



MIKROALGA TÖRZSGYŰJTEMÉNYEK JELENTŐSÉGE ÉS REGIONÁLIS ELHELYEZKEDÉSE

¹MAKRA NÓRA -²BALÁZS ERVIN -³ÖRDÖG VINCE

¹Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Orvosi Mikrobiológiai Intézet,
Budapest

²Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Alkalmazott Genomikai
Osztály, Martonvásár

³Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Növénytudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÓ

A termelő ágazatokban egyre fontosabb szemponttá válik a fenntartható működés. A fenntartható mezőgazdaságban különösen jelentős és sokrétű szerep jut a mikroorganizmusoknak, azon belül is a fotoszintetizáló mikroalgáknak. A tudomány egyik fontos feladata a hasznos szervezetek felkutatása és megismerése. Ehhez az alapanyagot a mikrobiális génbankok szolgáltatják. A törzsgyűjtemény történet kezdeteinek felvázolása után összegyűjtöttük a világ algákkal foglalkozó génbankjait a World Federation for Culture Collections (WFCC) adatbázisa alapján. Kiemeltük a legfontosabb régiókat és gyűjteményeket, ahol algákat tartanak fenn. Végül áttekintettük a Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection felépítését, és a benne fenntartott törzseken ez idáig publikált kutatások típusait.

BEVEZETÉS

A Földön megjelenő első élőlények egyszerű felépítésű mikroorganizmusok voltak. Az évmilliók során sokat változtak, de a lényeg megmaradt: képesek egyetlen sejtben megvalósítani valamennyi anyagcsere folyamatukat, az élet továbbadását gyorsan és hatékonyan oldják meg, és sokan közülük extrém környezeti hatások között is életben maradnak. Mikroorganizmusok már évmilliókkal ezelőtt, nélkülünk is léteztek a Földön, a mi életünk viszont mára már elképzelhetetlen nélkülük. Ma a fenntartható mezőgazdaság egyik nagyon fontos alappillére képezik a hasznos mikroorganizmusok, gondoljunk csak a szennyezett talajok bioremediációjára, a mezőgazdasági kórokozó- és kártevő-ellenes vagy a növényi növekedésserkentő hatásukra. A környezeti problémákra a természet általában „kitermeli” a maga megoldásait. A mi feladatunk, hogy ezeket a megoldásokat felismerjük és hatékonyan alkalmazzuk.

A mikroorganizmusok egy különleges, a fotoszintézis képességével rendelkező csoportját algáknak nevezzük. Az algológusok negyed évszázaddal ezelőtt még klorofill-*a*-t tartalmazó, telepes, valódi gyökérre, szárra és levélre nem tagolódó növényeknek tekintették az algákat (Lee 1989). A megfogalmazásba beleértették a cianobaktériumokat is. Ma a cianobaktériumokat a prokariótákhoz soroljuk, amelyek sejtmagot, Golgi apparátust, endoplazmatikus retikulumot, mitokondriumot és szintesteket nem tartalmazó élőlények, míg az eukarióták mindezen sejtalkotókat tartalmazzák (Hoek *et al.* 1998). Manapság az alkalmazott algológia által használt mikroalga fogalom magában foglalja a mikroszkópikus méretű eukarióta algák különböző divízióit és az oxigéntermelő, fotoszintetikus baktériumokat, vagyis a cianobaktériumokat is (Tomaselli 2004).

Jelen áttekintéssel célunk az, hogy a kezdetek felvázolása után rávilágítsunk a mikroalga törzsgyűjtemények génbanki szerepére, az endemikus fajok gyűjtésének és megőrzésének jelentőségére. Táblázatos formában bemutatjuk a legnagyobb internetes törzsgyűjtemény adatbázisban fellelhető összes gyűjteményt, amely részben vagy egészben mikroalgákkal foglalkozik a világon. Végül röviden bemutatjuk Magyarország legjelentősebb mikroalga gyűjteményét, a mosonmagyaróvári algagyűjteményt (Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection - MACC).

A KEZDET

Az alkalmazott algológia, vagyis a mikroalga biotechnológia kezdetét 1890-től számítjuk, amikor Beijerinck az akkor használatos mikrobiológiai módszerekkel létrehozta az első baktériummentes (axénikus) *Chlorella* tenyészetet (Beijerinck 1890). A mikroalga biotechnológia az izolált mikroalgák tenyészetét törzstenyészetnek, ill. mikroalga törzsnak nevezi. Törzsek tömeges izolálását és fenntartását algagyűjteményekben Pringsheim az 1910-es években kezdte meg. Több gyűjteményben helyezte el az izolált mikroalga törzseket, pl. Halle/Saale-ban, Berlinben, Prágában, Cambridge-ben és Göttingenben (Mollenhauer 2004). A gyűjtemények köre azóta is egyre bővül, jelentőségük pedig növekszik.

A World Federation for Culture Collections (WFCC) nevű szervezet World Data Centre for Microorganisms Culture Collections Information Worldwide (WDCM CCInfo) adatbázisának 2020. január 6-i adatai szerint a világon összesen 789 ilyen gyűjteményt tartanak számon. Ezek nagy része kisméretű, speciális igényeket kielégítő, míg mások, főleg a nagy, állami gyűjtemények, az ipar és a kutatóintézetek számára szolgáltatnak alapanyagot. A mikroba gyűjtemények zöme nem a legnagyobb biodiverzitással rendelkező országokban található. Európa, annak ellenére, hogy kis méretéből, a trópusoktól való távolságából és a fajok terjedésének gátat szabó geológiai képződményeiből adódóan a többi kontinenshez képest alacsony biodiverzitással bír, a világ gyűjteményeinek 31%-át tudhatja magáénak (247 a 789-ből).

Jelenleg a kutatók a potenciális gazdasági értékkel rendelkező mikroalga fajok széles skáláját kutatják élelmiszerek, kozmetikumok, gyógyszerek, szennyvízkezelési módszerek, daganatellenes és baktériumellenes vegyületek kifejlesztése céljából. Alapvetően két lehetőség áll a biotechnológusok előtt: 1) előnyös tulajdonsággal rendelkező, vad törzsek szelektálása vagy 2) jól ismert törzsek felvértezése előnyös tulajdonságokkal molekuláris biológiai eljárások alkalmazásával. A genetikailag módosított mikroorganizmusokban komoly kihívást jelent a rekombináns plazmidok stabilizálása (Sieben *et al.* 2016). Az endemikus fajok ezzel szemben evolúciósan stabil termelő rendszerrel rendelkeznek, és a külföldi gyűjteményekből származó törzsekhez képest tökéletesen adaptálódtak a természetsterület klímájához. Így kevesebb befektetett energiát emészt fel a számukra optimális és steril környezet fenntartása.

Azon régiók számára, melyek nem tudnak, vagy nem akarnak a helyi fajok kutatására áldozni, nagy segítséget jelenthet a meglévő gyűjteményekben a törzs lelőhelyének minél pontosabb leírása. Ez segítheti a célnak potenciálisan leginkább megfelelő törzsek kiválasztását. Fontos továbbá a törzsgyűjteményben történő fenntartásnál a természetes élőhely fizikai és kémiai jellemzőinek ismerete, hogy az összeállított tápoldat okozta esetleges adaptív változásokat minimalizáljuk. A fagyasztva tárolás (krioprezerváció) egyszerű megoldást jelenthet erre a problémára, de a mikroalgák egészére még nem kidolgozott eljárás, hosszú távú hatásai még nem eléggé ismertek (*Kapoore et al.* 2019).

Az algákkal együtt élő szimbióták hatással lehetnek a produktivitásra (*Silva et al.* 2019). A kutatók még néhány évtizeddel ezelőtt is a természetes környezetéből kiemelt, axenikus körülmények között fenntartott törzsek használatára törekedtek, sőt ez volt az elvárás. Mára azonban már felmerült a kérdés, hogy a mikroalgákkal együtt élő más mikroszervezetek eltávolítása a rendszerből nem okozza-e számos kiváló alkalmazási lehetőség elvesztését? Működő ipari rendszerben, mesterségesen kell majd esetleg megoldani azt, amit a természetes rendszer költséghatékonyan megoldott volna. Fontos lenne tehát, hogy egy mintavételezés után minél több mikroszervezetet azonosítsunk és ezeket, mint összefüggő rendszereket is elemezzük.

ALGAGYŰJTEMÉNYEK VILÁGSZERTE

A világ mikrobiológiai gyűjteményeinek legnagyobb internetes adatbázisa a WDCM, de ez sem teljes, hiszen csak a szervezethez regisztrált gyűjteményekről találhatunk benne adatokat. A weboldalukon (URL 1) lehetőség van keresésre a gyűjtemények között. Az volt a célunk, hogy ebből, a bárki számára könnyedén hozzáférhető adatbázisból az összes olyan gyűjteményt összeszedjük egy táblázatba, melyben a WFCC kimutatása szerint akár egyetlen alगतörzs is fellelhető. A WFCC honlapján az „ALGAE a world catalogue of algal collections” adatbázis linkje (URL 2) többszöri próbálkozásra sem volt elérhető, pedig feltehetően nagyban megkönnyítette volna a világ algabankjainak áttekintését. Sajnos a WDCM CCInfo keresőjében sem volt lehetőség a fenntartott törzsek kategóriái szerint keresni, így egyetlen eszköz maradt: egyenként átnézni mind a 789 gyűjtemény információs adatlapját. Ez alapján készült el az 1., 2. és 3. táblázat, kontinensek szerint csoportosítva a gyűjteményeket.

Összesen 139 algákkal is foglalkozó gyűjteményt találtunk. Ezekben összesen 64520 alगतörzset tartanak nyilván, amelyek között természetesen akadnak átfedések, hiszen vannak szervezetek, melyek más gyűjtemények törzseinek fenntartásával, forgalmazásával is foglalkoznak, de az adatbázis nem alkalmas ezen átfedések tisztázására. A legtöbb algákkal is foglalkozó gyűjtemény Ázsiában található (59), de Európa a maga 53 gyűjteményével sem marad le túlságosan mögötte. Ráadásul a nyilvántartott alगतörzsek számában Európa messze megelőzi a többi kontinenst a maga 34438 törzsével. A legtöbb algákkal is foglalkozó gyűjtemény (12) Oroszországban található, viszont a legtöbb törzset (6995) az Amerikai Egyesült Államokban (U.S.A.) tartják nyilván. A legtöbb alगतörzset nyilvántartó gyűjtemény címén holtversenyben osztozik a kínai CMCC(B) és a portugál ACOI, mindkettő 4000 törzssel. Az amerikai kontinensen 4 országban található algát fenntartó gyűjtemények: a legtöbb Braziliában (7), viszont a legtöbb alga (6995) az Amerikai Egyesült Államokban (U.S.A.). Óceánia térségében két országban találtunk algákkal is foglalkozó gyűjteményeket. Ezek közül mind a gyűjtemények, mind az alगतörzsek számát tekintve Ausztrália kiemelkedő. Afrikában mindösszesen egy szenegáli gyűjtemény büszkélkedik alगतörzsek fenntartásával. Ázsiában 13 országban találtunk algákkal is foglalkozó gyűjteményeket, melyekből a legtöbb Thaiföldön található (11). A legtöbb nyilvántartott alगतörzs azonban Kínában található (5575). Európában 21 országban vannak alगतgyűjtemények, a legtöbb Oroszországban (12). Európában a legtöbb alगतörzset Franciaországban tartják nyilván (5877).

I.táblázat: Amerikai, Óceániai és Afrikai algakultúra-gyűjtemények a WFCC adatbázisalapján

Table 1: Algal culture collections of America, Oceania and Africa based on WFCC database

Number	Acronym	WDCM number	Country	Maintaining organization	Preservation methods	Number of algae strains	Availability of strains	Availability of online catalogue	Services
Amerika									
1.	UTEX	WDCM606	U.S.A.	1	6, 7	3061	10, 11, 12	+	15, 16, 17
2.	NCMA	WDCM2	U.S.A.	2+3	ni.	2799	12	+	15, 16, 17, 18
3.	ARC	WDCM1096	U.S.A.	1	6	718	12	+	ni.
4.	LUCC	WDCM1071	U.S.A.	1	6	250	10	-	15, 17
5.	LMS	WDCM530	U.S.A.	4	ni.	165	12	-	ni.
6.	NRRL	WDCM97	U.S.A.	2	7, 8	2	10, 11	+	17, 18
7.	CCMA-UFSCar	WDCM835	Brazília	1+2	6, 7	1620	10, 11, 12	-	16, 17
8.	BCCUSP	WDCM844	Brazília	1	6	215	10, 11	-	ni.
9.	IOUSP	WDCM728	Brazília	1	6	211	10, 12	-	15, 16
10.	LCF-FURG	WDCM1086	Brazília	1	6, 8	41	ni.	-	15, 16, 17
11.	CCMR	WDCM1214	Brazília	ni.	6, 7	40	ni.	-	ni.
12.	BCMD	WDCM1124	Brazília	1	6	35	ni.	-	16, 17
13.	CMAA	WDCM1149	Brazília	2	7	10	ni.	-	ni.
14.	CPCC vagy UTCC	WDCM605	Kanada	1	6, 7	396	11, 12	+	15, 16
15.	NEPCC	WDCM535	Kanada	1	ni.	340	11, 12	-	16, 17
16.	UAMH	WDCM73	Kanada	1	7, 8	4	12	+	15, 16, 17
17.	CCRI	WDCM861	Kanada	1	7, 8	1	12	-	ni.
18.	CM-CNRG	WDCM1006	Mexikó	2	6, 7, 8	20	10, 11	-	15, 17

Mikroalga törzsgyűjtemények jelentősége és regionális elhelyezkedése

19.	IIBM-UNAM	WDCM48	Mexikó	1	6	10	ni.	-	15, 17
20.	CDBB	WDCM500	Mexikó	2	7	5	10, 11, 12	-	15, 16, 17
21.	ITD	WDCM99	Mexikó	2	ni.	5	ni.	-	17
22.	INDRE	WDCM121	Mexikó	2	ni.	1	ni.	-	17
Óceánia									
1.	ANACC	WDCM532	Ausztrália	2	6	1460	10	-	15, 16, 17
2.	MUACC	WDCM598	Ausztrália	1	ni.	250	ni.	-	15, 17
3.	AMMRL	WDCM42	Ausztrália	2	ni.	10	12	-	16, 17
4.	CICCM	WDCM1042	Új-Zéland	5	6, 7	398	12	+	15, 16
Afrika									
1.	MAO	WDCM53	Szenegál	ni.	ni.	10	ni.	-	15, 16, 17

(A) number, (B) acronym, (C) WDCM number, (D) country, (E) maintaining organization: (1) university, (2) government, (2r) semi-government, (3) private, (4) industry, (5) institute, (F) preservation methods: (6) subculturing, (7) freezing, (8) drying, (9) else, (G) number of algae strains, (H) availability of strains: (10) free in cooperation, (11) exchange with other collections, (12) fee, (13) internal use only, (14) on request, (I) availability of online catalogue: (+) link on WDCM available, (-) link on WDCM not available, (J) services: (15) storage, (16) distribution, (17) identification, (18) patent deposits
(ni.) information in WDCM not available

2. táblázat: Ázsia algatörzset fenntartó gyűjteményei a WFCC adatbázisa alapján

Table 2: Algal culture collections of Asia based on WFCC database

Sor-szám	Rövidítés	Gyűjtemény neve	Ország	Fenntartó	Fenntartás módja	Kezelt algatörzsek	Törzsek elérhetősége	Online katalógus	Tevékenységi körök
Ázsia									
1.	MCC-UPLB	WDCM39	Fülöp-szigetek	1	6	235	ni.	-	16, 17
2.	DBUP	WDCM444	Fülöp-szigetek	1	ni.	20	ni.	-	17
3.	PNCM-BIOTECH	WDCM620	Fülöp-szigetek	1	6	15	12	-	15, 16, 17
4.	ITDI	WDCM503	Fülöp-szigetek	2	ni.	1		-	16
5.	BDU	WDCM976	India	1+5	6	290	10	-	15, 16, 17
6.	NAIMCC	WDCM1060	India	2	6	246	10, 11, 12	+	15, 16, 17
7.	VBCCA	WDCM931	India	1	6	50	11	-	ni.
8.	GCC	WDCM1165	India	ni.	6	20	10	-	17
9.	NCIM	WDCM3	India	2	6	20	10, 11, 12	-	18, 15, 16, 17
10.	CM	WDCM1033	India	1+2+3	6	9	11	-	15
11.	MPKV	WDCM448	India	1	ni.	3	ni.	-	ni.
12.	UMFFTD	WDCM562	India	1	ni.	3	ni.	-	ni.
13.	ICBB	WDCM842	Indonézia	3	6, 7	20	12	+	15, 16, 17
14.	ITBCC	WDCM44	Indonézia	1	ni.	12	ni.	-	15, 16
15.	ISRI	WDCM630	Indonézia	2	ni.	10	ni.	-	15, 17
16.	ICEBB	WDCM1215	Indonézia	1	6, 7	8	ni.	-	15, 16, 17, 18
17.	BTCC	WDCM632	Indonézia	2	ni.	7	ni.	-	15, 17
18.	i3LCC	WDCM1137	Indonézia	1+3	7	2	10, 11, 12	-	15, 16, 17
19.	IBRC	WDCM950	Irán	2r	6, 7, 8	157	11, 12	-	15, 16, 17
20.	ACC	WDCM1112	Irán	ni.	ni.	41	ni.	-	ni.
21.	CCATM	WDCM1224	Irán	1	ni.	22	ni.	-	17
22.	ABRIICC	WDCM843	Irán	2	7, 8	10	ni.	-	ni.
23.	PTCCI	WDCM124	Irán	2	6, 7, 8	5	11, 12	+	15, 16, 17
24.	NIES	WDCM591	Japán	2r	6, 7	2841	10, 12	-	16
25.	MBIC	WDCM831	Japán	4	6, 7	1000	12	+	16, 17
26.	NBRC	WDCM825	Japán	2r	6, 7	635	11, 12	+	15, 16

Mikroalga törzsgyűjtemények jelentősége és regionális elhelyezkedése

27.	NKC	WDCM1078	Japán	1	6	550	ni.	-	ni.
28.	IAM	WDCM190	Japán	1	6, 7, 8	457	10	+	16
29.	JCM	WDCM567	Japán	2r	7, 8	26	11, 12	+	16
30.	CMCC(B)	WDCM123	Kína	2	ni.	4000	ni.	-	15, 16
31.	FACHB	WDCM873	Kína	2+5	6, 7	1138	10, 11, 12	+	16, 17
32.	CCTCC	WDCM611	Kína	2	6, 7, 8	214	10, 11, 12	-	15, 16, 17, 18
33.	CMBGCAS	WDCM794	Kína	2	6, 8	138	11	-	15, 16, 17
34.	HGMCC	WDCM1175	Kína	ni.	7	50	ni.	-	ni.
35.	CMM-RNAM	WDCM1011	Kína	2	8, 7	30	ni.	-	ni.
36.	SYSU	WDCM1176	Kína	1+2	6, 7, 8	5	10, 11, 12	-	15, 16, 17
37.	KCTC	WDCM597	Korea	2r	6	1313	11, 12	-	15, 16, 17, 18
38.	KMMCC	WDCM894	Korea	1	6, 7	1299	11, 12	-	15, 16, 17
39.	NIBR	WDCM1116	Korea	2	6	872	ni.	-	15, 16, 17
40.	DBUM;IPT	WDCM765	Malajzia	1	ni.	300	ni.	-	ni.
41.	UMACC	WDCM1059	Malajzia	1	6, 7, 8	224	10, 11, 12	-	15, 16, 17, 18
42.	MACC	WDCM1150	Malajzia	1	8, 9	52	ni.	-	ni.
43.	UKMCC	WDCM1138	Malajzia	1	6, 7, 8	1	ni.	-	15, 16, 17
44.	MCC-MN	WDCM1144	Mongólia	2	ni.	100	ni.	-	ni.
45.	PTCC	WDCM753	Pakisztán	2r	ni.	20	ni.	-	15, 16, 17
46.	MBPCMD	WDCM1123	Pakisztán	1	6, 7	5	10, 11, 12	-	15, 16, 17
47.	UJB	WDCM619	Srí Lanka	1		5	ni.	-	15, 16, 17
48.	TISTR	WDCM383	Thaiföld	2r	6	559	12	-	15, 16, 17, 18
49.	ALEC	WDCM1218	Thaiföld	2r	6, 7	500	ni.	-	16, 17
50.	IFRPD	WDCM676	Thaiföld	1+2	ni.	200	ni.	-	ni.
51.	MSCMU	WDCM692	Thaiföld	2	6	173	12	-	15
52.	MBMU	WDCM665	Thaiföld	1	6, 7	16	ni.	-	15
53.	BSMB	WDCM491	Thaiföld	2	ni.	15	ni.	-	17
54.	SMRG	WDCM703	Thaiföld	2	ni.	15	ni.	-	ni.
55.	DBKKU2	WDCM688	Thaiföld	2	ni.	10	ni.	-	ni.
56.	ABKMI	WDCM698	Thaiföld	1+2	ni.	8	10, 11, 12	-	ni.
57.	KCCC	WDCM969	Thaiföld	3+4	6	2	12	-	17

MAKRA N. - BALÁZS E. - ÖRDÖG V.

58.	DMMU3	WDCM668	Thaiföld	1+2	6, 7	1	ni.	-	15, 16, 17
59.	VCCM	WDCM1095	Vietnám	2	6, 7, 8	25	11	-	15, 16, 17, 18

Fenntartó: (1) egyetem, (2) állam, (2r) részben az állam, (3) magán, (4) ipar, (5) kutatóintézet. Megőrzési módszerek: (6) tenyésztés, (7) fagyasztás, (8) szárítás, (9) egyéb módszer. Törzsek elérhetősége: (10) együttműködő partnereknek ingyenes, (11) gyűjtemények közötti csere, (12) vásárlás, (13) belső használatra, (14) kérésre. Tevékenységi körök: (15) tárolás, (16) forgalmazás, (17) azonosítás, (18) törzsgyűjtemény fenntartás. Online katalógus: (+) van elérhető link a WFCC adatbázisban, (-) nincs elérhető link a WFCC adatbázisban. (ni.) a WFCC adatbázisban nincs erre vonatkozó információ.

3. táblázat: Európa alगतörzset fenntartó gyűjteményei a WFCC adatbázisa alapján
Table 3: Algal culture collections of Europe based on WFCC database

Sorszám	Rövidítés	Gyűjtemény neve	Ország	Fenntartó	Fenntartás módja	Kezelt alगतörzsek száma	Törzsek elérhetősége	Online katalógus	Tevékenység körök	ECCO
Európa										
1.	ASIB	WDCM505	Ausztria	1	ni.	1570	10, 12	-	ni.	
2.	BCCM/ DCG	WDCM1039	Belgium	2	6, 7	434	10, 12	+	15, 16	✓
3.	BCCM/ ULC	WDCM982	Belgium	2	6, 7	221	12	+	15, 16, 17	✓
4.	ACUS	WDCM965	Bulgária	1	6	125	10, 11, 12	-	ni.	
5.	CCALA	WDCM905	Cseh-ország	5	6, 7, 9	844	10, 11, 12	+	17, 18	
6.	CAUP	WDCM486	Cseh-ország	1	6, 7	252	11, 12	+	15, 16, 17	
7.	SCCAP	WDCM935	Dánia	1	6	2065	12	+	ni.	✓
8.	CCAP	WDCM522	Egy. Királyság	2r	6, 7	2500	11, 12	-	15, 16, 17, 18	✓
9.	PLY	WDCM128	Egy. Királyság	3	6, 7	402	10	-	16	
10.	PHBL	WDCM508	Egy. Királyság	4	ni.	20	ni.	-	ni.	
11.	HAMBI	WDCM779	Finn-ország	1	6, 7, 8	1000	11, 12	-	15, 16, 17	
12.	RCC	WDCM829	Francia-ország	2	6, 7	3570	10, 11, 12	+	15, 16, 17	✓
13.	ALCP	WDCM792	Francia-ország	2	6	600	12	-	15, 16, 17, 18	
14.	PCC	WDCM481	Francia-ország	3+4	ni.	500	11, 12	-	18	✓
15.	ALGOBANK	WDCM796	Francia-ország	1	6	490	12	+	15, 16, 17, 18	

Mikroalga törzsgyűjtemények jelentősége és regionális elhelyezkedése

16.	TCC	WDCM1030	Francia-ország	1+2	6	445	12	+	ni.	
17.	NCC	WDCM856	Francia-ország	1	6, 9	272	10, 12	-	15, 16, 17, 18	
18.	TAU-MAC	WDCM1156	Görög-ország	1	6, 8	85	ni.	-	ni.	✓
19.	CCBA	WDCM914	Lengyel-ország	1	6	230	10, 11, 12	-	15, 17	
20.	SAG	WDCM192	Német-ország	1	6, 7	2269	10, 12	+	16	✓
21.	CCAC	WDCM807	Német-ország	1	6	2061	12	+	15, 17	✓
22.	MZCH-SVCK	WDCM480	Német-ország	1	6	636	10, 11	+	15, 16	
23.	CCCryo	WDCM940	Német-ország	5	6, 7	454	11, 12	+	15, 17	
24.	NIVA CCA vagy NORCCA	WDCM498	Norvégia	2r	6	1118	13	-	16, 17	✓
25.	ACUF	WDCM1074	Olasz-ország	1	6	580	ni.	-	ni.	
26.	COSMI	WDCM1209	Olasz-ország	2	6	136	ni.	+	16	
27.	CSMA	WDCM147	Olasz-ország	1+2	ni.	127	ni.	-	17	
28.	CSC-CLCH	WDCM631	Olasz-ország	2	6, 7	30	11, 12	+	15, 16, 17, 18	
29.	ISE-FI	WDCM1098	Olasz-ország	5	6	30	10, 11, 12	-	15, 16, 17	
30.	MUT	WDCM924	Olasz-ország	1	6, 7, 8	2	11, 12	-	15, 16, 17	✓
31.	BCAC	WDCM1023	Orosz-ország	1	6	1220	10, 11, 12	-	16, 17	
32.	CALU	WDCM461	Orosz-ország	1	6	929	10, 11	-	16, 17	
33.	PGC	WDCM641	Orosz-ország	1+2	ni.	700	ni.	-	16	
34.	BOROK	WDCM602	Orosz-ország	5	6	500	14	+	15	
35.	CCCS	WDCM1024	Orosz-ország	1+2	6	400	10	-	15, 16, 17, 18	
36.	IPPAS	WDCM596	Orosz-ország	2	6, 7	300	ni.	-	15, 16, 18	✓
37.	ACSSI	WDCM1132	Orosz-ország	5	6	258	10, 11, 12	+	15, 17	
38.	SYKOA	WDCM1125	Orosz-ország	2	6	200	10, 11, 12	+	15, 17, 18	
39.	ACCS	WDCM936	Orosz-ország	1	6	90	ni.	-	ni.	
40.	MSUALGDMA	WDCM1166	Orosz-ország	1	6	67	ni.	-	17	
41.	IBSS	WDCM1201	Orosz-ország	1+2	6	60	ni.	-	16	
42.	RC CCM	WDCM1171	Orosz-ország	1	6	28	ni.	-	ni.	
43.	MDC	WDCM803	Örmény-ország	2	6, 7, 8	20	11, 12	-	ni.	
44.	ACOI	WDCM906	Portugália	1	6, 7	4000	12	+	16	

MAKRA N. - BALÁZS E. - ÖRDÖG V.

45.	LEGE	WDCM1089	Portugália	1+5	6	380	ni.	-	ni.	
46.	BEA	WDCM837	Spanyol-ország	1	6, 7	895	12	+	15, 16, 18	✓
47.	CCOS	WDCM944	Svájc	1+3	6, 7, 8	15	12	-	15, 16, 17	✓
48.	DGUB	WDCM657	Szlovákia	1	7	120	10, 12	-	ni.	
49.	EGE-MACC	WDCM845	Török-ország	1	6, 7	43	ni.	-	18, 15, 17	
50.	Soley	WDCM979	Török-ország	5	ni.	ni.	ni.	-	ni.	
51.	ACKU	WDCM994	Ukrajna	1	6, 8	1023	11, 12	-	15, 17	
52.	CAMU	WDCM1158	Ukrajna	1	6	100	ni.	-	17	
53.	CWU-MACC	WDCM886	Ukrajna	1	6, 7	22	10, 11	-	15, 16, 17	

Fenntartó: (1) egyetem, (2) állam, (2r) részben az állam, (3) magán, (4) ipar, (5) kutatóintézet. Megőrzési módszerek: (6) tenyésztés, (7) fagyasztás, (8) szárítás, (9) egyéb módszer. Törzsek elérhetősége: (10) együttműködő partnereknek ingyenes, (11) gyűjtemények közötti csere, (12) vásárlás, (13) belső használatra, (14) kérésre. Tevékenységi körök: (15) tárolás, (16) forgalmazás, (17) azonosítás, (18) törzsgyűjtemény fenntartás. Online katalógus: (+) van elérhető link a WFCC adatbázisban, (-) nincs elérhető link a WFCC adatbázisban. ECCO: (✓) az ECCO adatbázisban is megtalálható gyűjtemény. (ni.) a WFCC adatbázisban nincs erre vonatkozó információ.

ALGAGYŰJTEMÉNYEK MAGYARORSZÁGON

A WFCC nyilvántartásában 8 magyar mikrobiológiai gyűjtemény szerepel, de egyikben sem jegyeznek alगतörzseket. A világhálón történő kereséssel azonban találhatunk algagyűjteményeket Magyarországon is. Az Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézet Általános Limnológiai Kutatócsoportja tartja fenn az Algal Culture Tihany elnevezésű törzsgyűjteményt (URL 3). A Magyar Természettudományi Múzeum Növénytárában van egy kizárólag preparátumokból álló Algagyűjtemény (URL 4). A Debreceni Egyetem Hidrobiológiai Tanszékén is található egy alगतörzs gyűjtemény (Algal Culture Collection, Department of Hydrobiology, University of Debrecen) (URL 5). A legbővebb információ azonban a Széchenyi István Egyetem Növénytudományi Tanszékén található Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection (MACC) elnevezésű gyűjteményről áll rendelkezésre (URL 6).

AZ MACC BEMUTATÁSA

Az MACC a nagy nyilvánosság számára nem elérhető, az itt fenntartott törzsek kizárólag hazai és nemzetközi kutatási együttműködések keretében érhetők el. Ennél fogva a gyűjteményről részletesebb adatok is csak a fenntartók illetve a kutatási projektekben résztvevők publikációiból ismerhetők meg. Doktori értekezésében *Ördög* (2014) részletesen bemutatja a mosonmagyaróvári gyűjteményt. A gyűjtemény kialakítása 1995-ben kezdődött két külföldi vállalat támogatásával. A cégek profiljának megfelelően, elsősorban a gyógyszeripari és mezőgazdasági potenciált rejtő törzsek összegyűjtése volt a cél. Nagy hangsúlyt fektettek a talaj különböző rétegeiből gyűjtött mintákból származó ún. talajalgákra. Összesen 970 mikroalgát tartanak fenn az MACC-ben, melyből 382 édesvízi, 588 pedig talajalga. Saját izolálású 505 és más gyűjteményből beszerzett 465 törzs tenyészetének folyamatos fenntartását biztosítják a gyűjtemény munkatársai. A törzsek 29%-a cianobaktérium, a többi eukarióta alga.

A gyűjtemény létrehozásánál nem annyira a taxonómiai sokszínűség, mint inkább a jól szaporodó törzsek összegyűjtése és fenntartása volt az elsődleges cél. Ez a törzsek későbbi tömegtermesztésénél igen előnyös tulajdonság. A fenntartott cianobaktériumok zöme a Nostocales rendbe, a zöldalgák pedig főleg a Chlorophyceae és Trebouxiophyceae osztályba tartoznak. A 970 mikroalga törzs összesen 134 nemzetséget és 315 fajt képvisel. Az MACC Európa tizenharmadik legnagyobb gyűjteménye, a talajalgák száma szerint pedig a harmadik legnagyobb.

Az MACC különös értékét adják a törzsek kutatásával nyert eredmények. Az elmúlt 25 évben sokoldalú kutató munkát végeztek az MACC törzseinek felhasználásával. A legtöbbet Stirk és munkatársai publikálták a mikroalgákban található növényi növekedési hormonokkal kapcsolatos eredményeikről (*Stirk et al.* 1999, 2002, 2011, 2013/1, 2013/2, 2014, 2018 és 2019; *Ördög et al.* 2004/2). Ezek az eredmények segíthetik a magasabb rendű növények hormonális folyamatainak megértését, valamint a növényi biostimuláns mikroalgák kiválasztását és tenyésztési körülményeinek optimalizálását is. Nemrégiben a sejtfeltérési módszerek bioaktív komponensekre gyakorolt hatásáról is megjelentettek egy tanulmányt (*Stirk et al.* 2020). *Ördög* és munkatársai több száz törzset vizsgáltak meg biotesztek segítségével, növényi növekedésszabályozó hatású vegyületeket és az azokat termelő törzseket keresve (*Ördög* 2014). Ezek a törzsek alkalmasak lehetnek biostimuláns készítmények

előállítására a mezőgazdaság számára. Ebben a témában szabadföldi kísérleteket is végeztek (Mogor et al. 2018; Takács et al. 2019; Tóth et al. 2019).

Ördög és munkatársai 197 MACC törzset tesztelve találtak ígéretesnek tűnő törzseket tumor- és mikróbaellenes hatásuk miatt (Ördög et al. 2004/1). Lakatos és munkatársai baktérium-alga konzorciumok biohidrogén termelését vizsgálták mosonmagyaróvári zöldalga törzsek felhasználásával (Lakatos et al. 2014 és 2017). Rétfalvi és munkatársai pedig a szubsztrátösszetétel metántermelésre gyakorolt hatását tanulmányozták az MACC egyik *Chlorella* törzsen (Rétfalvi et al. 2016). A tenyésztési körülmények (nitrogén koncentráció, hőmérséklet, tenyészet kora) hatását a produktivitásra számos kísérletben vizsgálták (Ördög et al. 2012, 2013 és 2016; Aremu et al. 2014, 2015 és 2016). Az utóbbi években elindult a törzsek molekuláris taxonómiai módszerekkel történő azonosítása is, mely a korábbi, tisztán morfológiai alapú klasszifikáció pontosításában nyújt segítséget (Horváth et al. 2019, Katona et al. 2019, Makra et al. 2019).

IMPORTANCE AND REGIONAL LOCATION OF MICROALGAE STRAIN COLLECTIONS

¹NÓRA MAKRA – ²ERVIN BALÁZS - ³VINCE ÖRDÖG

¹Semmelweis University, Faculty of Medicine, Department of Medical Microbiology,
Budapest

²Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute, Applied Genomics
Department, Martonvásár

³Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Plant Sciences, Department of
Plant Sciences, Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Sustainability become an increasingly important aspect in productive sectors. Microorganisms, especially photosynthesizing microalgae, play a particularly important and diverse role in sustainable agriculture. One of the most important tasks of science is

to discover and analyze useful organisms. The microbial gene banks provide the starting material for this. After sketching the beginning of the strain collection's history, we've collected the world's algae gene banks from the World Federation for Culture Collections (WFCC) database. We highlighted the most important regions and collections where algae are maintained. Finally, we reviewed the structure of Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection, and the types of research with MACC strains, that have been published so far.

IRODALOM

Aremu, A. O. - Masondo, N. A. - Stirk, W. A. - Ördög V. - van Staden, J. (2014): Influence of culture age on the phytochemical content and pharmacological activities of five *Scenedesmus* strains. *Journal of Applied Phycology*. **26**, (1) 407-415

Aremu, A. O. - Neményi M. - Stirk, W. A. - Ördög V. (2015): Manipulation of nitrogen levels and mode of cultivation are viable methods to improve the lipid, fatty acids, phytochemical content, and bioactivities in *Chlorella minutissima*. *Journal of Phycology*. **51**, (4) 659-669

Aremu, A. O. - Masondo, N. A. - Molnár Z. - Stirk, W. A. - Ördög V. - van Staden, J. (2016): Changes in phytochemical content and pharmacological activities of three *Chlorella* strains grown in different nitrogen conditions. *Journal of Applied Phycology*. **28**, (1) 149-159

Beijerinck, M.W. (1890): Kulturversuche mit Zoochlorellen Lichenogonidien und anderen niederen Algen. *Bot.Z.* **48**, 725

Hoek, C. van den – Man, D.G. – Jahns, H.M. (1998): An introduction to phycology. Cambridge University Press, 627

Horváth N. - Katona Sz. - Berthold, D. E. - Molnár Z. - Bálint P. - Ördög V. - Pap B. - Maróti G. - Bánáti F. - Szenthe K. - Vörös L. - Kilgore, C. - Laughinghouse, H. D. (2019): The reclassification of 37 strains from The Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection, Hungary, which were previously identified as *Anabaena* (Cyanobacteria, Nostocaceae). *South African Journal of Botany*. **123**, 333-340

Kapoor, R. V. - Huete-Ortega, M. - Day, J. G. - Okurowska, K. - Slocombe, S. P. - Stanley, M. S. - Vaidyanathan, S. (2019): Effects of cryopreservation on viability and

functional stability of an industrially relevant alga. *Scientific Reports*. **9**, Article number: 2093

Katona Sz. - Horváth N. - Berthold, D. E. - Molnár Z. - Bálint P. - Ördög V. - Pap B. - Maróti G. - Bánáti F. - Szenthe K. - Vörös L. - Kilgore, C. - Laughinghouse, H. D. (2019): Phylogenetic re-evaluation of previously identified *Chlamydomonas* (Chlorophyta, Chlamydomonadaceae) strains from The Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection, Hungary, using molecular data. *South African Journal of Botany*. **125**, 16-23.

Lakatos G. - Deák Zs. - Vass I. - Rétfalvi T. - Rozgonyi Sz. - Rákhely G. - Ördög V. - Kondorosi É. - Maróti G. (2014): Bacterial symbionts enhance photo-fermentative hydrogen evolution of *Chlamydomonas* algae. *Green Chemistry*. **16**, (11) 4716-4727

Lakatos G. - Balogh D. - Farkas A. - Ördög V. - Nagy P. T. - Bíró T. - Maróti G. (2017): Factors influencing algal photobiohydrogen production in algal-bacterial co-cultures. *Algal Research – Biomass Biofuels and Bioproducts*. **28**, 161-171

Lee, R.E. (1989): *Phycology*. Second Edition, Cambridge University Press, 645

Makra, N. – Gell, G. – Juhász, A. – Soós, V. – Kiss, T. – Molnár, Z. – Vörös, L. – Balázs, E. (2019): Molecular taxonomic evaluation of *Anabaena* and *Nostoc* strains from the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection. *South African Journal of Botany*. **124**, 80-86

Mogor, A. F. - Ördög V. - Lima, G. P. P. - Molnár Z. - Mogor, G. (2018): Biostimulant properties of cyanobacterial hydrolysate related to polyamines. *Journal of Applied Phycology*. **30**, (1) 453-460

Mollenhauer, D. (2004): Historical aspects of culturing microalgae in Central Europe and the impact of Ernst Georg Pringsheim, a pioneer in algal culture collections. *Nova Hedwigia*, **79**, (1-2) 1-26

Ördög V. (2014): Mikroalgák biotechnológiai alkalmazása a növénytermesztésben és növényvédelemben. Doktori értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növénybiológiai Intézet, Mosonmagyaróvár

Ördög V. - Stirk, W. A. - Lenobel, R. - Bancirova, M. - Strnad, M. - van Staden, J. - Szigeti J. - Németh L. (2004/1): Screening microalgae for some potentially useful agricultural and pharmaceutical secondary metabolites. *Journal of Applied Phycology*. **16**, (4) 309-314

- Ördög V. - Stirk, W. A. - van Staden, J. - Novak, O. - Strnad, M. (2004/2): Endogenous cytokinins in three genera of microalgae from the chlorophyta. *Journal of Phycology*. **40**, (1) 88-95
- Ördög V. - Stirk, W. A. - Bálint P. - van Staden, J. - Lovász Cs. (2012): Changes in lipid, protein and pigment concentrations in nitrogen-stressed *Chlorella minutissima* cultures. *Journal of Applied Phycology*. **24**, (4) 907-914
- Ördög V. - Stirk, W. A. - Bálint P. - Lovász Cs. - Pulz, O. - van Staden, J. (2013): Lipid productivity and fatty acid composition in *Chlorella* and *Scenedesmus* strains grown in nitrogen-stressed conditions. *Journal of Applied Phycology*. **25**, (1) 233-243
- Ördög V. - Stirk, W. A. - Bálint P. - Aremu, A. O. - Okem, A. - Lovász Cs. - Molnár Z. - van Staden, J. (2016): Effect of temperature and nitrogen concentration on lipid productivity and fatty acid composition in three *Chlorella* strains. *Algal Research – Biomass Biofuels and Bioproducts*. **16**, 141-149
- Rétfalvi T. - Szabó P. – Tukacs-Hájos A. - Albert L. - Kovács A. - Milics G. - Neményi M. - Lakatos E. - Ördög V. (2016): Effect of co-substrate feeding on methane yield of anaerobic digestion of *Chlorella vulgaris*. *Journal of Applied Phycology*. **28**, (5) 2741-2752
- Sieben, M. - Steinhorn, G. - Muller, C. - Fuchs, S. - Chin, L. A. - Regestein, L. - Buchs, J. (2016): Testing Plasmid Stability of *Escherichia coli* Using the Continuously Operated Shaken BIOreactor System. *Biotechnology Progress*. **32**, (6) 1418-1425
- Silva, S. B. - Padua, R. M. - Barbosa, F. A. R. - Silva, M. A. N. - Azevedo, F. R. - Magalhaes, S. M. S. (2019): Phytoplankton Cultures for Tannin Biodegradation. *Water Air and Soil Pollution*. **230**, (7) Article number: 170
- Stirk, W. A. - Ördög V. - van Staden, J. (1999): Identification of the cytokinin isopentenyladenine in a strain of *Arthrocnemum africanum* (Cyanobacteria). *Journal of Phycology*. **35**, (1) 89-92
- Stirk, W. A. - Ördög V. - van Staden, J. - Jäger K. (2002): Cytokinin- and auxin-like activity in Cyanophyta and microalgae. *Journal of Applied Phycology*. **14**, (3) 215-221
- Stirk, W. A. - van Staden, J. - Novak, O. - Dolezal, K. - Strnad, M. - Dobrev, P. I. - Sipos Gy. - Ördög V. - Bálint P. (2011): Changes in endogenous cytokinin concentrations in *Chlorella* (Chlorophyceae) in relation to light and cell cycle. *Journal of Phycology*. **47**, (2) 291-301

Stirk, W. A. – Bálint P. - Tarkowska, D. - Novak, O. - Strnad, M. - Ördög V. - van Staden, J. (2013/1): Hormone profiles in microalgae: Gibberellins and brassinosteroids. *Plant Physiology and Biochemistry*. **70**, 348-353

Stirk, W. A. - Ördög V. - Novak, O. - Rolcik, J. - Strnad, M. - Bálint P. - van Staden, J. (2013/2): Auxin and cytokinin relationships in 24 microalgal strains. *Journal of Phycology*. **49**, (3) 459-467

Stirk, W. A. - Bálint P. - Tarkowska, D. - Novak, O. - Maróti G. - Ljung, K. - Tureckova, V. - Strnad, M. – Ördög V. - van Staden, J. (2014): Effect of light on growth and endogenous hormones in *Chlorella minutissima* (Trebouxiophyceae). *Plant Physiology and Biochemistry*. **79**, 66-76

Stirk, W. A. - Bálint P. - Tarkowska, D. - Strnad, M. - van Staden, J. - Ördög V. (2018): Endogenous brassinosteroids in microalgae exposed to salt and low temperature stress. *European Journal of Phycology*. **53**, (3) 273-279

Stirk, W. A. - Tarkowska, D. - Gruz, J. - Strnad, M. - Ördög V. - van Staden, J. (2019): Effect of gibberellins on growth and biochemical constituents in *Chlorella minutissima* (Trebouxiophyceae). *South African Journal of Botany*. **126**, 92-98

Stirk, W.A. - Bálint P. - Vambe, M. - Lovász Cs. - Molnár Z. - van Staden, J. - Ördög V. (2020): Effect of cell disruption methods on the extraction of bioactive metabolites from microalgal biomass. *Journal of Biotechnology*. **307**, 35-43

Takács G. - Stirk, W.A. - Gergely I. - Molnár Z. - van Staden, J. - Ördög V. (2019): Biostimulating effects of the cyanobacterium *Nostoc piscinale* on winter wheat in field experiments. *South African Journal of Botany*. **126**, 99-106

Tomaselli, L. (2004): The microalgal cell. In: *Richmond, A. (szerk.): Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Blackwell Science Ltd., United Kingdom

Tóth, J. – Gergely, I. – Berzsényi, Z. – Ördög, V. (2019): Influence of *Nostoc entophyllum* and *Tetracystis* sp. on winter survival of rapeseed. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, **9**, (4):251-271

Internetes hivatkozások

URL 1

World Data Centre for Microorganisms Culture Collections Information Worldwide
<http://www.wfcc.info/ccinfo/home/>

(2020. 01.06.)

URL 2

Microbiological site in the homepage of World Federation for Culture Collections

http://wcdm.nig.ac.jp/simple_search.html

(2020. 01.06.)

URL 3

Ökológiai Kutatóközpont - Balatoni Limnológiai Intézet - Általános Limnológiai Kutatócsoport

https://www.okologia.mta.hu/BLI_Hidrobotanikai_kutato csoport

(2020. 01.08.)

URL 4

Magyar Természettudományi Múzeum - Növénytar - Algagyűjtemény

<http://www.nhmus.hu/hu/gyujtemenyek/novenytar/algagyujtemeny>

(2020. 01.08.)

URL 5

Novák Z. – Szemán A. – Jánószky M. – Nagy S. A. – Bácsi I. (2014): A *Desmodesmus communis* zöldalga rézzel szembeni érzékenységének és réz-akkumulációjának jellemzése. Hidrológiai Közlöny. 94, 70-73

http://real.mtak.hu/26783/1/Novak_etal_HK_2014.pdf

(2020. 01.08.)

URL 6

Széchenyi István Egyetem – Növénybiológiai Tanszék

https://plantbio.sze.hu/en_GB/mosonmagyarovar-algal-culture-collection

(2020. 01.08.)

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Makra Nóra

Semmelweis Egyetem, Orvosi Mikrobiológiai Intézet

1085 Budapest, Üllői út 26.

E-mail cím: makra.nora@med.semmelweis-univ.hu