei kombinálva is léphetnek fel ugyanazon a növényen. A tiszafa fiatal hajtásai elsárgulnak, az öregebb levelek megbarnulnak. Gyakran azonban egyazon a levélen is lehet látni kombinációkat. Példát az elsárgulás és megbarnulás ily módon való együttes fellépésére szolgáltat a *Juniperus virginiana* és *Sabina*, *Thuja occidentalis*, *Buxus sempervirens* és mások. A megvörösödés és megbarnulás kombinációja ritkább; példa a boróka (*Juniperus communis*).

Haberlandt közleménye óta nem jelent meg újabb dolgozat e téren, pedig még sok rejtély vár megoldásra. *Haberlandt*-nak sikerült ugyan a tűnények nagy részénél kideríteni a befolyást, melyet a fény és hideg azok létrejövetelére gyakorol, de a megvörösödést illetőleg e tekintetben még ugyanott állunk, ahol *Mohl* állt majd félszázad előtt: nem tudjuk, micsoda befolyást tulajdonítsunk a fénynek és milyen a hidegnek. A megbarnulás illetőleg tudjuk már, hogy bizonyos anyagok változtatólag hatnak a chlorofillra, de magukat ezeket az anyagokat nem ismerjük; csak annyit tudunk felőlük, hogy, hatásukat tekintve, hasonlítanak a szerves savakhoz. *Kraus* és *Haberlandt* a barna festőanyag közelebbi vizsgálatánál eltérő eredményekre jutottak, ami nem zárja ki annak lehetőségét, hogy itt voltaképpen nem *egy* tűnényenyl van dolgunk. — Mi történik az elváltozott chlorofillal, midőn a barna színt felváltja a tavaszi zöld; miért oly szórványos jellemű az elsárgulás a fellépésében? Ezek még mind olyan kérdések, melyek jelenleg nincsenek megfejtve.

FÖLDVÁRY TIBOR.



Creative Commons License Deed

Nevezd meg! - Így add tovább! 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ez a [Legal Code \(Jogi változat, vagyis a teljes licenc\)](#) szövegének közérthető nyelven megfogalmazott kivonata.

[Figyelmeztetés](#)



A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

Az alábbi feltételekkel:



Nevezd meg! — A szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetned a műhöz kapcsolódó információkat (pl. a szerző nevét vagy álnévét, a Mű címét).



Így add tovább! — Ha megváltoztatod, átalakítod, feldolgozod ezt a művet, az így létrejött alkotást csak a jelenlegivel megegyező licenc alatt terjesztheted.

Az alábbiak figyelembevételével:

Engedélyezés — A szerzői jogok tulajdonosának engedélyével bármelyik fenti feltételtől [eltérhatsz](#).

Közkinccs — Where the work or any of its elements is in the [public domain](#) under applicable law, that status is in no way affected by the license.

Más jogok — A következő jogokat a licenc semmiben nem befolyásolja:

- Your fair dealing or [fair use](#) rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- A szerző [személyhez fűződő](#) jogai
- Más személyeknek a művet vagy a mű használatát érintő jogai, mint például a [személyiségi jogok](#) vagy az adatvédelmi jogok.

- **Jelzés** — Bármilyen felhasználás vagy terjesztés esetén egyértelműen jelezned kell mások felé ezen mű licencfeltételeit.