

# A FOTOSZINTÉZIS TERMÉKEINEK A VIZSGÁLATA, ÖSSZEFÜGGÉSBEN A SZERVESANYAG PRODUKCIÓVAL

HORVÁTH IMRE

JATE Növénytani Tanszék, Szeged

A Nemzetközi Biológiai Program „Produkción-folyamata” (PP) szekciójában az elmúlt években 9 magyarországi intézményben végeztek tudományos kutatómunkát. E kutatási tevékenység keretében a kloroplasztisz elektronmikroszkópos szerkezetének vizsgálatától kezdve természetes és kultúrnövény állományok fotoszintetikus energiahasznosításáig sokrétű — és ami örvendetes — néhány munkahelyen valóban kollektív kutatási tevékenység folyt. Nehéz volna a kilenc munkahely több éves és legalább 25—30 kutatójának eredményét röviden összefoglalni, ezért részletesebben csak két intézménnyel a TTM Növénytarával, és a JATE Növénytani Tanszékével foglalkozom, a többi intézménynél pedig inkább csak a kutatómunka irányát jelölöm meg. Ez nem jelent értékbeli megkülönböztetést, hanem mindössze csak azt, hogy az említett két intézmény kutatási tevékenysége áll hozzám — mint növényökológushoz — a legközelebb.

Az MTA Mezőgazdasági Kutató Intézetében (Martonvásár) különböző búzafajtákon vizsgálták a jarovizáció idején a hőmérséklet és a fény együttes hatását. Megállapították, hogy őszi búza fajtáknál alacsony hőmérsékleten a jarovizáció kezdeti szakaszában a rövid napszakos kezelés serkenti, a hosszú napszakos pedig gátolja a fotoszintézis intenzitását. Kimutatták, hogy alacsony hőmérsékleten a rövidebb hullámhosszúságú fény serkenti a fotoszintézist.

Őszi búzafajtákon vizsgálva Hill-reakció hőmérsékleti görbéjét megállapították, hogy az kettős csúcsú és  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  körül a reakció értéke magas. Tavaszi búzafajtáknál az alacsonyabb —  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  körüli — hőmérsékleten működő rendszer hiányzik, de ősziérés hatására kialakul.

A Gabonatermesztési Kutató Intézet (Szeged), az agrotechnika és az időjárás kölcsönhatásával foglalkozott délföldi rétek és legelők termelésére. Kimutatták, hogy csapadékszegény időszakban az agrotechnika hatása kisebb mértékben érvényesül, pl. a szárazanyag termelést nitrogén trágyázással sem lehet fokozni. A szénatermés minősége száraz időszakban viszont jobb, különösen az emészthető fehérjetartalom növekedik.

Ezzel kapcsolatban szeretnék rámutatni, egy általánosíthatónak látszó összefüggésre, amely a JATE Növénytani Tanszékének a kutatómunkáját



érinti. E Tanszéken kondicionált, — de szabadföldi körülmények között is — főleg a fénytényező tekintetében nagyon különböző feltételek között azt állapították meg, hogy a képződő növényi szervesanyag minőségét elsősorban a területegységre, vagy növényegyedre vonatkoztatott szárazanyag produkció határozza meg, és nagymértékben független attól, hogy ez milyen környezeti feltételek eredménye. A nagyobb szárazanyag produkció magasabb szénhidrát, alacsonyabb nitrogén koncentrációval jár együtt és fordítva. A növénytermesztésben és a növénynemesítésben úgy gondolom, erre figyelemmel kell lenni, mivel nagyobb szárazanyag produkció nitrogénben szegényebb szervesanyagot jelent.

Az Erdészeti és Faipari Egyetem Növénytani Tanszékén (Sopron) a lombkoronán belüli helyzet alapján vizsgálták az erdeifenyő levelek szöveti szerkezetét és fotoszintetikus aktivitását. A változó fotoszintetikus tevékenység együtt jár a levelek szöveti szerkezetének megváltozásával. A vizsgálatok eredményeként javaslat tehető a legmegfelelőbb koronaméret kialakítására, illetve a legmegfelelőbb állomány sűrűsége.

Különböző nyárfa klonok fotoszintézisének összehasonlító vizsgálata alapján pedig korai szelekcióra nyílik lehetőség.

A JATE Biofizikai Tanszékén (Szeged) a fény színképi összetételének hatását vizsgálták a fotoszintetikus pigmentrendszerre. Elsősorban a sárga pigmentek mennyiségével és a komponensek egymáshoz való arányával foglalkoztak szabadföldi körülmények között színes műanyagfóliák felhasználásával.

A Tanszék kutatómunkájában fontos szerepet foglal el a fotoszintetikus pigmentrendszerben lejátszódó energiavándorlás tanulmányozása és annak a gerjesztő fény hullámhosszától való függése.

A klorofill fluoreszcenciájának  $\beta$  — karotinnal való szenzibilizációjából kiderült, hogy a karotinról a klorofillra való energiaátmenet a klorofill kék abszorpciós sávja területén a hullámhossztól függ. Ez gyors — exciton — típusú energiaátadásra utal. A kék és vörös abszorpciós sáv közötti területen — ahol a  $\beta$  — karotin elnyelési sávja fekszik — a klorofillok fluoreszcenciájának szenzibilizálása a hullámhossztól gyakorlatilag nem függ. Ez arra mutat, hogy a karotinról a klorofill- a — ra való energia átadás lassú rezonanciás típus — szerint is végbemehet.

Az ELTE Származástani és Örökléstani Tanszékén (Budapest) vizsgálatokat végeztek a pigment — protein komplexben működő kötőerőkkel és karotinoid mutáns növények kloroplasztiszainak elektronmikroszkópos szerkezetével kapcsolatban.

Megállapították, hogy a karotinoidok a fehérjékhez molekulánként átlagosan 1,1 egyszerű H kötéssel kapcsolódnak, a klorofillok viszont jóval erősebben. Kötési energiájuk kb. 4,6 egyszerű H kötés.

Karotinoid mutáns növények kloroplasztiszainak elektronmikroszkópos szerkezetvizsgálata arra az eredményre vezetett, hogy a karotinoid össze-



tétel rendellenessége gránum hiánnyal függ össze. Normális és karotinoid mutáns kukoricalevelekben kimutatták, hogy a mesophyllum és a nyaláb-hüvely-parenchyma sejtjeiben levő kloroplasztiszok enzim-aktivitását a fényviszonyok eltérő módon befolyásolják.

Vizsgálatokat végeztek a plasztisz-nukleinsavak szintézisének fényindukciójával kapcsolatosan is. Kloroplasztiszmutáns növényeknél az látszik valószínűnek, hogy a mutáció csak a plasztiszra jellemző megvilágítás hatására beinduló RNS szintézist érinti. A szintézisben jelentkező rendellenesség a regulátor gének szintjén jelentkezik.

Az ELTE Alkalmazott Növénytani és Szövetfejlődéstani Tanszékén (Budapest) az algák és virágos növények kloroplasztiszának finomszerkezetével foglalkoztak. *Botrydium granulatum* kloroplasztiszában kimutatták, az ún. „durva lamellák” sajátos elrendeződését, a plasztisz és maghártya esetenkénti kapcsolatát, valamint a plasztiszhártya lefűződését.

Zöld algákon és kovamoszatokon vizsgálták a kloroplasztiszok finomszerkezete és az optikai anizotrópia közötti kapcsolatot. Megállapították, hogy a plasztiszok lényegében ismeretlen eredetű piros anomáliás színe összefüggésben áll egyrészt a kettős törés diszperziójának jellegével, másrészt a plasztiszok sűrűbb, vagy ritkább lamelláltságával.

Tradescantia levelekben meghatározták a fiatal és idős plasztiszokban működő fotoszintetikus egységek számát és méretét.

Az Orvostudományi Egyetem Orvosvegytani Intézetében (Szeged) a kloroplasztisz-szuszpenzió redoxpotenciál változásait vizsgálták. Megállapították, hogy periodikus megvilágítás mellett a redoxpotenciál változása a levél korára jellemző. Ez kapcsolatot mutat a klorofill koncentrációval és a Hill-reakcióval. Vizsgálataik alapján megkíséreltek olyan redox-rendszert létrehozni, mely reakcióhatásfoka optimális.

A TTM Növénytárának (Budapest) kutatói a fásodó hajtástengelyek szerepét vizsgálták a produkció folyamatában.

Megállapították, hogy a *Fraxinus ornus* hajtástengely phellodermája 4 éves korig a teljes fény 10%-át átengedi. A fényáteresztés idősebb hajtástengelyeknél fokozatosan csökken, de a repedéseken keresztül itt is jelentős az átengedett fény mennyisége. Az anatómiai vizsgálatok igazolták, hogy az elsődleges kéreg, a bélsugár, a központi bélparenchyma perimedulláris zónája egyaránt tartalmaz kloroplasztiszokat. A kloroplasztiszok strukturáltsága az elsődleges kéregtől a központi bélparenchymáig csökken. Az elsődleges kéregben található plasztiszok struktúrája azonban nem tér el a levél kloroplasztiszától.

A hajtástengely elsődleges kérgének fotoszintetizáló képessége egy nagyságrenddel kisebb, mint a levélé. A CO<sub>2</sub> beépítő képesség az év folyamán változik. Maximális a rügyek kifejlődésekor és a lombhullást megelőző időszakban. Szezonálisan változik az alkohololdékony és a nagymolekulájú vegyületek aránya is.



A hajtástengelyek klorofill tartalmának évi változása — négyzintes kéttényezős variancia analízissel elemezve — összefüggést mutat a  $\text{CO}_2$  beépüléssel és a kloroplasztiszokban található gránumok számával. Ez külső tényezőkkel hozható kapcsolatba, de szignifikánsan hatnak az endogén tényezők is, pl. a hajtástengely kora.

Ultrastruktúra vizsgálataik elsősorban a kloroplasztiszok térbeli, és időbeli strukturális változását követték nyomon. A plasztiszok a kedvezőtlen periódus beálltával fokozatosan elvesztik gránumaikat, csökken klorofilltartalmuk, számos közülük fúzionál.

Foglalkoztak a *Quercus pubescens* árnyékleveleinek különböző ökológiai körülmények közötti (termőhely, víz, fényellátottság stb.) vizsgálatával is. A levelek anatómiai sajátosságai pl. a paliszád és szivacsos parenchyma aránya, a mesophyllum sejtek mérete, sztómafrequencia, asszimiláló szövetek és az intercellulárisok aránya, jellegzetes eltérést mutatnak a környezeti tényezők függvényében. Megállapították, hogy a levelek  $\text{CO}_2$  inkorporációs képessége elsősorban az intercellulárisokkal kapcsolatos, fontos ezenkívül a mesophyllum sejtek nagysága is. A sztómafrequencia csak az intercellulárisok arányán keresztül befolyásolja a fotoszintetikus aktivitást.

Figyelemre méltó gomba-ökológiai vizsgálataik eredménye is. Egyes kalapos gombafajok erdei talajokon való megjelenése jó korrelációban van a talaj hidrogén-ion koncentrációjával.

Orno-Quercetum társulásban eredményes talajalga vizsgálatokat is végeztek. Megállapították, hogy az ott található fajok fejlődésük bizonyos stádiumában talajhoz kötődtek, bár általában vízi, vagy vízparti szerkezetenként ismertek.

A TTM Növénytárának kutatómunkájával kapcsolatban egy dolgot külön is érdemes megemlíteni, ami az eredményes kutatómunkának egyik fontos feltétele. Az utóbbi években példamutatóan oldották meg a kollektív kutatómunkát. Ez nemcsak más intézménnyel kapcsolatos, hanem a Növénytáron belül is jól szervezett. E kollektív kutatómunka eredménye, hogy képesek voltak a kloroplasztisz elektronmikroszkópos szerkezetétől kezdve az állomány termeléséig összefüggésben foglalkozni a felvetett kérdésekkel.

Dicséretes az is, hogy a növényökológiai kutatómunkában széles körűen és eredményesen alkalmazzák a matematikai-statisztikai módszereket.

A JATE Növénytani Tanszékén (Szeged) szabadföldi körülmények között és fitotronban kultúrnövények és természetes növényállományok fotoszintetikus energiahasznosításának a vizsgálata a fő célkitűzés, kiegészítve morfológiai, fenológiai, struktúra és anyagcsere vizsgálatokkal.

Halophil növényállományokban végzett vizsgálatok alapján megállapították, hogy a szervesanyag termelést a klimatikus tényezők közül, főleg a csapadék eloszlása és ennek függvényében a sók felszinközeli akkumulációja határozza meg. A legeltetés megszüntetése a növényállomány szerkezetét



elsősorban a faji összetételen keresztül befolyásolja: A *Trifolium fragiferum*, *Lotus tenuis*, *Taraxacum bessarabicum* helyét fokozatosan a *Carex distans*, *Festuca arundinaceae* foglalta el. Az állományszerkezet legkisebb mértékben a legszikesebb állományokban változik meg.

Megkezdtek a természetes növényállományok (*Cynodonti Poëtum angustifoliae*) kondicionált körülmények közötti vizsgálatát. Elsősorban az állományszerkezetet és ennek függvényében az energiahasznosítást tették tanulmányozás tárgyává. Előkísérletet végeztek spektrális energiaeloszlás hatásának tanulmányozására is, a vizsgált növényállomány szárazanyag termelésére. Megállapítható, hogy azonos fényenergia mellett az eltérő színképi összetétel elsősorban a levélterületen keresztül befolyásolja a szárazanyag termelést és ez a hatás az idő függvényében fokozódik.

Szabadföldi és kondicionált körülmények között két paradicsomfajta szárazanyag termelésével, és energiahasznosításával foglalkoztak a megvilágításerősség függvényében szabadföldi és kondicionált körülmények között. Megállapították, hogy elméleti és gyakorlati szempontból az a számítási mód a legjobb, mely a tenyészterületből és a növényállomány rendelkezésére álló átlagos fényenergiából indul ki.

Leguminosae családba tartozó fajok nektáriumának szerkezete és termelése közötti kapcsolatot vizsgálva megállapították, hogy azok a mirigyek, melyekben szélesebb a granduláris szövet több, azok, melyekben hancsnyalábok találhatók, koncentráltabb nektárt termelnek.

Foglalkoztak a fény minőségének és színképi összetételének a növényi szervesanyag termelésére gyakorolt hatásával. E vizsgálatok során *Vicia faba* növények leveleiben kimutatták, hogy a kék fényhez viszonyítva a vörös fény serkenti a szacharóz és keményítő felhalmozódást. Ez feltételezhetően a I. fotokémiai rendszer aktivitásán keresztül valósul meg.

Kimutatták, hogy a zöld hullámtartományba eső energia arányának növelése jelentős mértékben csökkenti a kloroplasztiszokban a gránulák számát, nagyságát, lamellázottságát és a keményítő szemek nagyságát. A monokromatikusan kék és vörös fény is e tulajdonságokra gyakorol hatást. Különösen jelentős mértékben hat a lamellázottságra és csökkenti a gránulák számát a kék fény (1. kép).

E vizsgálathoz paprika (*Capsicum annum*) csíranövényeket 10 napon keresztül 475 és 675 nm transmissziós maximumú interferencia szűrők (Zeiss) alatt neveltek, kontrollként halogén (jódgőz) lámpát használtak. A megvilágítás időtartama napi 12 óra volt, a fény energiája pedig kb.  $4,5 \cdot 10^3$  erg  $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$ .

A fény színképi összetételének függvényében ökológiai szövettani vizsgálatokat végeztek Brassica, Capsicum, Lactuca, Raphanus, Rumex, Spinacia és Vicia genuszok 12 faján, elsősorban az emberi táplálkozásra felhasznált szövetekben bekövetkező szövettani változások tanulmányozására. Megállapították, hogy a fény színképi összetételének változása befolyásolja a szöveti szerkezetet és a szervesanyag termelést.

pították, hogy a fény színeképi összetétele elsősorban az asszimiláció és a szállító szövetekre hat. Hatást gyakorol az epidermis szerkezetére is, különösen a területegységre eső sztómaszámra.

Vizsgálva a fény színeképi összetételének a *Ricinus communis* extrafloralis nektáriumának morfológiájára és szöveti szerkezetére gyakorolt hatását, megállapították, hogy a hosszabb hullámtartományba eső fényenergia arányának növelésére a nektáriumok megnyúlnak, a kiválasztó felület viszont kisebbé válik.

Izolált levelekben rövid ideig tartó magas megvilágításerősség (60 000 Lux) hatását tanulmányozták a karotinoid tartalomra. Ha ez a hatás a víztartalom csökkenésével jár együtt, csökken a karotinoidok kötődése.

A Tanszék kutatási tevékenységével kapcsolatosan két dolgot emelek ki befejezésül. Az egyik az, hogy törekednek szabadföldi és kondicionált körülmények közötti párhuzamos vizsgálatokra, a másik, hogy sokat foglalkoznak fiatalokkal. Példaként megemlítem, hogy 1972. áprilisában Nyíregyházán megtartott Országos Tudományos Diákköri Konferencián a Tanszék 7 tudományos diákkörös hallgatója részesült díjazásban.

Összefoglalásként megállapítható, hogy a Nemzetközi Biológiai Program „Produkción folyamatok” (PP) szekciójának keretében közreműködő magyarországi intézmények széles körű és eredményes munkát végeztek, amit a fentiekén kívül bizonyít az is, hogy az elmúlt években több mint 40 dolgozat jelent meg.