

## A biotechnológia a megújuló szén körforgásában

Az INRA szervezésében megtartott, a megújuló szénnel kapcsolatos tudományos konferencia előadásai alapján elmondható, hogy a területtel foglalkozó kutatások nem csak a biomassza egyre sokoldalúbb fölhasználására fókuszálnak, de a food és non-food cél használat közötti ellentmondások föloldására is megoldást keresnek. A kutatásokhoz a politika részéről a támogatás biztosított, a megfelelő anyagi források is biztosítottak. Látni kell azonban azt, hogy minél nagyobb léptékben folynak a kutatások, minél közelebb vannak az ipari méretű alkalmazáshoz, annál nagyobb szükség van az ipari szférával való együttműködésre. Elsősorban nem azért, hogy részt vegyenek a kutatási projektek finanszírozásában, hanem azért, mert nekik megvan az a technológiai, gyártási tapasztalatuk, amivel hatékonyabbá, gazdaságosabbá, ipari méretekben is megvalósíthatóvá tehetők a kutatók által kidolgozott új eljárások.

Az országos mezőgazdasági kutató intézet, az [INRA](#) április 18-án Toulouse-ban rendezte azt a nagyközönség számára is (elviékben) nyitott kollokviumot, aminek témája a megújuló szénnel, azaz a [biomasszával kapcsolatos biotechnológiai kutatások áttekintése](#)<sup>1</sup> volt. Az esemény az INRA 2010-ben kezdett kollokvium-sorozatának (CIAg<sup>2</sup>) újabb állomása volt, ennek során már a mezőgazdaság számos területét járták körbe tudományos alapossággal. A „CIAg”-ok célja, hogy egy tudományos konferenciához képest közérthetőbb módon tárgyalva a kérdéses területet a szélesebb közvélemény számára is át lehessen adni a kutatási eredményeket, megszerzett ismereteket. Meg kell jegyezni azonban, hogy – mivel az előadók kivétel nélkül kutatók, akik kevés kivételtől eltekintve nehezen tudnak valóban közérthetően fogalmazni – a kollokviumokon hallgatóként való részvételhez is elengedhetetlen a szakirányú előképzettség.

A megújuló szén fenntartható, az élelmezési, energetikai és vegyipari rendszerek számára egyaránt kielégítő használata és az ezt, azaz a biomasszát előállító rendszerek fenntarthatósága napjaink egyik globális kihívását jelenti. Az ezzel kapcsolatos kutatások Franciaországban több évtizedes múltra nyúlnak vissza, napjainkban legintenzívebben az agrár-kutatási intézményekben folynak, mégpedig az ebben érintett kutatóhelyek és a vállalati szféra nagyon széles együttműködésében. A biomassza non-food használatával kapcsolatos kutatások egyik központja Toulouse, megtestesülése pedig a [Toulouse White Biotechnology](#) projekt, amiben többek között az INRA és az INSA<sup>3</sup> vesz részt. Ehhez a témához tartozik a szerves hulladék – többek között energetikai – hasznosítását szolgáló eljárások kifejlesztése is, ami a mezőgazdasági és a környezetvédelmi tárca egyik kiemelt területének számít. Olyannyira, hogy Stéphane Le Foll miniszter a közelmúltban kifejezetten ragaszkodott ahhoz, hogy részt vegyen egy Toulouse melletti új biogáz-telep avatásán, ezzel is demonstrálva azt a szándékát, hogy a mezőgazdaság ökológiai és ökonómiai hatékonyságát egyidejűleg növeljék az országban. Midi-Pyrénées régió meggyőződéses támogatója általában is a K+F-nek, hiszen a tradicionálisan mezőgazdaságinak számító vidéken a gazdasági fejlődésnek ez az egyik letéteményese – ennek köszönhetően lett Toulouse országos szinten is élenjáró az aeronautikai, a mezőgazdasági és az orvostudományi kutatások területén. A regionális közgyűlés nagyon komoly erőfeszítéseket tesz annak érdekében is, hogy a kutatási eredmények gazdasági hasznosítását olyan formában lehessen megvalósítani, hogy az helyi szinten minél nagyobb számban új munkahelyet teremtsen.

<sup>1</sup> [http://www7.inra.fr/ciag/colloques\\_alimentation/biotechnologies](http://www7.inra.fr/ciag/colloques_alimentation/biotechnologies)

<sup>2</sup> *carrefours de l'innovation agronomique* – „az agronómiai innováció útkereszteződése” –

<http://www7.inra.fr/ciag>

<sup>3</sup> Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse - <http://www.insa-toulouse.fr/fr/index.html>

**Paul Colonna** (INRA) bevezetőjében arra hívta föl a figyelmet, hogy a megújuló szén hasznosítását szolgáló biotechnológiára alapozott bio-ökonómia céljai között az egyik legfontosabb az egyre inkább kimerülő szénhidrogéneket és származékaikat helyettesítő, megújuló és a környezet szempontjából semleges hatással bíró források kutatása. Ezek között a legismertebb a lágy- és fásszárú biomassa (ideértve a mikro- és makro-algákat is), valamint a különböző szerves hulladék. Megjegyezte, a környezetvédelmi szempontokat elemezve kijelenthető, hogy a légkör széndioxid-tartalmának növekedését már azzal is meg lehet állítani és stabilizálni lehet, ha a jelenlegi globális, nem megújuló szénhasználatot felére csökkentjük, ennél nagyobb mértékű csökkentés pedig már egyértelműen kedvezne ahhoz, hogy a légkör széndioxid-tartalma csökkenni kezdjen. Kifejtette, az elmúlt 10-15 évben hatalmas előrelépés történt a kutatásban és végbement az a technológiai paradigmaváltás, aminek köszönhetően létrejött egy zöld bio-ipar és az ezt támogató politikai háttér.

A konkrét kutatási eredmények, projektek bemutatása során **Herman Hofte** (INRA) a **lignocellulóz-tartalmú biomassa termeléséhez** jól használható, és egyelőre köztermesztésben nem elterjedt vagy ismeretlen kultúrákat mutatta be. Első helyen a **rostcirkot** (*Sorghum bicolor*) említette – amit Délnyugat-Franciaország meleg és száraz klímája alatt kiválóan lehet termesztetni, ezt követte az évelő kultúráként termesztendő **kínai nád** vagy *Miscanthus*. Előnye, hogy a levelei a területen maradnak, így viszonylag kevés nitrogén szállítódik el az egyes táblákról, növényvédelmet gyakorlatilag nem igényel, betakarítása pedig kora tavaszra esik, amikor viszonylag kevés idénymunka van a mezőgazdaságban. Egyelőre ugyan csak egy kereskedelemben kapható klónja van, de a kutató szerint biomassa-termelési céllal sokkal gyorsabban domesztikálható, mint az a kukorica esetében történt annak idején. A „Biomasse for the Future” programjuk keretében vizsgált növények alapján azt a következtetést vonták le, hogy a C4-es mechanizmusú pázsitfű-félékhez tartozó fajokban hatalmas lehetőségek rejlenek. A további kutatásokban szeretnék kihasználni azt is, hogy a cirok, a kukorica, a cukornád és a kínai nád genomja nagyon közel áll egymáshoz, ami egyes tulajdonságok markerezését is megkönnyítheti és gyorsíthatja a házasítást. Az *Arabidopsis*-on végzett amerikai kutatások eredményeire hivatkozva nem zárta ki azt sem, hogy ezeknél a fajoknál is adott az elméleti lehetőség arra, hogy a növények szöveti fölépítését a fölhasználási célokhoz „igazítsák”. A programot ipari oldalról cementgyárak, műanyag-gyártók és autógyárak egyaránt támogatják, ami egyben jelzi, mennyire sokoldalú lehet ezeknek a növényeknek a fölhasználása.

**Jean-Philippe Steyer** (INRA) a makro- és mikro-algákban rejlő lehetőségeket és kihívásokat elemezte. Franciaországban a makro-algákat csak a Bretagne strandjait ellehetetlenítő és vaddisznók halálát okozó algák nyomán ismerik, Délkelet-Ázsiában viszont nagy mennyiségben, többek között humán ételmezési céllal is termesztik. Míg a makro-algák termelése kimondottan a tengerekhez köthető, a mikro-algák gyakorlatilag mindenütt megélnek, ezek jelentik a földi táplálékláncok kiinduló elemeit és a légköri szén-dioxid megkötésének kulcsszereplőit is. Alkalmazásuk rendkívül széles körű, a haltenyésztéstől a kozmetikai iparon és a zöld vegyiparon át az energiatermelésig szinte bármi szóba jöhet. A kutatás szerepe elsősorban abban van, hogy az egyes kiindulási állapotokhoz hozzárendelje a leginkább megfelelő fajokat, kidolgozza az optimális „termesztés-technológiát” és a hasznosításhoz szükséges megfelelő ipari eljárásokat. Az egyik klasszikus eljárás a fotoszintézis, a szennyvíztisztítás és az anaerob-erjesztés összekapcsolása, az elsődleges végtermékek a biogáz és komposzt. A másik lehetőség a mikroalga-biomasszára alapozott bio-üzemanyag előállítás, ami alternatívát jelenthet az első generációs bio-üzemanyagoknak.

**Michael O'Donohue** (INRA) arra kereste a választ, hogy a biomasszára csupán energiaforrásnak kell tekinteni, vagy megújuló nyersanyag-forrásként érdemes kezelni? Leszögezte,

jelenlegi ismeretink szerint a kőolaj teljes mértékű helyettesítése biomasszával lehetetlen, többek között azért sem, mert nincs akkora rendelkezésre álló terület, amin ezt meg lehetne valósítani. Európa vonatkozásában három országot említett, mint elsődleges biomasszaforrást, kimondottan gabona-szalmára fókuszálva, ezek: Franciaország, Németország és Ukrajna. Franciaországban évente 40,3 millió tonna szalma keletkezik, ebből biomasszaként csak 8 millió tonna használható föl, és érdemben nem is várható ennek növekedése. Ennek oka többek között, hogy az országban +500 km<sup>2</sup> erdő jelenik meg évente, az elmúlt 50 év alatt pedig 20%-kal csökkent a mezőgazdaságilag művelt terület – erre a legnagyobb veszélyt kétségtelenül az urbanizáció jelenti. Mindezek alapján azt kell mondani, hogy a mennyiség növelése helyett arra kell törekedni, hogy a biomassza minden komponensét a lehető legnagyobb hatékonysággal hasznosítsuk. Sajnos a kőolaj kitermelése és földolgozása „túl könnyű”, mivel koncentráltan és időben folyamatosan rendelkezésre áll, mindig annyit lehet belőle kitermelni, mint amire éppen szükség van. A biomassza ezzel szemben ciklikusan termelődik, mennyisége a klimatikus körülményektől függően ingadozik, viszont a megújuló erőforrások között az egyetlen, ami szén-tartalmat tartalmaz. A kőolajhoz képest sokkal összetettebb, kevésbé homogén anyagról van szó, aminek föltárása komplexebb földolgozás-technológiát is igényel. Személyes véleménye szerint a jelenlegi technológiák túlságosan is „glükóz-centrikusak”, azaz szinte mindegyik eljárás célja az, hogy a biomasszát egyszerű cukrokra bontsa, és abból építsen föl utána bármit. **Michael O'Donohue** ezzel szemben úgy véli, jelentős energia és költség lenne megtakarítható azzal, ha egyes későbbi fölhasználási területekhez igazítva nagyobb molekuláknál megállna a fragmentációs folyamat, továbbá azt szorgalmazta, hogy a biomasszára elsősorban szénforrásként, ne pedig statikus energia-hordozóra tekintsünk.

A tudományos előrehaladás egyértelmű következménye a mikroorganizmusokkal szembeni új mérnöki megközelítések megjelenése, ezek leginkább a szintetizáló biológia területén (*biologie de synthèse*) hoztak látványos eredményeket – mondta **Denis Pompon** (INSA). Az eljárások egyelőre még mesze nem teljesen „érették”, ahogy azt sem lehet még tökéletes biztonsággal tudni, milyen területen és céllal lehet, érdemes ezeket a technikákat alkalmazni, amikkel egyes géneket, genom-részeket már képesek vagyunk reprodukálni, ám egyelőre új géneket még nem tudunk létrehozni. **Eric Trably** (INRA) is hasonló területet érintette előadásában, amikor az erjedési folyamatokért felelős mikrobiális ökoszisztémák biotikus kontrolljának egyes lehetőségeit mutatta be. A mikrobiális ökológiai mérnöki tevékenység célja az, miként lehet a növényi ökoszisztémák működéséről és ezek átalakításáról szerzett ismereteket mikrobiális társulások szintjén alkalmazni? Az eredmények egyik legígéretesebb alkalmazási területe a bio-hidrogén előállítás, ahol ezen keresztül a kutatók azt remélik, hogy optimalizálni tudják a rendszerek hatékonyságát. Ezek ugyanis rendszerint több különböző mikro-szervezetet tartalmaznak, amik közül egynek domináns a szerepe, viszont a többiek létezésére és közreműködésére is szükség van – a feladat annak minél jobb megismerése, hogy ez utóbbi pontosan mit is jelent, miként manifesztálódik és miként lehet ezáltal hatékonyabbá tenni az egész rendszer működését. Megállapításaik szerint az egyes, önmagukban hidrogént alig termelő vagy éppen fogyasztó baktériumok hozzáadása egy-egy adott bakteriális ökoszisztémához nem csak stabilabbá teszi azt, de esetenként többszörösére növelheti annak hidrogén-termelését. Ennek egyik lehetséges magyarázata abban keresendő, hogy vizsgálataik szerint a különböző fajokhoz tartozó baktériumok egymással fizikailag is kapcsolatba lépnek, és egyik képes a másik anyagcsere-folyamatait ezen keresztül teljesen megváltoztatni.

**Violaine Athes** (INRA-AgroParisTech) a biomassza hasznosításában megkerülhetetlen szeparációs és tisztítási eljárásokat vette górcső alá. Vizsgálatai szerint több ponton is érdemes ezeket innovatív elemek alkalmazásával hatékonyabbá tenni, ezen keresztül

csökkentve például a rendszerek energia-igényét. Ha ez sikerrel jár, olcsóbbá lehet tenni például a növényi biomasszából előállított oldószerek gyártását is, ami kísérleti jelleggel már folyik az IAR-nél, általában pedig nagyobb mennyiségű kőolajat lehet biomasszával kiváltani. Mindezek kapcsán **Paul Colonna** hangsúlyozta, minél nagyobb léptékben folynak a kutatások, minél közelebb vannak az ipari méretű alkalmazáshoz, annál nagyobb szükség van az ipari szférával való együttműködésre. Elsősorban nem azért, hogy részt vegyenek a kutatási projektek finanszírozásában, hanem azért, mert nekik megvan az a technológiai, gyártási tapasztalatuk, amivel hatékonyabbá, gazdaságosabbá, ipari méretekben is megvalósíthatóvá tehetők a kutatók által kidolgozott új eljárások. Megjegyezte, a huszadik századdal ellentétben, amikor a kőolaj gyakorlatilag korlátlanul rendelkezésre álló energiaforrást és vegyipari alapanyagot jelentett, nem mellékesen kitermelése és hatalmas távolságra történő szállítása sem került nagyon sokba, a huszonegyedik században alapvető változás előtt állunk elsősorban amiatt, hogy a kőolaj egyre drágábbá és ritkábbá válik. Az ezt helyettesítő alternatív és megújuló források azonban sokkal inkább helyhez kötöttek, szállításuk költségesebb, sokszor nem állnak folyamatosan rendelkezésre és/vagy nem tárolhatók (pl. fotovoltaiikus úton vagy szélenergiával termelt elektromos áram).

Ami az **egyes biotechnológiai eljárások környezeti (és egészségügyi) hatásait** illeti, **Benoit Gabrielle** (Inra) és **Pierre-Yves Pontalier** (Ensiacet) az egyes növényi biomasszák életciklusát vizsgálta a termeléstől az extrakciós folyamatok végéig. Megállapításaik szerint míg a kőolaj-alapú ipari folyamatok környezeti hatásait viszonylag egyértelműen azonosítani lehet, a biomassza esetében a helyzet sokkal összetettebb. A termelési folyamat ugyanis számtalan tényezőtől függ, kezdve a választott növényfajtól és fajtától, a gazdaságra jellemző természetföldrajzi adottságoktól, a gazda által alkalmazott technológiai elemektől – azaz „ahány gazdaság, annyi féle eredmény”. Más a földhasznált segédanyagok hasznosulása, mások az emissziós és környezetterhelési mutatók, így az iparral ellentétben, ahol +/- 25-30%-os biztonsággal meg lehet határozni a környezeti hatásokat, az élő anyag esetében ez egy nagyságrenddel nagyobb is lehet! A vizsgált lágyszárú (többek között búza, cirok, kínai nád, cukorrépa, tritikálé) és fűszárú kultúrák (pl. nagyon rövid vágásidejű, energetikai célú nyárfa) és szalma eredményei is ezt támasztották alá, ezzel szemben az egyes ipari technológiák hatása már sokkal pontosabban meghatározható. **Stéphane De Cara** (INRA) előadásában arra kereste a választ, hogy a bio-üzemanyagok gyártásához szükséges biomassza termelésére történő átállásnak vannak-e, és ha igen, milyen negatív környezeti hatásai?

**Pierre-Henri Texier**, az agrártárca munkatársa a biomassza energetikai célú földhasználásával és az egyes használati formák prioritási sorrendjének megállapításával foglalkozott, mégpedig sajátos megközelítésben, ugyanis a globális primer energiaszükséglet kiszámításakor figyelembe vette az emberek – és a világviszonylatban jelentős számú igavonó állat – ételmezéséhez szükséges energiát is. Ennek fényében a globális energiaszükséglet fedezésében már nem 9,2, hanem 31,2% a biomassza aránya, ami jóval fontosabbá teszi azt, hogy ezzel minél hatékonyabban gazdálkodjunk. Hozzátette, az a kérdés, hogy a biomassza food vagy non-food használatra fordítódjon, valójában az első generációs bio-üzemanyagok megjelenésével került napirendre és okoz azóta sem nyugvó vitákat. Míg azonban ez világszerte 40 millió hektárt köt le, érdemes megemlíteni, hogy a fejlődő és föltörekvő országokban nélkülözhetetlen igavonó állatok takarmány-szükségletének biztosításához 200 millió hektárra van szükség, ami az összes művelt földterület 15%-a. A fejlődő országok mezőgazdaságának modernizációjával mintegy 100 millió hektárt lehetne a humán ételmezés szolgálatába állítani, ami a Föld folyamatosan növekvő népességének fényében nem elhanyagolható.

Az mindenképpen egyértelmű, hogy a biomassza elsődleges használati célja a humán ételmezés biztosítása kell, hogy legyen. 2012-ben tárcaközi fórumot tartottak annak

megállapítására, hogy milyen prioritásokat határozzanak meg a biomassza non-food használatakor. Ezek között első helyen nem a termelés növelése, hanem a megtermelt biomassza minél hatékonyabb fölhasználása és a pazarlás visszaszorítása szerepel, ezt követi a környezet védelme és a talajok termékenységek megőrzése, növelése. A szakértők szorgalmazták, hogy a non-food biomassza termelésének minden lehetséges hatását számszerűsítsék, valamint történjenek lépések arra nézve, hogy a mezőgazdasággal kapcsolatos globális kormányzás ezt a területet is vegye figyelembe.

**Somogyi Norbert, Párizs**