

**MAGYAR ÁLLAMI
EÖTVÖS ÖSZTÖNDÍJ
ÖSSZEFOGLALÓ JELENTÉS**

A hexaploid afrikai csucсор eredete és evolúciója

Dr. Poczai Péter

Fogadó személy: Prof Eric Schranz
Wageningen Egyetem és Kutatóközpont,
Bioszisztematika Csoport, Wageninen, Hollandia

Wageningen, Hollandia
2021/2022

1. Mik voltak a kutatási projekt célkitűzései? Miért fontos a kutatási projekt?

Ebben a projektben a *S. scabrum* és mind a 19 óvilági rokon faj plazsztisz- és mitokondriális genomjának teljes szekvenciáját kívántuk megállapítani. Célunk volt, hogy elemezzük az organelláris genomok szerveződését és variációját, és összehasonlítsuk a fontos burgonyafélék jelenleg rendelkezésre álló szekvenciáival. Azt feltételeztük, hogy az afrikai csucsfélék organelláris genomszekvenciái holisztikus nemesítési megközelítést indítanak el ebben az árvanövénykultúrában, és további nemesítési programokat ösztönöznek a hagyományos termesztett afrikai zöldségfélék (TAV= *Traditional African Vegetable*) vonatkozásában. Emellett fenotípusos értékelések során ellenőrzött stressz körülmények között vizsgáltuk a *Solanum scabrum* kiválasztott vonalainak hő- és szárazságtűrését, és transzkriptomikai adatokat gyűjtünk az e körülmények között szerepet játszó gének további vizsgálatára érdekében.

2. Elérték-e az ösztöndíj célkitűzéseit?

A támogatott időszak alatt 19 afrikai csucsfajból (*Solanum* sect. *Solanum*) gyűjtöttünk mintát, többek között: *S. alpinum*, *S. americanum*, *S. annuum*, *S. chenopodioides*, *S. emulans* (= *S. ptychanthum*), *S. hirtulum*, *S. memphiticum*, *S. nigrescens*, *S. nigrum*, *S. nitidibaccatum*, *S. opacum*, *S. pseudospinosum*, *S. pygmaeum*, *S. retroflexum*, *S. salamancae*, *S. salicifolium*, *S. scabrum*, *S. tarderemotum*, *S. tweedianum*, *S. umalilaense* és *S. villosum*. A levélmintákat ionmentesített vízzel és 70%-os etanollal öblítettük, majd a teljes genomi DNS-t NucleoSpin Plant II kit (Macherey-Nagel, Düren, Németország) segítségével izoláltuk. Minden munkát egy külön erre a célra kialakított laboratóriumban végeztünk UV-sterilizált berendezésekkel; a DNS-kivonás során vakmintákat dolgoztunk fel. A DNS-koncentrációt Qubit fluorométerrel (Invitrogen) mértük és 0,8%-os agaróz gélen ellenőriztük. Páros végű genomi könyvtárat készítettünk a Nextera DNS-könyvtárkészítő készlet (Illumina, San Diego, CA, USA) segítségével. A töredékelemzést az Agilent Technologies 2100 Bioanalyzerrel végeztük, a DNA 1000 chip használatával. A szekvenálást egy Illumina MiSeq platformon végeztük el mindkét végből 150 bp olvasási hosszal, melynek értékelése várhatóan 2013 szeptemberében fejeződik be. A végleges leolvasások feldolgozása, a plazstidgenomok elemzése és annotálása megtörtént 2022 végére terveztük egy összefoglaló publikációt. A generált illumina leolvasáson alapuló DNS-szekvenciaadatokat nemzetközi adattárakba (NCBI SRA) fogjuk eljuttatni, és széles körű terjesztésre bocsátani. Az eddig összeillesztett DNS-szekvenciákat nyíltan hozzáférhető genetikai adatbázisokban (NCBI GenBank) és egy nagyobb publikációban közzétettük lsd. Gagnon et al. (2022).



Emellett üvegházi kísérleteket is végeztünk a *S. scabrum* húsz kiválasztott afrikai elterjedési területéről gyűjtött vonalával. A vonalak és a begyűjtött nitrogénben lefagyasztott minták a Wageningeni Egyetem gyűjteményébe kerültek. A morfológiai paramétereket, mint például a növénymagasság, levélméret, gyökértömeg, hajtások száma stb. a növények kontroll és vízstressz alatt álló csoportjai között pontosítottuk. A szárazságstressz-csoportban 50 ml vizet kaptak a növények egy meghatározott súlynak megfelelően. A kísérletet 12 héten keresztül végeztük, és 180 növényt vizsgáltunk a szárazság okozta stressz körülmények között.

1. ábra. Az afrikai csucsfaj (*Solanum scabrum*) szárazságra érzékeny és toleráns egyedeinek példája, amelyeket üvegházi kísérleti körülmények között azonosítottunk.

A kísérlet végén a morfológiai paramétereket a két csoportban újra kiértékeltek, majd a levélmintákat folyékony nitrogénben gyűjtötték, és -80 °C alatt tárolták a további RNS-kivonásokhoz és a transzkriptom szekvenáláshoz. Előzetes eredményeink alapján a *S. scabrum* három szárazságtűrő vonalat azonosítottunk, amelyek felhasználhatók a további fajta nemesítésében.

3. Az három legfontosabb ösztöndíj legfontosabb eredménye

- nagy felbontóképességű szekvenálási adatok generálása 19 afrikai csucsfaj számára
- három szárazságtűrő afrikai csucsfaj azonosítása
- a szárazságtűrő és érzékeny *S. scabrum* transzkriptom adatainak gyűjtése

4. További együttműködés az ösztöndíj végeztével

Jelenleg a szekvenálási adatok előzetes eredményeit illesztettük be egy nagyobb az egész *Solanum* nemzetre vonatkozó vizsgálatba és így határoztuk meg az afrikai csucsfajlélek tágabb evolúciós viszonyait. Az összegyűjtött plazmidgenomikai adatokból várhatóan egy átfogó filogenomikai dolgozatot fogunk publikálni, míg az RNAseq-adatokat egy külön publikációban fogjuk felhasználni. Az ösztöndíj rendkívül hasznos volt a Wageningeni Egyetem és más holland intézmények közötti aktív együttműködés megkezdéséhez. Ezek a jövőben a Solanaceae család további témáira is kiterjednek majd beleértve a következőket: i) a padlizsán (*S. melongena*) fajkomplexet és a *S. incanum*/*S. insanum* populációk vizsgálatát; ii) a *Solanum dulcamara* genomszekvenálása, intézmény közötti együttműködés ösztönzése érdekében további pályázati terveket is felvázoltunk mind a nemzeti, mind az uniós finanszírozási rendszerekben. További kísérletek fogunk folytatni a *Solanum scabrum* teljes genomjának szekvenálásához, amelyhez a MÁÉO program indítófinanszírozásának köszönhető.

Az ösztöndíjas időszak alatt írt és/vagy benyújtott/megjelent egyéb tanulmányok különböző témákban:

Megjelent szakcikkek:

EDELIN GAGNON, HILGENHOF R, OREJUELA A, MCDONNELL A, SABLOK G, AUBRIOT X, GIACOMIN L, GOUVÊA Y, BRAGIONIS T, STEHMANN JR, BOHS L, DODSWORTH S, MARTINE C, **POCZAI P**, KNAPP S, SÄRKINEN T (2022) Phylogenomics discordance suggests polytomies along the backbone of the large genus *Solanum*. **American Journal of Botany** <https://doi.org/10.1002/ajb2.1827>

BIEKER VC, BATTLE P, PETERSEN B, SUN X, WILSON J, BREALEY JC, BRETAGNOLLE F, NURKOWSKI K, LEE C, OWENS GL, LEE JY, KELLNER FL, VON BOHEEMAN L, GOPALAKRISHNAN S, GAUDEUL M, MUELLER-SCHAERER H, KARRER G, CHAUVEL B, SUN Y, DALÉN L, **POCZAI P**, RIESEBERG LH, GILBERT MTP, HODGINS KA, MARTIN MD (2022) Uncovering the hologenomic basis of an extraordinary plant invasion. **Science Advances**, *accepted*, biorxiv: <https://doi.org/10.1101/2022.02.03.478494>

POCZAI P, SANTIAGO-BLAY JA, SEKERÁK J, BARISKA I, SZABÓ TA (2022) Mimush sheep and the spectre of inbreeding: historical background for Festetics's organic and genetic laws four decades before Mendel's experiments in peas. **Journal of the History of Biology** <https://doi.org/10.1007/s10739-022-09678-5>

FATEMI F, KIANERSI F, POUR-ABOUGHADAREH A, **POCZAI P**, OMID JADIDI (2022) Overview of identified genomic regions associated with various agronomics and physiological traits in barley under abiotic stresses. **Applied Sciences** 12: 5189

ARORA H, SHARMA A, **POCZAI P**, SHARMA S, HARON FF, GAFUR A, SAYYED RZ (2022) Plant-derived protectants in combating soil-borne fungal infections in tomato and chili. **Journal of Fungi** 8: 213

KIANERSI F, AZRAM DA, POUR-ABOUGHADAREH A, **POCZAI P** (2022) Change in secondary metabolites and expression pattern of key rosmarinic acid related genes in Iranian lemon balm (*Melissa officinalis* L.) exotypes using methyl jasmonate treatments. **Molecules** 27: 1715

POUR-ABOUGHADAREH A, **POCZAI P**, ETMINAN A, JADIDI O, KIANERSI F, SHOOSHTARI (2022) An analysis of genetic variability and population structure in wheat germplasm using microsatellite and gene-based markers. **Plants** 11: 1205

REHMAN S, MANSOORA N, SL-DHUMRI SA, AMJAD SF, AL-SHAMMARI WB, ALMUTARI MM, SLHUSAYNI FS, BAKRE DA, LALARUKH I, ALSHAHRI AH, POCZAI P, GALAL TM, ABDELHAFEZ AA (2022) Associative effects of activated carbon biochar and arbuscular mycorrhizal fungi on wheat for reducing nickel food chain bioavailability. **Environmental Technology & Innovation** 26: 102539

DIANATMANESH M, KAZEMEINI SA, BAHRANI MJ, SHAKERI E, ALINIA M, AMJAD SF, MANSOORA N, POCZAI P, LALARUKH I, ABBAS MHH, ABDELHAFEZ AA, HAMED MH (2022) Yield and yield components of common bean as influenced by wheat residue and nitrogen rates under water deficit conditions. **Environmental Technology & Innovation** 28: 102549

CSEH A, **POCZAI P**, KISS T, BALLA K, BERKI Z, HORVÁTH Á, KUTI CS, KARSAI I (2021) Exploring the legacy of Central European historical winter wheat landraces. **Scientific Reports** 11: 23915

POCZAI P, SANTIAGO-BLAY JA (2021) Principles and biological concepts of heredity before Mendel. **Biology Direct** 16: 19

BINIAZ Y, TAHMASEBI A, AFSHARIFAR A, TAHMASEBI A, **POCZAI P** (2021) Meta-analysis of common and differential transcriptomic responses to biotic and abiotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. **Plants** 11: 502

Könyvek:

POCZAI P, D'AGOSTINO, DEANNA R, PORTIS E (2022) *Solanaceae VII: Biology, Genetics and Evolution*. Frontiers Media, online szerkesztett könyv, megjelenés alatt

POCZAI P (2022) *Heredity Before Mendel*. Boca Raton, CRC Press, USA

5. Milyen módon lehetnek fontosak a kutatási projekt eredményei a regionális, nemzeti vagy nemzetközi agrár-élelmiszeripari gyakorlat szempontjából, vagy milyen előnyökkel járhatnak a társadalom számára?

Az afrikai kontinensen szinte minden élelmiszert a piacon vásárolnak. A háztartások élelmiszerfogyasztásának átlagosan 93%-át különböző értékesítési csatornákon keresztül biztosítják. Ugyanakkor az egyre diverzifikáltabb vidéki gazdaságok, valamint a városi termékek és életstílus elterjedése (urbanizáció) azt jelenti, hogy a vidéki élelmiszer-ellátás piaci részesedése is növekszik. Összességében a piacok regionális szinten az afrikai háztartások élelmiszerfogyasztásának legalább kétharmadát biztosítják. Az urbanizáció és a városi életmód a táplálkozási szokásokban bekövetkező változásokkal is együtt jár, amelyek a városok határain túlra is kiterjednek. Szubszaharai Afrika városaiban több gyümölcsöt, zöldséget és feldolgozott élelmiszert fogyasztanak, miközben a gabonafélék és hüvelyesek aránya csökken. A városi fogyasztók egyértelműen a magasabb értékű élelmiszerek felé mozdulnak el. A városi háztartások teljes élelmiszer-kiadásainak felét ma már a gyümölcsök és zöldségek, valamint a hús és hal teszi ki. A kényelem iránti kereslet átfogó tendencia a

jövedelmi csoportokat és a területeket tekintve. Ezt tükrözi a feldolgozott és készételek iránti erős kereslet, valamint az utcai ételek elterjedése. A városi területeken a feldolgozott élelmiszerek az élelmiszerekre fordított költségvetések 41%-át teszik ki az OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025 jelentése szerint. Projektünk az afrikai csucsfélék szárazságtűrésének fokozásával javíthatja az élelmiszer- és táplálkozásbiztonságot és a háztartások jövedelmét a kisbirtokos mezőgazdasági termelők számára a Szaharától délre fekvő afrikai területeken, különösen Kenyában, Ugandában és Kamerunban, ahol ezen fajokat előszeretettel fogyasztják és termelik. Eredményeink hozzájárulnak a FAO és az OECD korábbi szakpolitikai irányelveihez is, mert a nagy terméshozamú helyi növényfajták hő- és aszálystressznek való ellenállóságát növelik és enyhíthetik a minőségi vetőmagok hiányát is.

6. Jelen kutatás gyakorlati haszna

Az afrikai csucsfélék nemesítéséhez a genetikai hátterük és a származásuk (evolúciós viszonyaik) jobb megértése szükséges. Az újgenerációs DNS-szekvenálási technológiák megjelenésével számos fontos növény genomját szekvenálták. Elsődleges jelentőséget kaptak az élelmiszernövények, köztük a gabonafélék, a gumós növények, a zöldségek és a Solanaceae családba tartozó gyümölcsök, a burgonya és a paradicsom. A Solanaceae családba tartozó, alulhasznosított növényfajok azonban lemaradásban vannak. A DNS-szekvencia-információ ezen fajokban, mint például a *S. scabrum*, rendkívül értékes a fontos agronómiai tulajdonságokat irányító kulcsgének azonosításához és a fajták közötti genetikai variabilitás azonosításához. A MÁEÖ során összegyűjtött plasztisz és mitokondriális genomszekvenciák és teljes transzkriptomok jelenthetik az első lépést e növények teljes genomikai információjának megfejtéséhez, ami jelentősen javítaná ezen növények genetikájának megértését.

A fenti célkitűzésekkel összhangban az elvégzett vizsgálataink az egészségesebb környezet és "fenntartható intenzifikációt" célozta meg, amely felismeri, hogy a világ élelmezésbiztonságának és táplálkozásának egyensúlyt kell teremtenie az élelmiszertermelés és az élelmiszerigény között. A világ természeti tőkéjének és élelmiszertermelő rendszereinek fenntarthatóságát célzó eljárásoknak a hasonló projektek kulcselemét kell, hogy képezzék. Az afrikai élelmiszerrendszer legfőbb kihívása, hogy több és táplálóból élelmiszert állítson elő a növekvő népesség és a külső nemzetközi piacok számára, miközben csökkenti az élelmiszertermelési rendszerének környezeti hatását, úgy, hogy az önellátó gazdálkodók hatékonyabban termelnek táplálóból élelmiszert családjuk számára, és kereskedelmi gazdálkodóként egyben nagyobb piaci részesedést is érnek el. Jelenlegi MÁEÖ a következő két területhez kapcsolódott: 1) A termelékenység és ellenálló képesség fenntartására/növelésére alkalmas növények azonosítása és nemesítése a korlátozott külső inputok és a fokozott abiotikus és biotikus stresszhatások körülményei között, 2) a termelési, környezeti és társadalmi-gazdasági kérdések, változók és paraméterek egyidejű mérése a helyzetek és dinamikák összehasonlítása érdekében. A projekt továbbá fordított előnyökkel jár az európai közösség számára is, mivel a vizsgált tulajdonságokkal kapcsolatos ismeretek relevánsak az EU-tagországok mezőgazdasági termelése szempontjából is, és valószínű, hogy idővel az afrikai csucsfajok, amelyek jelenleg nem túl gyakoriak az EU-tagállamokban, életképes afrikai exporttermékké válnak.

7. Elégedettség

Az ösztöndíjas időszak szakmailag megfelelt az elvárásaimnak. Széles körben ajánlom minden kollégámnak, hogy jelentkezzen. Nagy hasznát vettem az ösztöndíjnak és az így kialakult kutatási együttműködésnek. Az ösztöndíj kiváló indítófinanszírozásként szolgált, hogy tovább lépjünk a témával kapcsolatban és bővísem a kutatási hálózatomat. Az elvégzett munka nagy valószínűséggel hosszabbtávú hatással lesz további kutatási finanszírozás megszerzésére is. Élveztem azt a csodálatos lehetőséget, amelyet az ösztöndíj nyújtott a megítélt időszak alatt. Még annak ellenére is, hogy a covid pándémia miatt a kollégáimat szinte alig láttam. Szerencsére az üvegházi munkákat a Wageningeni Egyetemen a pándémia nem hátráltatta. Viszont az utazás a szükséges oltások beszerzésével kalandos volt, mert 3 dózis kaptam 3 különböző országban: Magyarország, Hollandia és Finnország, ami a

védettségi igazolások megszerzését kicsit megkönnyítette. Ezúton is szeretném megegyeszer megköszönni a Magyar Állami Eötvös Ösztöndíj támogatását.