

## KÍSÉRLETEK NÖVÉNYI KATALÁZZAL

### II. Anyagsere különbségek kimutatása kataláz-aktivitás méréssel egy növényen belül

FELFÖLDY LAJOS és F. KALKÓ ZSUZSA

(Érkezett: 1956. május 20-án)

A növények vízforgalmával foglalkozó munkánk során azt tapasztaltuk az ott részletesen ismertetett irodalmi adatokkal egybehangzóan, hogy ugyanannak a növénynek levelei nem egyenlő értékűek sem transpirációs képességük, sem vízmegtartó erejük szempontjából. Ugyanekkor megállapítottuk, hogy nincsen általánosan érvényes szabály egyik tulajdonságra nézve sem, hanem a növény faji tulajdonságaitól függ, hogy vízmegtartó képességének grádiense a levelek korával nő-e, vagy csökken? Feltevésünk szerint a levelek kiszáradás ellenállása szoros kapcsolatban van anyagsereréjükkel (FELFÖLDY 1955, 1956, FELFÖLDY et al. 1956).

Sok szerző próbálta meg a kataláz enzimet felhasználni az anyagsere intenzitás jellemzésére, de az irodalmi adatok szemlélete nem nyújt egységes képet.

Azt az irodalmi adatok alapján elfogadhatjuk, hogy az elhalás bekövetkezését nem lehet a kataláz-aktivitás ugrás-szerű csökkenéséből vagy eltűnéséből megállapítani, mert ilyenről nincsenek adataink (PARKER 1952, BARTA 1939). ALDOUS és STEWART (1952) kísérletei szerint az ibolyántúli sugárzással megölt élesztősejtekből nem tűnik el a kataláz, YAMAFUJI és munkatársai (1940) eredményei szerint az élesztő-szuszpenzióban lévő élő és holt sejtek arányával nincs összefüggésben a kataláz-aktivitás. GRAČANIN (1927) a tömény sóoldattal elpusztított *Mnium undulatum* moha levelében alig talált kataláz-aktivitás csökkenést.

A légzés és kataláz-aktivitás közti összefüggést illetően a legellentmondóbb adatokat sorolhatjuk fel. Igen nagyszámú munka számol be pozitív korrelációról (APPLEMAN 1910, 1918, AUCHTER 1923, BURGE 1923, 1925, BURGE és BURGE 1924, 1928, HEINICKE 1923, SHULL és DAVIS 1923, EZELL és CHRIST 1927, KNOTT 1927, TYSON 1930, NELLER 1931, 1931a, GUSTAFSON et al. 1932, KING et al. 1934, EZELL és GERHARDT 1938, SELL et al. 1948, STOUT 1949, CORNS 1950, FORTINI és VENEZIAN 1950).

Éppen ellentétes, negatív összefüggést találtak GALSTON (1951), POPE (1933) és JOHNSON (1926).

Sok szerző szerint pedig semmiféle összefüggés sem mutatható ki a légzés és kataláz-aktivitás közt (BUNZELL 1918, SHERMAN 1921, DRAIN 1926,



DOYLE és O'CONNOR 1930, CHANCE 1931, HARDING 1935, EZELL és GERHARDT 1942). Az utóbbi két szerző saját eredményeit is (1938) és az irodalomban található eseteket, mikor a légzés és kataláz párhuzamosan fut, véletlen egybeesésnek tartja. A jelek szerint a légzés és a kataláz-aktivitás kritika nélküli összehasonlítása nem vezet használható következtetésre.

Az anaerobiával való összefüggése azonban kétségtelen. Az anaerob mikroorganizmusokban általában hiányzik (MOLLAND 1947, SUMNER és SOMERS 1953), sőt anaerob tenyésztés mellett ugyanabban az élesztő törzsből is csökken, levegőztetve 20—90-szeresére emelkedhet (CHANTRENNE és COURTOIS 1954). A víz alatt, tehát bizonyos fokig anaerob körülmények között csírázó rizs csírában is rendkívül csökkent a kataláz-aktivitás a levegőn fejlődött szövetével szemben (MORINAGA 1925, ERYGIN 1936).

Sokkal helyesebbnek tűnnek azok a törekvések, melyek a kataláz-aktivitást a növény egészének anyagcsere állapotával próbálják összehasonlítani, egy-egy kiragadott tulajdonság helyett (DELEANO et al. 1937, RANJAN és MALLIK 1931, BÜNNING és BAUER 1952).

Igen figyelemre méltóak azok az eredmények, melyek szerint a kataláz-aktivitás a légzés változását követi, de sokkal lassabban, csak bizonyos késéssel (RHINE 1924, EZELL és CHRIST 1927, LANTZ 1927, MILLER et al. 1936, CORNS 1950). Ez RHINE (1924) és LANTZ (1927) szerint azzal magyarázható, hogy a kataláz pl. a csírázás kezdetén hirtelen felugró légzést nem tudja azonnal követni, mert a túlságosan nagy mennyiségű légzéstermék ( $H_2O_2$  ?) felhalmozódásakor „felhasználódik”, de később, tekintve, hogy ugyanakkor a szervezetben felhalmozódó légzéstermék a kataláz képződését elősegíti (vö. MORGULIS 1924) fokozódó aktivitás mutatható ki. Hasonló képet találunk a megbetegedett, gomba- vagy vírus-kártevő által megtámadott növényben is, ahol a légzés hirtelen felszökését a kataláz csak bizonyos késéssel követi (BUNZELL 1918, NELLER 1931, YAMAFUJI et al. 1943). CROCKER és HARRINGTON (1918) már utalnak arra, hogy a kataláz viselkedése is a növény faji tulajdonságainak függvénye, mert míg a *Sorghum* és *Avena* termésben a kataláz-aktivitás és a légzés párhuzamosan fut, addig az *Amaranthus* magjában ez nem tapasztalható.

Az irodalmi adatok alapján nehéz állást foglalni az anyagcsere intenzitás és a kataláz-aktivitás közti összefüggés kérdésében. Mindenesetre óvakodnunk kell az általánosításoktól, mert minden valószínűség szerint a különféle növényfajok, sőt különböző természetű szövetek közt is lényeges különbség van. Talán nem járunk messze az igazságtól, ha feltételezzük, hogy a kataláz-aktivitás megváltozásához hosszabb idő szükséges, mint pl. a légzéséhez, tehát a kataláz csak akkor vehetjük számításba, mint anyagcsere jellemző adatot, ha az anyagcsere folyamatok megváltozása nem túl gyors, nem túl heves. Azt is érdemes e helyen hangsúlyozni, hogy a kataláz a legtöbb szerző csak mint kísérő jelenséget, indikátort fogja fel, de nem keresi benne a jelenségek okát (BARTA 1933), bár YAKUSHIJI (1933) a fotoszintézis hidroxilamin és kéksav gátlását a kataláz gátlással magyarázza.

Mielőtt a különböző helyzetű (korú), különböző vízforgalmi tulajdonságokkal rendelkező és feltehetően különböző anyagcsere intenzitású levelekre vonatkozó adatainkat ismertetnénk, szóljunk néhány szót a kataláz-aktivitás változásáról egy növény levelein belül, az irodalmi adatok alapján.

A különféle növényi testrészek közül általában a levélben mérhető a legnagyobb aktivitás (GRAČANIN 1926, BUNZELL és KENYON 1933, DELEANO



et al. 1937, WISCHNEWSKY 1940, PATTANAIK 1949, 1950), amit csak az aktív sziklevél múlhat felül. HERNDLHOFER (1932) a kávécsesze esetében mutatta ki az előregedett sziklevél funkcióvéstésekor beállott kataláz csökkenést. A nagy felületű dohánylevélen belül BARTA (1939) adatai szerint a levél széle és csúcsa a legaktívabb, BUSTINZA (1930) a levélparenchimában találta a legnagyobb aktivitást. A tarka (panaschierozott) levelek zöld része felülmúlja ebből a szempontból a világosabb foltokat (BUSTINZA 1930, RISCHKOW és KARATSCHEWSKY 1933 és saját közletlen adataink szerint).

Ugyanazon a növényen legtöbbször a teljesen fejlett, de öregedni még nem kezdő, ún. középtáji levelekben legaktívabb a kataláz (KNOTT 1927, POPE 1932, 1933, CATTLE 1933, EIFERTNÉ 1955 és sokan mások). Vannak adataink arról is, hogy a csúcsi levelekben van a maximum (DELEANO et al. 1937, FARKAS és RAJHÁTHY 1955).

Ezeknek az adatoknak birtokában tűztük ki azt a célt, hogy a különböző vízforgalmú levelek anyagsere-viszonyait a kataláz-aktivitás segítségével vizsgáljuk meg.

Kísérleteink módszerét illetően utalunk előző dolgozatunkra (FELFÖLDY és KALKÓ 1957).

\*

Kísérleti rész.

Az 1. táblázat-ban három legtöbbet vizsgált tesztnövényünk különböző inszerciójú leveleinek kataláz-aktivitását mutatjuk be 1954. augusztus 4-i kísérleteink alapján. A meghatározásokat 10°-on végeztük, a maradék hidrogén peroxidot 0,01n Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oldattal mértük. Inaktiválási időköz 5 perc.

1. táblázat

A *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis* és *Portulaca oleracea* különböző inszerciójú leveleinek kataláz aktivitása 1 g élőszáraz levele által 1 perc alatt elbontott H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mg-ban kifejezve.

Levél száma alulról	mg H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /1 g élőszáraz/1 perc		
	<i>Chenopodium</i>	<i>Convolvulus</i>	<i>Portulaca</i>
1.	—	6,92	1,36
2.	—	—	0,52
3.	2,04	5,91	0,52
4.	—	—	0,52
5.	—	—	1,36
6.	3,52	—	—
7.	8,96	6,12	—
8.	6,28	—	—
9.	7,76	4,60	—
10.	10,81	—	—
11.	10,20	6,68	—
14.	12,36	7,48	—
17.	12,24	—	—
19.	12,00	—	—
21.	18,16	6,40	—
23.	18,72	—	—
25.	19,04	—	—
26.	17,92	—	—



A táblázatban összeállított eredmények szerint az aktivitás abszolút értéke is és a gradiens foka is fajok szerint igen változó. A *Chenopodium* nemcsak nagy, a másik két növényt messze felülmúló mg értékeivel tűnik ki, hanem szélsőséges változékonyságával is. Könnyű belátni, hogy egy-egy kiragadott levél adatával a *Chenopodium album* kataláz-aktivitása nem jellemezhető, sőt igen hamis értékhez jutnánk az összes levél összekeverése, vagy a kapott számok átlagolása révén is. A *Convolvulus* és a *Portulaca* jóval kisebb értékei sokkal kisebb mértékű ingadozást mutatnak. Ha az aktivitást jobban kifejező reakciósebességi állandók értékeit vesszük szemügyre, a fiatalabb levelek nagyobb aktivitása a *Portulaca* és *Convolvulus* esetében is jobban kidomborodik (2. táblázat), de azon a tényen, hogy a különbségek kisebbek és a gradiens nem oly határozott, ez az összeállítás sem változtat. A *Chenopodium album* szélsőséges viszonyait a  $k$  értékek is hasonlóan tükrözik (FELFÖLDY és KALKÓ 1957, 304.).

## 2. táblázat

A *Convolvulus arvensis* és *Portulaca oleracea* különböző helyzetű leveleinek kataláz aktivitása a peroxid bontás sebességi állandójával ( $k$ ) kifejezve.

Levél száma alulról	$10^2 \cdot k_{19^\circ}$	
	<i>Convolvulus</i>	<i>Portulaca</i>
1.	2,44	0,40
2.	—	0,34
3.	—	0,31
4.	—	0,26
5.	4,70	0,67
7.	4,02	—
9.	3,97	—
11.	4,66	—
14.	5,10	—
21.	4,35	—

Ha a táblázatok adatait három tesztnövényünk vízforgalmi viszonyai-val hasonlítjuk össze, megállapíthatjuk, hogy a *Chenopodium* nagy gradiens-különbségei itt is megtalálhatók, szemben pl. a *Portulaca* esetével, ahol a legfiatalabb embrionális leveleket leszámítva különbségről a vízkötő képesség esetében nem beszélhetünk. A *Convolvulus* levelek vízmegtartó képességében éppen ellenkezőleg a legalsó levelek térnek el a többiektől, szemben az 5—21 levelek többé-kevésbé azonos értékeivel (FELFÖLDY 1955, 114—115).

Más kérdés a kataláz-aktivitás és a vízleadó gyorsaság értékváltozásainak iránya. A *Portulaca* és a *Chenopodium album* leveleinél a növekvő kataláz-aktivitás a szár csúcsa felé együtt jár a kisebb víztartó képességgel, a *Convolvulus*-nál fordított a helyzet: a csúcs felé a vízmegtartó képesség nő. Figyelnünk kell azonban arra, hogy az enzim-aktivitást és a vízleadóképességet nem lehet minden további nélkül összehasonlítani, mert saját, más természetű kísérleteinkből (FELFÖLDY et al. 1956) tudjuk, hogy az anyagcsere vízforgalom szabályozó tevékenysége az életkortól és a környezeti tényezőktől igen nagymértékben függ. Ezekből az előkísérletekből mindenestre megállapíthatjuk azt, hogy a növények levél kataláz-aktivitását csak legalább három — alsó, középső, felső — levél adataival jellemezhetjük és, hogy a kataláz-aktivitás a vízforgalommal összefügg.



Néhány, vízforgalmi szempontból jól ismert növényfaj kataláz aktivitását, KJELDAHL módszerével meghatározott össz-nitrogén, 105°-on megállapított szárazanyag tartalmát, IVANOV és HUBER gyorsmérés módszerével nyert transpiráció intenzitását tartalmazza a 3. táblázat.

3. táblázat

Öt különböző vízforgalom típusú növény szárazanyag és össznitrogén tartalmának, transpirációjának és kataláz-aktivitásának összehasonlítása

1. Név		2. Szárazanyag %	3. Össz-N Sza %	4. Transpiráció g víz/1 g És/óra	Kataláz	
					5. mg H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /1 g És/1 perc	6. mg H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /1 g Sza/1 perc
Amaranthus retroflexus	f:	19,2	4,3	1,18	6,25	32,5
	k:	20,0	4,4	1,18	6,75	33,8
	ö:	51,7	3,9	1,47	6,75	13,0
Chenopodium album	f:	18,4	3,9	0,85	14,50	78,8
	k:	15,7	3,4	1,86	12,75	81,1
	ö:	12,3	2,1	1,16	6,50	52,8
Malva neglecta	f:	17,3	5,4	0,88	5,25	30,4
	k:	17,3	5,7	1,46	4,75	27,4
	ö:	19,4	5,6	2,41	3,00	15,4
Polygonum lapathifolium	f:	33,5	2,2	0,66	1,25	3,7
	k:	33,2	1,9	0,51	1,25	3,8
	ö:	24,9	1,7	0,45	0,50	2,0
Taraxacum officinale	f:	16,5	3,7	2,72	4,25	25,8
	k:	17,3	3,3	1,55	5,75	33,2
	ö:	11,9	1,4	0,43	3,00	15,4

A szárazanyag és össz-N 5—5, a transpiráció 4—4, a kataláz-aktivitás 3—3 párhuzamos kísérlet átlaga. f = fiatal, k = középkorú, ö = öreg.

A táblázathoz fűzhető megjegyzéseink közül legfontosabbnak az látszik, hogy az öreg levelekben minden esetben legkisebbb kataláz-aktivitás található (az *Amaranthus* 1 g élősúlyra számított értékei esetében aligha van biztos különbség a három levél között). A szárazanyag egységnyi mennyiségére számított peroxid fogyasztás adatait nézve, az irodalomból ismert két típust megtaláltuk, amennyiben az *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Taraxacum* és *Polygonum* esetében a középtáji, tehát a fejlett, de még fiatal levelekben, a *Malva*-nál a legfiatalabb, legfelső levelekben alakult ki maximum. A növények közül első pillanatra kiválik a *Malva*, mely vízforgalmi kísérleteink során is, rokonával, a *M. silvestris*-szel együtt külön csoportot képezett, mert csak ezeknél a növényeknél találtunk a korral növekvő transpirációt (FELFÖLDY 1956, 182). Ennél a növénynél tehát a transpiráló képesség és a kataláz-aktivitás fordítottan arányos. A *Polygonum lapathifolium* és a *Taraxacum officinale*, melyeknél a transpiráció intenzitás a korral csökken, nem különbözik az *Amaranthus* és *Chenopodium*-tól kataláz-aktivitásukat illetően.



E két utóbbinál a transpiráció és a kataláz-aktivitás pozitív korrelációban van. Egyes szerzők szerint a szövetek nitrogéntartalma és kataláz-aktivitása párhuzamos (BAILEY és McHARGUE 1944). Táblázatunkból ez a párhuzam a *Malva neglecta*-t nem számítva, elég jól megállapítható, ami nem meglepő, hiszen a több N több élő anyagot (fehérjét) jelent. A szárazanyag-tartalom és a  $H_2O_2$  fogyasztással kifejezett kataláz-aktivitás közt nem állítható fel párhuzam.

Érdeemes ebből a szempontból megvizsgálni a cukorrépa különböző korú leveleit (4. táblázat).

4. táblázat

Különböző korú cukorrépa levelek kataláz-aktivitásának, szárazanyag- és össznitrogén-tartalmának összehasonlítása

1. Levél kora	2. Levél hossza cm	3. Szárazanyag %	4. Össz-N Sza %	Kataláz	
				5. mg $H_2O_2$ /1 g És/1 perc	6. mg $H_2O_2$ /1 g Sza/1 perc
Fiatál (f) .....	15	12,2	5,05	9,32	76,3
Fiatál (f) .....	18	13,0	4,39	9,60	73,8
Középkorú (k).....	25	13,1	6,48	13,07	99,6
Középkorú (k).....	26	13,4	5,24	11,31	84,6
Középkorú (k).....	32	16,4	4,76	10,90	66,5
Öreg (ö) .....	38	11,3	3,43	5,85	51,8

Ehhez a táblázathoz nincs sok hozzáfűzni valónk. A kataláz-aktivitás maximuma a fiatal középtáji levelekben van, összefüggése az össz-N tartalommal a cukorrépa esetében kétségtelen.

### Összefoglalás

Az irodalmi adatokban található ellentmondások ellenére megkíséreltük ugyanannak a növénynek különböző korú leveleiben az anyagcsere intenzitását kataláz-aktivitás mérésével jellemezni és összehasonlítást végezni a vízforgalmilag is különböző értékű levelek között. Kísérleteink eredményét röviden így foglalhatjuk össze:

1. Legkisebb kataláz-aktivitást mindig az öreg, legalsó levelekben mértünk. A maximum vagy a legfiatalabb, legfelső, vagy gyakrabban az érett középtáji levelekben van, a növény faji tulajdonságai szerint.

2. Az egy növényen belül található, nemegyszer nagyon szélsőséges aktivitás változás miatt egy levél, az összes levél keveréke, vagy a kapott értékek átlaga nem használható fel a növény levél-kataláz viszonyainak jellemzésére. Legbiztosabb az összes, de legalább három — felső, középső, alsó — levél adatait használni.

3. A különböző inszerciójú levelek vízforgalmi tulajdonságai és kataláz-aktivitása közt van összefüggés, de az nem egyszerű és nem általános érvényű, ezért a kataláz-aktivitás mérések adatai, más tulajdonságokkal kombinálva a növények élettani típusának jellemzésére felhasználhatók.

4. A kataláz-aktivitás és az össz-nitrogén tartalom közt legtöbb esetben párhuzamosság állapítható meg, egy fajon belül. A sok nitrogént tartalmazó fajok azonban nem szükségszerűen élénk kataláz-aktivitásúak.



5. A szárazanyag tartalom és a kataláz-aktivitás  $H_2O_2$ -bontással kifejezett számadatai közt párhuzam nem állítható fel.

6. Újabb adatokat nyertünk a *Malva neglecta* különleges, az általános viszonyoktól eltérő élettani tulajdonságait illetőleg, amire már vízforgalmi kísérleteink során is felfigyeltünk.

#### IRODALOM

ALDOUS, J. G. and D. K. R. STEWART (1952): The effect of ultraviolet radiation upon enzymatic activity and viability of the yeast cell. — *Canad. J. Med. Sci.* **30**, 561–570. (*Ber. wiss. Biol.* **87**, 163. 1954.)

APPLEMAN, C. O. (1910): Some observations on catalase. — *Bot. Gaz.* **50**, 182–192.

APPLEMAN, C. O. (1918): Respiration and catalase activity in sweet corn. — *Amer. J. Bot.* **5**, 207–209.

AUCHTER, E. C. (1923): Is there normally a cross transfer of foods, water and mineral nutrients in woody plants? — *Md. Agr. Expt. Sta. Bull.* **257**, 33–60. (cit. ap. NELLER 1931.)

BAILEY, L. F. and J. S. McHARGUE (1944): Effects of boron, copper, manganese and zinc on enzyme activity of tomato and lucerne plants grown in greenhouse. — *Plant Physiol.* **19**, 105–116.

BARTA, L. (1933): Biochemische Untersuchung der Tabaktrocknung und -Fermentation. II. Über den Zusammenhang zwischen dem Enzymgehalt (Peroxydase, Oxygenase und Katalase) des Tabaks und der bei der Fermentation eintretenden Nicotinverminderung. — *Biochem. Z.* **257**, 406–410.

BARTA, L. (1939): Enzymuntersuchungen während der Trocknung des grünen Tabaks. — *Z. f. Unters. Lebensm.* **78**, 322–327.

BUNZEL, H. H. (1918): Oxidase reaction in healthy and in blighted spinach. — *J. agric. Res.* **15**, 377–380.

BUNZEL, H. H. and M. B. KENYON (1933): On potato catalase. — *Bull. Torrey bot. Club* **60**, 469–474. (*Expt. Sta. Rec.* **72**, 167. 1935.)

BURGE, W. E. (1923): The effect of high and low temperatures on the catalase content of Paramecium and Spirogyra. — *Amer. J. Physiol.* **65**, 527–533.

BURGE, W. E. (1925): Proof that the hot summer weather increases and the cold winter weather decreases the catalase content of the needles of evergreen trees corresponding with an increase and decrease produced in their respiratory metabolism. — *Amer. J. Bot.* **72**, 225–226.

BURGE, W. E. and E. L. BURGE (1924): Effect of temperature and light on catalase content of Spirogyra. — *Bot. Gaz.* **77**, 220–224.

BURGE, W. L. and E. L. BURGE (1928): A study of the effect of hot and cold weather on the catalase of the plant and animal in relation to their respiratory metabolism. — *Amer. J. Bot.* **15**, 412–415.

BUSTINZA, F. (1930): Zur Verteilung der Katalase in den Pflanzen. — *Bol. Soc. espan. Hist. nat.* **30**, 161–164. (*Ber. ges. Phys.* **58**, 588, 1931.)

BÜNNING, E. und E. W. BAUER (1952): Über die Ursachen endogener Keimfähigkeitsschwankungen in Samen. — *Z. Bot.* **40**, 67–76. (*Biol. Abst.* **27**, 725. 1953.)

CATTLE, M. (1933): Studies of the physiological importance of the mineral elements in plants. V. The distribution of diastase, invertase and catalase in normal and potassium-starved bean plants. — *New Phytol.* **32**, 364–381.

CHANCE, H. L. (1931): The relation between catalase activity and vigor in inbred strains and crosses of corn seedlings. — *Amer. J. Bot.* **18**, 696–703.

CHANTRENNE, H. et C. COURTOIS (1954): Formation de catalase induite par l'oxigène chez la levure. — *Biochim. et biophys. Acta (Amsterd.)* **14**, 397–400. (*Ber. wiss. Biol.* **94**, 60. 1955.)

CORNS, W. G. (1950): Effects of 2,4-D and soil moisture on the catalase activity, respiration and protein content of bean plants. — *Canad. J. Res. C.* **28**, 393–405. (*Ber. wiss. Biol.* **72**, 43. 1951.)

CROCKER, W. and G. T. HARRINGTON (1918): Catalase and oxidase content of seeds in relation to their dormancy, age, vitality and respiration. — *J. agric. Res.* **15**, 137–174.

DELEANO, N. T., N. POPOVICI et I. IONESCO (1937): Contribution à l'étude de la catalase végétale. — *Bull. Soc. Chim. biol. Paris* **19**, 898–910. (*Ber. wiss. Biol.* **48**, 642. 1939.)



DELEANO, N. T., N. POPOVICI et I. IONESCO (1937): Sur l'influence de quelques sels minéraux sur la catalase des tiges du blé. *Bull. Soc. Chim. biol. Paris* **19**, 1393–1397. (*Ber. wiss. Biol.* **47**, 53. 1938.)

DOYLE, J. and O. O'CONNOR (1930): Seasonal change in the catalase content of conifer leaves. — *Ann. of Bot.* **44**, 907–915.

DRAIN, B. D. (1926): Temperature and respiratory enzymes of apples. — *Bot. Gaz.* **32**, 183–194.

EIFERTNÉ MILLNER A. (1955): Kataláz-aktivitás változása citromfélék leveleiben. — *Agrókémia és Talajtan* **4**, 217–223.

ERYGIN, P. S. (1936): Change in activity of enzymes, soluble carbohydrates and intensity of respiration of rice seeds germinating under water. — *Plant Physiol.* **11**, 821–832.

EZELL, B. D. and J. W. CHRIST (1927): Effect of certain nutrient conditions on activity of oxidase and catalase. — *Agric. Expt. Sta. Michigan State Coll. Techn. Bull.* **78**, 1–24. (*Bot. Cbl.* **11**, 203. 1925.)

EZELL, B. D. and F. GERHARDT (1938): Respiration and oxidase and catalase activity of apple and pear fruits. — *J. agric. Res.* **56**, 365–386.

EZELL, B. D. and F. GERHARDT (1942): Respiration and oxidase and catalase activity of apples in relation to maturity and storage. — *J. agric. Res.* **65**, 453–471.

FARKAS, G. L. und T. RAJTHÁTHY (1955): Untersuchungen über die xeromorphischen Gradienten einiger Kulturpflanzen. — *Planta* **45**, 535–548.

FELFÖLDY L. (1955): A letépett lomblevél kiszáradásmenetének élettani vizsgálata. — *Annal. Biol. Tihany* **23**, 111–154.

FELFÖLDY L. (1956): Összehasonlító élettani kísérletek a növények transpirációja és vízmegtartó képessége közt. — *Bot. Közl.* **46**, 179–187.

FELFÖLDY L. és F. KALKÓ Zs. (1957): Kísérletek növényi katalázzal. I. Módszertani kérdések. — *Annal. Biol. Tihany* **24**, 297–309.

FELFÖLDY L., PETRICSKÓ M.-né és F. KALKÓ Zs. (1957): Az anyagcsere szerepe a napraforgó sziklevel vízforgalmának kialakításában. — *Annal. Biol. Tihany* **24**, 323–333.

FORTINI, S. and M. E. VENEZIAN (1950): Some enzymatic system of *Arachis hypogaea*. — *Ann. Staz. Chimico-agr. Sperim. Roma, Ser. 3.* **33**, 1–16. (*Biol. Abst.* **28**, 927. 1954.)

GALSTON, A. W. (1951): Sur la relation entre la croissance des cultures de tissue végétal et leur teneur en catalase. — *C. R. Acad. Sci. Paris* **232**, 1505–1507.

GRAČANIN, M. (1926): Ein Beitrag zur Kenntnis der Katalasewirkung bei autotrophen Pflanzen. — *Biochem. Z.* **168**, 429–442.

GRAČANIN, M. (1927): Über das Verhältnis zwischen der Katalaseaktivität und der Samenvitalität. — *Biochem. Z.* **180**, 205–210.

GUSTAFSON, F. G., I. CLARK, D. A. SHAW and E. WARWEG (1932): Catalase activity in tomato fruits at different stages of their development. — *Plant Physiol.* **7**, 155–160.

HARDING, P. L. (1935): Physiological behavior of Grimes golden apples in storage. — *Iowa Agr. Expt. Sta. Res. Bull.* **182**, 317–352. (cit. ap. EZELL és GERHARDT 1938.)

HEINICKE, A. J. (1923): Factors influencing catalase activity in apple leaf tissue. — *N. Y. Cornell Agr. Expt. Sta. Mem.* **62**, 1–19. (cit. ap. POPE 1932.)

HERNDLHOFER, E. (1932): Eine kurze Orientierung über den Enzymgehalt der Kaffeepflanze. — *Biochem. Z.* **255**, 230–246.

JOHNSON, E. L. (1926): Effects of X-rays upon growth, development and oxidizing enzymes of *Helianthus annuus*. — *Bot. Gaz.* **32**, 373–402.

KING, C. J., E. D. EATON and C. HOPE (1934): Catalase activity in relation to age and viability of sclerotia of the cotton root-rot fungus. — *J. agric. Res.* **49**, 897–902.

KNOT, J. E. (1927): Catalase in relation to growth and to other changes in plant tissues. — *N. Y. Cornell Agr. Expt. Sta. Mem.* **106**, 1–63. (cit. ap. NELLER 1931.)

LANTZ, C. W. (1927): Respiration in corn with special reference to catalase. — *Amer. J. Bot.* **14**, 85–105.

MILLER, N. P., J. D. GUTHRIE and F. E. DENNY (1936): Induced changes in respiration rates and time relations in the changes in internal factors. — *Contrib. Boyce Thompson Inst.* **3**, 41–61. (cit. ap. EZELL és GERHARDT 1938.)

MOLLAND, J. (1947): Bacterial catalase. A contribution to the discussion of the anaerobic respiration. — *Acta path. scand. Suppl. Bd.* **66**, 1–165. (*Ber. wiss. Biol.* **65**, 425. 1949.)

MORGULIS, S. (1924): Die Katalase. — *Ergebn. Physiol.* **23**, Abt. 1, 308–367.



- MORINAGA, T. (1925): Catalase activity and the aerobic and anaerobic germination of rice. — *Bot. Gaz.* **79**, 73—84.
- NELLER, J. R. (1931): Relation of catalase activity to physiological breakdown in Jonathan apples. — *Plant Physiol.* **6**, 347—354.
- NELLER, J. R. (1931a): Effect of chlorates upon the catalase activity of the roots of bindweed. — *J. agric. Res.* **43**, 183—189.
- PARKER, J. (1952): Desiccation in conifer leaves: Anatomical changes and determination of the lethal level. — *Bot. Gaz.* **114**, 189—198.
- PATTANAİK, S. (1949): A comparative study of the catalase activity of the petals and leaves of *Hibiscus rosasinensis*. — *Curr. Sci.* **18**, 212—213. (*Ber. wiss. Biol.* **68**, 284. 1950.)
- PATTANAİK, S. (1950): The effect of boron on the catalase activity of rice plant. — *Curr. Sci.* **19**, 153—154. (*British Abst. A.* III. 1950, 1856.)
- POPE, M. N. (1932): Catalase activity in relation to the growth curve in barley. — *J. agric. Res.* **44**, 343—355.
- POPE, M. N. (1933): Catalase activity and respiration in the leaves of growing barley. — *J. agric. Res.* **46**, 35—40.
- RANJAN, S. and A. K. MALIK (1931): A study of the catalase reaction, with special reference to respiration in plants. — *New Phytol.* **30**, 355—381. (*Bot. Cbl.* **21**, 333. 1932.)
- RHINE, L. E. (1924): Divergence of catalase and respiration in germination. — *Bot. Gaz.* **78**, 46—67.
- RISCHKOW, V. L. und I. K. KARATSCHESKY (1933): Chlorophyllmangel und Enzymwirkung. I. Katalasewirkung bei Panaschierung und Mosaikkrankheit. — *Beitr. Biol. Pflanz.* **20**, 199—220.
- SELL, H. M., A. H. BEST, W. REUTHER and M. DROSDOFF (1948): Changes in chemical composition and biological activity of developing tung fruit with reference to oil synthesis. — *Plant Physiol.* **23**, 359—372.
- SHERMAN, H. (1921): Respiration of dormant seeds. — *Bot. Gaz.* **72**, 1—30.
- SHULL, C. A. and W. B. DAVIS (1923): Delayed germination and catalase activity in *Xanthium*. — *Bot. Gaz.* **75**, 268—281.
- STOUT, M. (1949): Relation of oxidation-reduction potential, respiration and catalase activity of reproductive development in sugar beets. — *Bot. Gaz.* **110**, 438—449.
- SUMMER, J. B. and G. F. SOMERS (1953): Chemistry and methods of enzymes. III. ed. Acad. Press, *New York*, 1—462.
- TYSON, J. (1930): Influence of soil conditions, fertilizer treatments and light intensity on growth, chemical composition and enzymic activities of sugar beets. — *Mich. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull.* **108**, 1—44. (cit. ap. EZELL és GERHARDT 1938.)
- WISCHNEWSKY, W. P. (1940): Die Qualität der Katalase in der Zuckerrübenwurzel und die Resistenz der Zuckerrübe gegenüber Schimmelfäule. — *Biochimica* **5**, 408—416. (*Ber. wiss. Biol.* **57**, 561. 1941.)
- YAKUSHIJI, E. (1933): Über die Katalase und ihre Rolle im Reaktionsmechanismus der Photosynthese. — *Acta Phytochim. (Tokyo)* **7**, 93—115. (*Ber. wiss. Biol.* **27**, 720. 1934.)
- YAMAFUJI, K., H. IMAGAWA und S. SUZUKI (1940): Über die Aktivierung der Katalase in der Hefezelle durch Chloroform und Toluol. — *Biochem. Z.* **304**, 266—270.
- YAMAFUJI, K., K. SO und K. NAGANO (1943): Über Atmung und Katalasewirkung beim viruskranken Zuckerrohr. — *Biochem. Z.* **315**, 405—410.

## ОПЫТЫ С РАСТИТЕЛЬНЫМ КАТАЛИЗОМ

### II. Обнаруживание различий обмена веществ путём измерения каталазной активности в пределах одного растения

Л. Й. М. Фельфёльди, Ф. Ж. Калько

#### Резюме

В предыдущих работах мы подробно занимались водным режимом различно приложенных листьев того же растения. Предполагаем, что между водоудержательной способностью и обменом веществ листа существует взаимоотношение (Фельфёльди 1955, 1956; Фельфёльди и др. 1956). Сделалась попытка характеристики метаболизма листьев различного возраста энзиматической активностью каталаза. Метод определения энзима изложен в прежней работе (Фельфёльди и Калько, 1956).



Во введении настоящей работы были с подробностью рассмотрены литература, относящаяся к связи между интенсивностью обмена веществ и каталазой активностью, а также литературные данные о листьях различного размещения.

Опытные результаты приведены в таблицах 1—4.

Таблица 1: Каталазовая активность различно приложенных листьев *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis* и *Portulaca oleracea*, выраженная в мг-ах ( $H_2O_2$ ) разложенного 1 г-ом живого веса листа в течение одной минуты. (Первая рубрика: число листьев снизу.)

Таблица 2: Каталазовая активность листьев различного местоположения. *Convolvulus arvensis* и *Portulaca oleracea* выраженная с константной скорости (k) реакции и разложения перекиси. (Первая рубрика: число листьев снизу.)

Таблица 3: Сравнение содержания сухого вещества и общего азота, транспирации и каталазой активности пяти растений с различным типом водного режима. (Рубрики: 1. Наименование растения; 2. Содержание сухого вещества в %-ах, определенное путём сушки при температуре  $105^\circ C$ ; 3. Общий азот в %-ах сухого вещества по методу Кьельдаля; 4. Транспирация по методу Иванова и Губера, 1 г воды: 1 г живого вещества: 1 минута; 5. Каталазовая активность в мг-ах  $H_2O_2$  — 1 г живого вещества: 1 минута; 6. Мг  $H_2O_2$ : 1 г сухого вещества: 1 минута; f: молодой, верхний; k: среднего возраста, средний; б: старый, нижний лист. Сухое вещество является средним значением по 5 параллельных опытов, транспирация по 4, и каталазовая активность по 3 параллельных опытов.)

Таблица 4: Сопоставление каталазой активности, содержания сухого вещества и общего азота в листьях сахарной свёклы различного возраста. (Рубрики: 1. Возраст листа; 2. Длина листа в см-ах; 3. Процент сухого вещества; 4. Общий азот в %-ах сухого вещества; 5. Каталазовая активность в мг-ах  $H_2O_2$  — 1 г живого веса — 1 мин.; 6. мг  $H_2O_2$  — 1 г сухого вещества — 1 мин; f: молодой, раскрывающийся; k: средний, среднего возраста; б: старый, нижний лист.)

Из данных таблиц можно установить следующее: наименьшая каталазовая активность была всегда измерена у старых, нижних листьев. Максимум же находится или в самых молодых, нежных, самых верхних, или же в зрелых листьях около середины, в зависимости от видовых особенностей. Вследствие иногда очень крайнего изменения активности, в пределах одного растения (или: на одном растении), одного листа, или смеси всех листьев, или же средней величины полученных значений нельзя применить для характеристики условий листового катализа растения. Наиболее надёжным способом является употребление всех, или по крайней мере трёх листьев (верхнего, среднего и нижнего).

Взаимоотношение между особенностями водного режима и каталазой активностью различно приложенных листьев характера не простого и не постоянного. В случае *Malva silvestris* способность транспирации и каталазовая активность — обратно-пропорциональные; в случае *Amaranthus* и *Chenopodium* обнаруживается параллельность (оба явления параллельные); в листьях *Polygonum* и *Taraxacum* же ни один из этих соотношений не встречается (см. таблицу 3). Поэтому каталазовая активность листьев разного размещения — комбинированно с другими признаками — является применимым сведением для характеристики биологического типа видов растений.

Между каталазой активностью и содержанием общего азота, в пределах одного вида в большинстве случаев встречается параллельность. Однако, в видах с листьями, содержащими много азота, каталазовая активность закономерно не оживленная (например, *Malva neglecta* в таблице 3). Между содержанием сухого вещества и выраженной разложением  $H_2O_2$  каталазой активностью связи не обнаруживается.

## EXPERIMENTS ON THE CATALASE ACTIVITY OF PLANTS

### II. Relation of catalase activity and changes of metabolism in different leaves of the same plant

L. J. M. Felföldy and Zs. F. Kalkó

#### Summary

The water relations of the variously inserted leaves of the same plant were discussed in detail in previous papers. According to the author's hypothesis there is a relation between water retaining capacity and metabolic activities of leaves (FELFÖLDY 1955, 1956; FELFÖLDY et al. 1956). The aim of the experiment was to characterize the



metabolism of leaves of different age by the activity of the catalase enzyme. The method applied for determining this enzyme is discussed in a previous paper of this volume (FELFÖLDY and KALKÓ 1957).

In the introduction a detailed survey is given of the literature dealing with the relation between intensity of metabolism and catalase activity as well as of the data published concerning leaves of different insertion.

The results of the experiments are summed up in *Tables 1—4*.

*Table 1*: Catalase activity of the variously inserted leaves of *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis* and *Portulaca oleracea* expressed in  $H_2O_2$  mgs consumed by 1 g fresh weight of leaf in 1 min. (First column: No. of leaf, counting upwards from the ground.)

*Table 2*: Catalase activity of variously inserted leaves of *Convolvulus arvensis* and *Portulaca oleracea* expressed by the coefficient of reaction velocity (k). First column: No. of leaf, counting upwards from the ground.)

*Table 3*: Comparison involving dry matter and total nitrogen content, transpiration and catalase activity of five plants of different water economy. (Columns: 1. Name of plant; 2. Dry matter content in %, determined by drying at 105 °C; 3. Total-N in dry matter %, according to KJELDAHL; 4. Transpiration capacity according to IVANOV and HUBER, water gms/1 g fresh weight/1 hour; 5. Catalase activity:  $H_2O_2$  mg/1 g fresh weight/1 min; 6.  $H_2O_2$  /1 g dry matter/ 1 min; f: young, upper leaves; k: middle-aged, medial leaves; ö: old leaves from the lower part of the plant. The data given are the means of 5 dry matter, 5 total-N, 4 transpiration and 3 catalase activity parallel measurements in every case.)

*Table 4*: Comparison involving catalase activity, dry matter and total-N content of sugar beet leaves of different age. (Columns: 1. Age of leaves; 2. Length of leaves in cm; 3. Dry matter content in %; 4. Total-N content as a percentage of dry matter; 5. Catalase activity expressed in  $H_2O_2$  mgs/1 g fresh weight/1 min; 6.  $H_2O_2$  mg /1 g dry matter/ 1 min; f: young, k: middle aged and ö: old leaves.)

The data in the Tables show that: Smallest catalase activity was always found in the old leaves taken from the lower part of the plant; catalase activity is always maximal either in the youngest, immature top leaves or in the mature medial leaves, depending on the specific characteristics of the plant.

However, because of the extreme changes in catalase activity on the same plant, neither the activity values of one leaf, nor those of the mixture of all leaves nor the mean of the values obtained can be used for the characterization of the "leaf-catalase" relations of the plant. The most exact proceeding is to use the data of all or at least three — upper, medial, lower — leaves.

The relation between the water economy and catalase activity of differently inserted leaves is neither simple nor of general validity. In the case of *Malva neglecta* the transpiration power is inversely proportional to catalase activity, while in the case of *Amaranthus* and *Chenopodium* the two phenomena are parallel, in fact in the leaves of *Polygonum* and *Taraxacum* neither of these relations can be established (*Table 3*). On the basis of these statements we may state that the catalase activity of differently inserted leaves, combined with other properties, are useful data for the physiological characterization of plant species.

In most cases there is a parallelism between catalase activity and total-N contents within one species. Species with leaves of high N content do not exhibit necessarily a vigorous catalase activity (e. g. *Malva neglecta* in *Table 3*).

No relation could be found between dry matter contents and catalase activity expressed by  $H_2O_2$  decomposition.