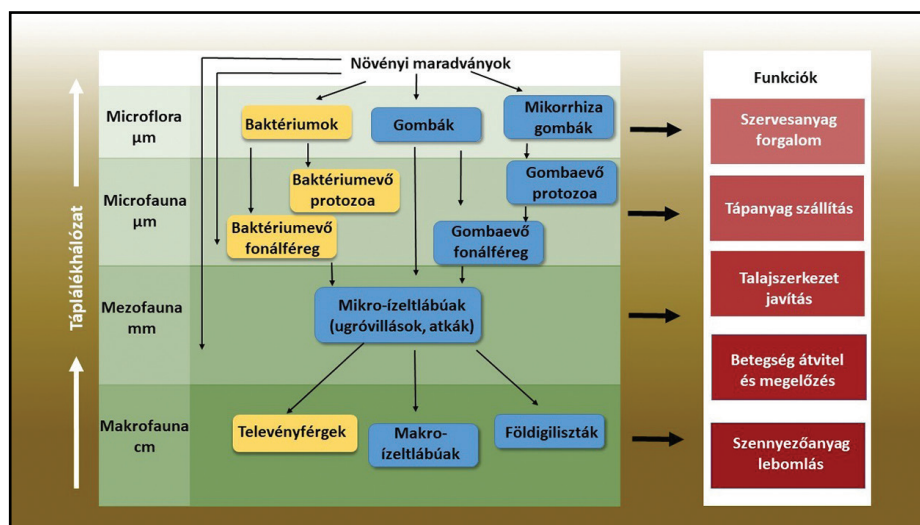




Klímaváltozás, hatások, válaszok a talajok élővilágának tükrében

SZERZŐ: FLÓRIÁN NORBERT, IMRÉNÉ TAKÁCS TÜNDE • MAGYAR TALAJTANI TÁRSASÁG

A talaj a földkéreg külső, feltételesen megújuló, termékeny rétege. Határfelületi jellegéből adódóan számos környezeti folyamat aktív vagy passzív szereplője. A talaj egy dinamikus rendszer, fizikai, kémiai és biológiai kölcsönhatások színtere. Jelentősége sokoldalúságából fakad: a talaj élőhely, ebből adódóan biológiai sokféleség hordozója, hő-, víz- és tápanyagraktár, a káros anyagok méregtelenítője és szűrője, a környezeti stresszhatások puffere és kivédője.



1. ábra. A talaj táplálkozási szintjei (Nature Education, Gupta és munkatársai, 1997 nyomán)

A bioszféra anyag- és energiaforgalma során a különböző elemek folyamatos körforgásban vannak. A földi élet alapvetően hat elemre épül, ezek a következők: hidrogén (H), szén (C), nitrogén (N), foszfor (P), oxigén (O) és kén (S). Ezek az elemek alkotják az élő szervezetek anyagának több mint 95%-át. Az elemek körforgása az élettelen környezetből az élőlényekbe, majd az élőlényekből vissza az élettelen környezetbe a környezeti elemekben (talajokban, vizekben és levegőben) lejátszódó biogeokémiai ciklusokban valósul meg. A különböző elemek ciklusai kapcsolatban állnak egymással és kölcsönösen befolyásolják egymást.

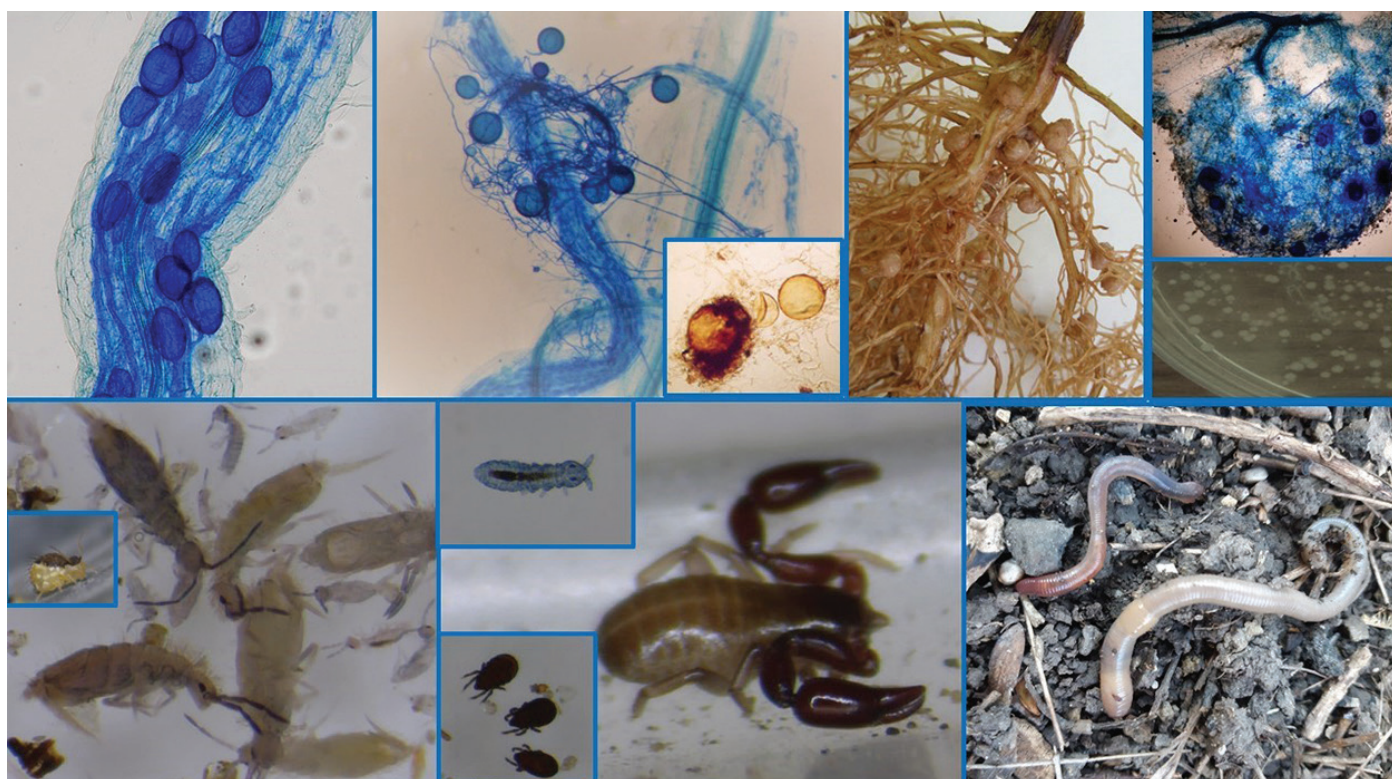
Egy gramm talaj a mennyiségét és alkotóinak méretét tekintve aprócska, de funkcióinál fogva annál fontosabb „biológiai univerzum”. A talajbióta a talajban élő mikroorganizmusok (baktériumok, gombák, archeák és algák), mikro- és makroszkopikus méretű állatok (pl. protozoák, fonálférgek, atkák, ugróvillások, pókok, rovarok és földigiliszták) és növények összessége, amelyek a talajban vagy annak felületén élnek. A talajbiótának jelentős szerepe van (1) a biogeokémiai ciklusokban, (2) a tápanyagok átalakulásában, (3) a szén megkötésében, szerves anyag lebontásában, így humuszképződés-

környezeti tényezőktől, mint például az aktuális klímától.

A talaj élővilága mind méretben, mind rendszertanilag nagyon változatos (2. ábra). A mikroorganizmusok rendkívül nagy faj- és egyedszámokban fordulnak elő a talajainkban. A talaj-gyökér határterületben a gyökerek által kiválasztott szerves vegyületeknek köszönhetően a talajok különösen gazdagok mikrobákban. Ezt nevezzük rizoszféra effektusnak. A mikroorganizmusok szerepét leegyszerűsítve, vannak számunkra hasznosak, károsak és olyanok, amelyek jelenléte semleges. A talajban élő apró gerinctelen állatok az elhalt

kodóképességüknek köszönhetik. A talajbióta aktivitása, egyedszáma térben és időben változó: szezonális változásokat mutat, és függhet az aktuális klímától, illetve talajkezelési hatásoktól.

A talajbióta a legnagyobb egyedszámban a talajok oxigénben gazdagabb, felső rétegében (0-20 /30/ cm) fordul elő. Például a mikrobák esetében 10^8 telepképző sejt található 1 g talajban. A legfelső réteg, amely ki van téve a gyors kiszáradásnak, erős fénynek (UV) mikrobaszegény, bár egyes mikroalgák, amelyeknek napfényre van szükségük a fotoszintézishez, a talajfelszínen élnek. Ha a



2. ábra. A talajélet változatossága. Az arbuszkuláris mikorrhiza gombák a szárazföldi növények 80-90%-val, köztük legtöbb haszonnövényünkkel kölcsönösen előnyös szimbiózisban élnek együtt. A pillangós növények gyökérgümőiben élő nitrogénfixáló baktériumok a Rhizobiumok, amelyek a levegő nitrogénjének megkötésével segítik a gazdanövényük nitrogénellátását (felső sor). A talajban élő mikroízeltlábúaknak (ugróvillások, atkák) jelentős szerepük van a mikrobiális folyamatok szabályozásában, a ragadozóknak (pl. a képen látható álskorpió) a kártevőszám csökkentésében, valamint a földigilisztáknak a talajszerkezet kialakításában (alsó sor)

ben és a könnyen felvehető szerves anyagokká történő lebontásban, a szén-dioxid kibocsátásában és más üvegházhatású gázok képződésében is, (4) a kórokozók sokféleségének és működésének szabályozásában, (5) mérgező anyagok eltávolításában, (6) a talajszerkezet javításában (aggregátumok képzése) (1. ábra). A fent nevezett funkciók működőképessége, annak intenzitása, a lebontó és építő folyamatok aránya függ a talaj tulajdonságaitól, a talajt borító növényzettől, az alkalmazott agrotechnikai eljárástól, de legfőképp a

anyag aprózása, ürülékképzés és a mikrobák fogyasztása és terjesztése révén hatást gyakorolnak a mikrobiális biomasszára, annak összetételére és ez által funkcionális sokszínűségére. A méretben jóval nagyobb földigiliszták pedig jelentős mértékben járulnak hozzá a jó talajszerkezet kialakulásához. A talajbióta előfordulásának alapvető feltétele az anyagcsere-folyamataik optimális működéséhez szükséges víz, hőmérséklet és szerves és ásványi tápanyagok. A mikroorganizmusok széles körű elterjedtségüket magas fokú alkalmaz-

talajok nedvességtartalma csökken, azzal együtt csökken az oxigéntartalmuk is, ami gátolja az aerob folyamatokat, míg segíti az anaerobokat. A talajbióta tagjai alkalmazkodnak az adott éghajlati öv klimatikus viszonyaihoz; az egyes rendszertani csoportok működése hőmérséklet- és nedvességoptimumhoz kötött.

A talajorganizmusoknak jelentős szerepük van nemcsak az elemek körforgásában, hanem a talajok szerkezetének alakításában is. Fizikailag megkötik és szerves anyagokkal ösz-

► FOLYTATÁS A 36. OLDALON



3. ábra. A talajaggregátum egy olyan természetesen kialakult képződmény, amely homokból, porból, agyagból, szerves anyagokból, hajszálgökökből, mikroorganizmusokból és azok kiválasztott anyagaiból áll össze (Nature Education, 2012 nyomán)

► FOLYTATÁS A 35. OLDALRÓL

szetapasztják a talajrészecskéket (3. ábra). Az így keletkezett talajaggregátumok nemcsak a talaj szénraktárai, vízraktárak és élőhelyek is, továbbá fontos szerepük van szennyezők, pl. nehézfémek megkötésében. A talajtermékenységhez, a talajegészséghez nélkülözhetetlen a különböző lebontó, átalakító és építő folyamatokban résztvevő talajbióta elemeinek száma és sokfélesége, ami lehetővé teszi a változó környezeti feltételekhez való rugalmas, funkcióvesztés nélküli alkalmazkodást.

A talajok védelmét tekintve körünk egyik jelentős kihívása a klímaváltozás. A talaj bolygónk egyik legnagyobb széntárolója, és hosszú távon szénnyelőként is működik. A talaj szénkészletének jelentős része a legtöbb talajtípusban a talaj szervesanyagkészletében raktározódik. A talajban található összes szervesszéntartalom közel 1%-a mikrobiális biomassa szén. A klímaváltozás következtében az ökológiai folyamatok megváltozhatnak, ami hatással lehet a talaj szervesanyagkészletére. Így a talaj CO_2 -kibocsátása növekedhet, ami üvegházhatású gázként tovább erősíti a klímaváltozás mértékét. A klímaváltozás közvetlen és közvetett hatásai révén létrejövő felszín alatti változások a talajrendszerek összetettsége miatt

nagyon kiszámíthatatlanok. A talajképződés menete és a talaj tulajdonságai, mint például a talajszerkezet, víztartó és vízvezető képesség, szervesanyag-képződés és -bomlás, biológiai funkciók is változhatnak.

A klímaváltozás következtében az ökológiai folyamatok megváltozhatnak, ami hatással lehet a talaj szervesanyagkészletére

A klímaváltozás különböző faktorai (CO_2 -szint emelkedése, melegedés, csapadékviszonyok megváltozása) eltérő hatást fejthetnek ki az egyes égőveken. Nagyobb mértékű hőmérséklet-növekedés várható az északi régióban, miközben a mérsékelt övben a megemelkedett CO_2 -szint mellett a szárazságnak lehet számottevő hatása. A regionális klímaváltozás-modellek Közép-Európára melegebb és szárazabb nyarakat, valamint enyhébb, de csapadékosabb teleket jósolnak. Mindez komoly aszályokat okozhat az országban, ami mezőgazdasági szempontból jelentős terméskiesésekhez vezethet.

A melegedésnek leginkább a sarki régióban várható erősebb hatása, mi-

vel új élőhelyek keletkeznek, és a fagyás-olvadás ciklus is változik. Európa mérsékelt övi részén a hőmérséklet emelkedése csak gyengén befolyásolja a talaj élővilágát. A klímaváltozás következtében nemcsak egyenletes melegedés, hanem a lokális skálán hőhullámok, sőt akár hűlés is várható. A talajlakó élőlények többsége kevésbé képes tolerálni a magas hőmérsékletet, míg az alacsony hőmérsékleti tartományokra nézve kevésbé érzékenyek.

A hőmérséklet emelkedése esetén sokkal fontosabbnak tűnnek a közvetett hatások. Számos ökoszisztémában megváltozhat a vegetációs időszak hossza, és új növények, például gyomok jelenhetnek meg. A legnyilvánvalóbb és a talajbióta szempontjából talán legfontosabb közvetett hatás azonban a melegedés által kiváltott szárazodás, ami a megnövekedett párologtatás következménye.

A talaj CO_2 -szintje alapvetően magas, és a talajlakó élőlények alkalmazkodtak hozzá. Ebből kifolyólag a CO_2 -szint-növekedés közvetlen hatásai elhanyagolhatók. A közvetett hatások fontosabbak. A megnövekedett CO_2 -szint magas szénbevitelt okoz a

talajban, amely növeli a szén/nitrogén arányt. A megnövekedett szénbevitel következtében az elsődleges produkció is növekszik, az avar minősége és mennyisége is változik, valamint a rizodepozíció is növekszik. Ha csak a növekvő CO_2 -szint hatását nézzük, akkor a növények csökkent párologtatása miatt a talajnedvesség növekedése várható, ami a talajéletre pozitív hatással van. A várható csapadékváltozások azonban ezt a pozitív hatást felülírhatják.

A talajnedvesség, ami többnyire a csapadékból származik, kulcsfontosságú a talaj élővilágának működőképessége szempontjából, meghatározza a talaj levegő- és hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és a tápanyag-gazdálkodását is. A talajok

kiszáradása jelentős hatást gyakorol a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatokra. A kedvezőtlen vízellátás csökkenti a növények biomasszaképzését, ami a talajban maradó szervesszén mennyiségét, szénraktározó képességét is csökkenti. A magasabb hőmérsékletnek kedvező hatása lehet a mikrobiológiai folyamatokra. Kisebb, tolerálható vízhiány esetén az aerob folyamatok dominanciája miatt a szerves anyagok gyorsabban bomlanak, csökkentve a talaj szervesanyag-tartalmát. A hosszabb szárazság csökkentheti a lebontás sebességét, megváltoztathatja a talajjellemzőket, mint például a víztartó és vízáteresztő képességet, a szerves anyag elérhetőségét, és befolyással lehet a képződő avar minőségére és mennyiségére, ezzel egy az alsó táplálkozási szintektől felfelé mutató hatást idézve elő. A lebontási utak és sebesség változása a vegetációs szerkezetre és produktivitásra is hatással van, ami szintén kihat a talajlakó közösségekre. Hosszantartó szárazság során a talajbióta életfeltételei romlanak, funkcionalitásuk csökken, eltolódnak az egyes csoportok dominanciaviszonyai, majd

végül átalakul a fajösszetétel, a biológiai sokféleség csökkenhet. A folyamat egyaránt érinti a növény-növekedést segítő mikrobiális közösség funkcionális és genetikai sokféleségét, mind pedig a kórokozó szervezeteket.

Habár a szárazságra a talajlakó élőlények gyors választ mutathatnak, megfelelő körülmények között populációjuk rövid időn belül visszaállhat a zavarás előtti állapotra. A talaj élőlényei időlegesen le tudnak húzódni a mélyebb rétegekbe, vagy inaktív állapotba kerülnek. Így elkerülük a kiszáradást és a hősokkot. Ez azonban csak egy rövid ideig nyújt védelmet, amíg a szárazodás el nem éri az alsóbb talajrétegeket. A száraz időszakok hossza és időzítése az, ami a legnagyobb hatással van a talajlakó közösségekre. Nem csak egyöntetű szárazodás, hanem a csapadékmintázatok megváltozása is várható. Gyakoribbá válnak az egyszeri, nagy mennyiségű csapadékot hozó időjárási események. Ha a csapadék gyakorisága és mennyisége túl nagy, például egy hirtelen lezúduló özvényszerű eső esetén, akkor az is zavarás-ként hathat, akár közvetett hatásokon keresztül is.

Összességében a klímaváltozásból eredő kedvező és kedvezőtlen hatások kimenetele változó lehet, más környezeti hatásoktól, termőhelyi adottságoktól egyaránt függ, nehezen jósolható. A talajbióta időbeni és térbeni változatossága megnehezíti a kutatásokat. Nehéz egyértelmű következtetéseket levonni a klímaváltozás hatásait illetően.

A talajok alkalmazkodóképességének kulcsa a talajbióta sokfélesége. A klímaváltozás okozta kihívásokra a talaj nedvességtartalmának megőrzését, talajszerkezetének és tápanyag-gazdálkodásának javítását célzó mezőgazdasági művelési módok és technikák alkalmazásával válaszolhatunk. A természetközeli élőhelyekről való visszatelepedés, a biológiai sokféleség megőrzése, illetve növelése elengedhetetlen a klímaadaptív növénytermesztéshez. Az agrárökoszisztémák kialakításánál nagyon fontos tényező a megfelelő, területspecifikus gazdálkodási mód kiválasztása, mely hozzájárul a talajok egészségének és a talajtermékenységnek a fenntartásához.