

A légkör bakteriális összetételének vizsgálata a Móra Ferenc Szakkollégium MAD (Móra Astral Discovery) kurzusának kereteiben

SZÁRAZ BÁLINT ZSOLT

Bevezetés

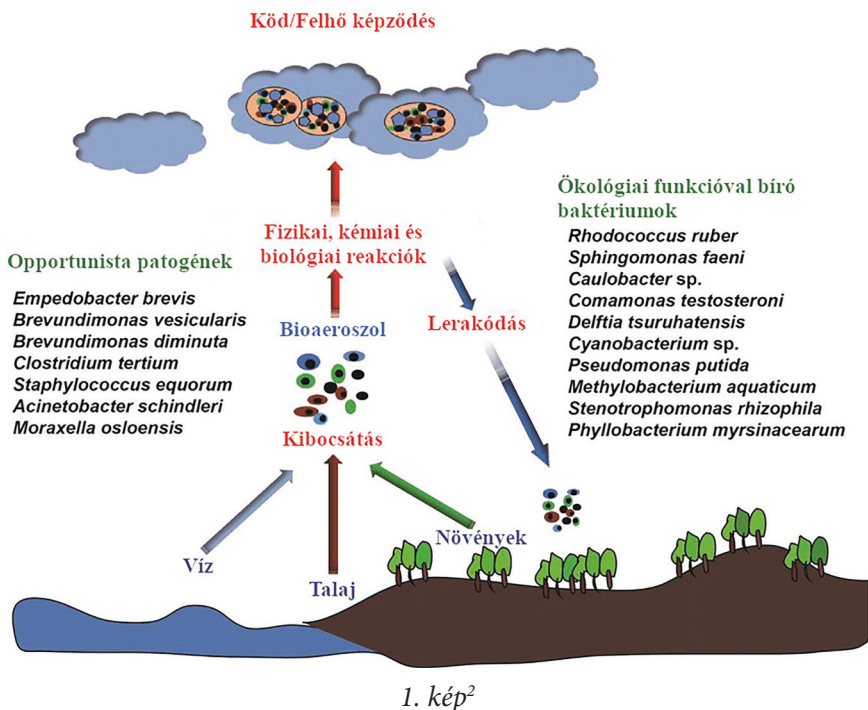
Légkörünk nem csupán a mindenki által jól ismert gázokból, azaz nitrogénből, oxigénből és szén-dioxidból áll. Jelen vannak benne más gázok, szennyeződések, porszemek és még sok más anyag. A légkörben szétosztott biológiai eredetű apró részecskéket bioaeroszolnak nevezik. Ezek lehetnek élettelenek, mint például különböző fehérjék, élőlények maradványai, bakteriális toxinok vagy vírusok¹, és lehetnek élők is, mint például gombák, az általunk vizsgálni kívánt baktériumok, vagy különböző protozoák.

A Móra Ferenc Szakkollégium MAD (Móra Astral Discovery) csapata egy magaslégköri ballonhoz készít kísérletet a teljes vezérléssel és rádiózással együtt. Ezzel a csapattal együttműködve terveztem meg egy kísérletet, amely a légkör bakteriális összetételét vizsgálja a különböző magasságok függvényében.

Hogyan juthatnak a baktériumok a légkörbe

Három különböző útvonalat szokás elkülöníteni arra, hogy hogyan is kerülnek ezek az apró élőlények a légkörbe. Először is bekerülhetnek a talajból, akár az onnan történő folyadékpárolgás vagy porfelverődés során. Felkerülhetnek a vizekből is. Ebben szintén szerepet játszhat a párolgás, vagy például a hullámok vagy buborékok is felverhetik a levegőbe a baktériumokat. A harmadik út pedig a növényzeten megtalálható baktériumok levegőbe kerülése, aminek fontosságáról később még szó lesz. Végso soron valahogyan a baktériumok belekerülnek a levegőbe, ahol a szelek felkapják őket, és ilyen módon rendkívüli magasságokba is felkerülhetnek.

1 A vírusok, habár élőlénynek gondolnánk őket, a tudomány mai állása szerint nem számítanak annak, viszont ez a mai napig vitatott álláspont, mivel a vírusok az élő és élettelen határán vannak.



A légkörben található baktériumok jelentősége

Felhő- és csapadékképződés

Ahhoz, hogy a légkörben felhők és csapadék képződjön, először jégkristályoknak kell kiválniuk. A jégkristályok kiválásához szükség van valamire, amin megindulhat a kristályok képződése. Ez sok esetben lehet egy porszem vagy hasonló élettelen anyag a légkörben, de a baktériumok is szolgálhatnak ehhez alapul. Egyes baktériumfajokban az evolúciójuk során kialakult egy sejtfalfehérje, amely a baktérium külsején található meg. Ez a fehérje templátul szolgál a jégkristályok kiválásához, ezzel csökkenti azt a hőmérsékletet, amelyre szükség volna a jegesedéshez. Ezen baktériumok köré válnak ki a jégkristályok, és így, ahogy kialakul a csapadék, a baktériumok azzal együtt hullanak a földre.

Klímamodellek

Mint az előző pontban látható, a baktériumoknak fontos szerepe van az időjárás kialakulásában. Így minél többet tudunk meg róluk, annál pontosabb időjárási előrejelzéseket leszünk képesek adni a jövőben, ha beleszámítjuk ezeknek a baktériumoknak a szerepét az időjárás kialakulásába a különböző előrejelző algoritmusokban.

Légminőség és egészségügy

A baktérium szó hallatán az átlagembernek egyből a különböző betegségek jutnak az eszébe. Természetesen a baktériumok nagyon kis százaléka okoz valóban betegséget az emberek számára, de valóban találhatunk közöttük olyanokat, amelyek valóban patogének. Egyes baktériumok endotoxint tartalmazhatnak, vagy egyszerűen allergiás reakciót válthatnak ki, ha a szervezetbe jutnak. A gondolat, hogy ezek a baktériumok az általunk belélegzett levegőben is jelen vannak, kétségkívül rémisztő. A légminőség szempontjából nem az a legfontosabb, hogy milyen baktériumok találhatók a légkörben, mivel az egészséges ember immunrendszere könnyedén elbánik kis számú bakteriális behatolóval. Sokkal fontosabb adat, hogy mennyi baktérium van a levegőben. Egy kutatás³ például összefüggést talált az asztma súlyossága és a légkörben található Gram-negatív baktériumok száma között.

A baktériumok azonban nem csak emberi vagy állati patogének lehetnek. Fontos még rámutatni, hogy növényi kártevők is lehetnek közöttük. Ezek között a kártevők között találjuk azokat a fajokat, amelyeket már korábban említettünk, amelyek a rajtuk található speciális fehérjék segítségével csökkenteni képesek a víz fagyáspontját. Ezek a baktériumok komoly fagyási sérüléseket képesek okozni a növényeknek, így komoly károkat okozhatnak a mezőgazdaság számára is.

Bioprecipitációs elmélet

Azt hiszem, ezen a ponton érdemes szót ejtenünk a bioprecipitációs elmületről, mivel ennek a teóriának is lényeges elemét képezik a fent taglalt élőlények. A teória lényege, hogy ezeket az élőlényeket, ahogy a növényeken élnek, egy idő után felkapja a szél. Felkerülnek a magaslégkörbe, és ott túlélve egy kis idő elteltével elkezdődik rajtuk a csapadék kiválása. Ahogy létrejön rajtuk a csapadék, velük együtt lehullik a földre. Ez azért előnyös számukra, mivel amint lejutnak a csapadékkal, a víz megfelelővé teszi számukra a környezetet ahhoz, hogy szaporodhassanak, valamint táplálja a növényeket is, amelyeket később ezek a baktériumok megtámadhatnak.

3 M. A. Ross – L. Curtis – P. A. Scheff, D. O. Hryhorczuk – V. Ramakrischan – R. A. Wadden – V. W. Persky 2001.

Persze, ehhez a terjedési stratégiához speciális adaptációkra kellett szert tenniük ezeknek a különleges baktériumoknak az evolúció során, hiszen nem elég csupán a levegőbe kerülni, túl kell élniük az alacsony hőmérsékletet és légnyomást, a kevés oxigént, a minimális táplálékot és a magas UV-sugárzást. Az esélyeket megcáfolva az élet mégis megtalálta az utat, hogy létrejöhessenek ilyen élőlények.

Biológiai lebontás

Kutatások bizonyítják⁴, hogy a felhőkben található mikrobák befolyásolják az atmoszféra kémiai összetételét. Például a szerves vegyületek, többek között a hangyasav szerves lebontása szignifikánsan befolyásolhatja a felhők kémiai összetételét. A szerves vegyületek lebontása azonban előfordulhat a felhőkön kívül is. Ariya et al. (2002) kutatása megfigyelte, hogy a légköri baktériumok képesek lebontani a dikarbonsavat a levegőben.

Mikrobák elterjedése

Ahogy már korábban láthattuk, egyes baktériumok képesek megbirkózni a légkör könyörtelen körülményeivel és azokat túlélve, mikor újra a földre kerülnek, ott tovább szaporodni. Ez még érdekesebbé válik, ha rájövünk, hogy egyáltalán nem ott fognak földet érni, mint ahonnan indultak. A magaslégtérben akár közel 500 km/h-s szelek is süvíthetnek, és ezek gyakorlatilag a világ bármely pontjára elrepíthetik az apró baktériumokat, amelyek így nem ismernek országhatárokat, nem fogja meg őket fal sem, és egyszerűen átrepülhetnek bármely óceánon. Elméletileg megvan rá az esély, hogy ha a földünk egy pontján él egy baktériumfaj, azt a fajt a föld bármely más pontjára is átterjesztheti a szél.

Biotechnológiai lehetőségek

Mint korábban említettük, a légkörben való túléléshez komoly adaptációra van szükség, például el kell tűrni a magas UV-sugárzást, az alacsony hőmérsékletet, a kevés táplálékot vagy a kevés oxigént. Ezek az adaptációk potenciálisan kiaknázható tudást jelenthetnek a biotechnológia számára. Csak hogy pár példát említsek: a magas UV-tűrő képességet tanulmányozva talán létrehozhatunk hatásosabb napvédő krémeket a jövőben. Az alacsony hőmérsékleten való túléléshez olyan enzimekre van szükség, amelyek kisebb aktiválási hőmérsékleten is képesek működni, és ezeknek a tanulmányozásával később képesek lehetünk olyan vegyszereket gyártani, amelyeket nem szükséges melegíteni a reagáláshoz. Ennek segítségével gyárthatunk szobahőmérsékleten is jól működő mosószereket. Ahogy lát-

4 Delort et al. 2010, Vaïtilingom et al., 2010 DeLeon-Rodriguez et al., 2013,

be. A ballon a légkör felső határán szét fog repedni, és egy ejtőernyő fogja a dobozt visszajuttatni a földre, ahol begyűjtésre kerül. A dobozzal rádiójel segítségével folyamatosan kapcsolatot tartunk majd, amelynek a rendszere a MAD csapata gyártja le az alapjaitól kezdve.

Laboratóriumi vizsgálatok

Mikor megvannak a minták, a mintavevő dobozt kivesszük a dobozból, amelyet a ballon szállított, és az a laborba kerül. Ott letisztítják, sterilizálják, és csak ezek után bontják ki, így elkerülve azt, hogy a bent lévő táptalajokat olyan baktériumokkal fertőzzék be, amelyek nem a mintagyűjtés során kerültek oda. A kivett Petricsészéket lezárják, és azok az inkubátorba kerülnek. Ott a baktériumok elszaporodnak, és szabad szemmel látható telepeket hoznak létre. A telepeket megszámlálva következtetni lehet a baktériumok számára az adott magasságokban. A baktériumtelepekből mintát véve különböző kísérleteknek lehet őket alávetni. Kémiai módszerekkel megfestve a telepeket megkülönböztethetjük, hogy milyen arányban találhatók Gram-pozitív vagy Gram-negatív baktériumok. Egyes telepek baktériumait alávehetjük genetikai szekvenálásnak, így sok mindent megtudva a származásukról, tulajdonságaikról. Különböző tűrőképességi teszteket végezhetünk, így vizsgálva, hogy az egyes minták milyen mértékig adaptálódtak a különböző szélsőséges körülményekhez. Vizsgálhatjuk a baktériumok fehérjeit, mint például a sokszor emlegetett jégkiválásért felelős fehérjét. Ezeken kívül méret, alak és súly szerint is vizsgálhatjuk a mintákat, így kiderítve, van-e korreláció ezek a tulajdonságok és aközött, hogy milyen magasságba jutottak a baktériumok.

Összegzés

A légkörben található baktériumok rengeteg folyamatban vehetnek részt, és nagy potenciállal rendelkeznek a jövőbeli kutatásukkal kapcsolatban, emiatt tartom fontosnak a kutatásukat, és ennek apropóján terveztem meg egy kísérletet a vizsgálatukra.

Irodalom

W. Smets: Airborne bacteria in the atmosphere: Presence, purpose, and potential. ScienceDirect (2016), <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.05.038>.

M. A. Ross: Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosols. European journal of allergy and clinical immunology (2001), <https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2000.00551.x>

A. Samake: The unexpected role of bioaerosols in the Oxidative Potential of PM. Scientific reports 7 (2017), <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11178-0>

M. Joly: Ice nucleation activity of bacteria isolated from cloud water. ScienceDirect (2013), <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.01.027>.

CC. Wang: Bioaerosols as contributors to poor air quality in Taichung City, Taiwan. *Environ Monit Assess* **166**, 1–9 (2010), <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0980-z>

C. E. Moriss: Bioprecipitation: a feedback cycle linking Earth history, ecosystem dynamics and land use through biological ice nucleators in the atmosphere. *Global Change Biology* (2013), <https://doi.org/10.1111/gcb.12447>

Researching the bacterial composition of the air within the framework of the MAD (Móra Astral Discovery) course of Móra Ferenc College

BÁLINT ZSOLT SZÁRAZ

The bacteria in our atmosphere has many interesting roles. They are responsible for lots of interesting processes, such as cloud formation, precipitation and weather. They are important because of air quality and health. These bacteria are adapted to survive harsh conditions in the upper atmosphere. They can withstand high UV, starvation, low temperatures and low oxygen levels. The research of these adaptations can lead to important discoveries in biotechnology. This is why I find It important to research these bacteria. That's why I designed a way to collect microbes from the higher atmosphere with a high altitude ballon and do experiments with them.