

Gyökérzetvizsgálatok bugaci nyílt homoki gyepeben

HAHN ISTVÁN

ELTE TTK Biológiai Intézet, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék,
1117 Budapest, Pázmány P. stny. 1/C. E-mail: hahn@ludens.elte.hu

Összefoglalás

A NYÍLT HOMOKI GYEPEK LAZA TALAJA kitűnő lehetőséget biztosít az ott élő növényfajok gyökérszónájának tanulmányozására. Az egyes fajokra jellemző sajátságok megismerése mellett a vizsgálatok módszereinek kipróbálása is kedvező feltételek mellett folyhat. A kilencvenes évek elején Bugacon végzett gyökérfeltárások során három módszert próbáltunk ki a gyökérzet és a homok szétválasztására úgy, hogy lehetőség szerint a gyökérzet eredeti, talajbeli struktúrája megmaradjon. A sikeresnek bizonyult lassú ásás módszerrel kiegészítettük Simon és Batanouny (1971) eredményeit. A homok gyökerek általi átszövöttsége elég kis mértékű ahhoz, hogy a feltárások során az egyes tövekhez vagy klónokhoz tartozó földalatti részeket el lehessen különíteni egymástól. A gyökérfeltárások során a nyílt gyepe élő fajaira koncentráltunk, két esetben meglepően mélyre hatoló gyökérzetet találtunk. A terepen begyűjtött gyökérminták mikorrhizáltsági elemzése (ELTE Növényélettani Tanszék) szerint a homoki gyepe fajai között alig van olyan, ami ne rendelkezne gombakapcsolattal.

Kulcsszavak: gyökérfeltárás, homoki gyepek, mikorrhiza

Bevezetés

A növények gyökérzetének kutatása alapvetően a mezőgazdasági jelentőséggel bíró fajok és társulások vizsgálatával indult. A vizsgálati módszerek és eszközök is erre voltak alkalmasak. A vadon élő növények gyökérzetének megismerése a jóval kevesebb anyagi forrással rendelkező alap kutatás körébe tartozott, de a 20. század második felében már sok közlemény megjelent ebben a témában is (pl. Kutschera 1960, Kutschera & Lichtenegger 1991, 1992, Waisel *et al.* 1991), és a témakörben rangos nemzetközi konferenciákat szerveztek (Kutschera *et al.* 1992, Persson & Baitulin 1996). Magyarországon is korán megindult a gyökérszóna kutatása (Magyar 1936, Petrányi & Barcsák 1960), többek között a *Festucetum vaginatae* társulásban is (Simon & Batanouny 1971). A hazai gyökérfeltárások irodalmát Kárász Imre foglalta össze (Kárász 1986), cserjefajok gyökérfeltárásának eredményeit több közleményben írták le (Faragó 1961, Kárász 1982, 1984a, 1984b, 1991, 1996). A faji és társulásszintű produkciobiológiai kutatások egyre nagyobb része kezdett foglalkozni a föld alatt található hajtás- és gyö-

kérrészek vizsgálatával is. Kovácsné Láng Edit vezetése alatt folyó ilyen terepmunkába kapcsolódtam be 1990-ben Bugacon. A cél a nyílt homokpusztagyeppek gyakori jellegzetes fajai föld alatti részeinek jobb megismerése volt. Új információkat gyűjtöttünk a gyökérszövet struktúrájáról és a fajok mikorrhizáltságáról.

Anyag és módszer

A helyszín a Bugaci Ósborókás azon része volt, ahol évelő nyílt homoki gyeppek (*Festucetum vaginatae*) találhatóak. A laza homok különösen alkalmas az ott élő növények gyökérszövetének feltárására. A gyökérszövet elhelyezkedésének vizsgálatára terepen két módszer kínálkozik. Az egyik a különböző mélységekből történő talajmintavétel, és a mintából a gyökerek kiválogatása, megmérése. A másik a gyökérszövet és a talaj olyan szétválasztása, melynek során a gyökérszövet egyben marad, és talajbeli elhelyezkedésének geometriáját is megőrzi. A laza bugaci homok lehetőséget adott szokatlan eljárások kipróbálására is, melynek során néhány módszertani tapasztalatra is szert tettünk. A vizsgálatokat 1990 és 1994 között végeztük nyaranta.

Egy száraz időszakban megpróbáltuk a gyökerek közül a homokot kiporszívózni. Ez sehogyan sem működött, ezért a porszívót átszerelve megpróbáltuk a gyökerek közül a száraz homokot kifújni. Ez már hatásosabbnak bizonyult, de nem eléggé. A felső homokréteg össze van cementálódva, ezt a kifúvás előtt egy ecsettel fel kellett lazítani. Utána minél lejjebb haladtunk, annál lassabban haladt a munka, mert a légáramlat csak a teljesen száraz homokot tudta magával ragadni, ezért túlságosan sok időt kellett arra várni, hogy a frissen szabaddá váló felület megszáradjon, és lehetőséget adjon egy újabb réteg eltávolítására.

Csak részben bizonyult sikeresnek az a módszer, melynek során egy, a gyökérszövet méreténél nagyobbak feltételezett monolitot egyben kiemelve vízzel kimostuk a gyökerek közül a homokot. Ekkor a gyökerek nagyjából épek maradtak, de eredeti talajbeli elhelyezkedésüket csak sejteni lehetett, mert a vizes gyökérrészek egymáshoz tapadtak, és megszáradásuk után a vizes állapotban felvett alakjukat őrizték meg.

A feltárás leghatékonyabb módszerének a lassú kiásás bizonyult. Ennek során a kijelölt tövet körbeástuk, majd a növény felőli homokfalat a régészeti feltárásokhoz hasonló óvatossággal ecsettel elkezdtük lebontani. A módszer lassúságát az okozza, hogy ennél a módszernél is meg kell várni, hogy a homok annyira megszáradjon, hogy könnyen kiperegjen a gyökerek közül. Ellenkező esetben a vékony gyökérszálok könnyen elszakadhatnak. Ha szemmel láthatóan könnyedén kipergett a homok a gyökerek közül, gyorsítani lehetett a folyamatot erő alkalmazásával: tenyérrel vagy ököllel ütögetve, a gyökerek elszakadása nélkül is el lehetett távolítani egyszerre nagyobb mennyiségű homokot. A gyökérszövet struktúrájának dokumentálásához a lassú feltárás során a már szabaddá vált gyökérrészek elhelyezkedését a munka közben is fel kell jegyezni, nagyobb töveknél pedig gyökérszövetbe beszúrt hurkapálcikák segítettek a levegőbe került gyökereket eredeti helyükön tartani. Ennek a módszernek az a

hátránya, hogy csak olyan esetekben alkalmazható, amikor a mechanikai bolygatásra inkább a talaj pereg ki a gyökerek közül, és nem a gyökér szakad el. A munka vége felé a szakadás mindenképpen bekövetkezik, ezért tudatában kell lenni annak, hogy ezzel a módszerrel a gyökérzet fő alkotóelemeit lehet feltárni. A gyökérfeltárások előnye a talajfúróval vett minták szétválogatásához képest az, hogy ennél a munkánál a gyökérrészek faji hovatartozása adott, míg a talajmintákban egyszerre több és nem feltétlenül azonosítható faj gyökérdarabjai egymás mellett fordulhatnak elő. A gyökérfeltárások során az élőlő gyepek leggyakoribb fajait vizsgáltuk, olyan töveket kiválasztva, ahol az egyes egyedek jól elkülöníthetők voltak egymástól. Az ásás az egyes fajoknál olyan mélységig történt, ahol még szabad szemmel gyökérrészek voltak láthatók.

A gyökértömeg elhelyezkedése terepi tanulmányozásának másik módszere a talajmintavétel. Lehet a felszíntől függőlegesen lefelé fúrva ismert mélységekből mintát venni és ezekből kiválogatni a gyökérrészeket. Ennél a módszernél azzal a problémával találkozunk a kutató, hogy minél mélyebb a furat, az eszköz kiemelésénél és visszahelyezésénél a furat faláról az aljára pereg a talaj. Ezért mindig a fúrószár elsüllyedési mértékével kell jellemezni, hogy a minta milyen mélyből származik, nem lehet automatikusan összeadni a fúrómagok hosszát. A másik probléma az, hogy a lepergett és a következő mintavételkor kiemelt talaj nem olyan mélységből és nem olyan mértékben tartalmaz gyökérrészeket, mint ahogyan az a lepergés nélkül várható lenne. Ezt úgy lehet kivédeni, hogy a mintavevő eszközzel furattisztító talajkiemeléseket is kell végezni, és a falról lepergett és kiemelt talajt nem kell elemezni. A mintavevő eszközök használatát a talaj szárazsága, lepergése nehezíti. Ez a módszer inkább nedves talajt igényel. Ha az időjárási helyzet ehhez kedvezőtlen, a talajmintavétel feltételeit beázattal lehet javítani. Ehhez vascsőből készült, 15 cm magas, 12, 15 és 21 cm átmérőjű hengereket használtunk. A hengert a növényzettől minél jobban megtisztított talajfelszínre helyezve kézi erővel be lehet tekergetni 2-3 cm mélységig, ami elegendő ahhoz, hogy a beletöltött víz oldalirányba ne tudjon elfolyani. A betekerést megkönnyíti, ha a hengerek alsó része meg van érdesítve (ez megoldható vasreszelővel is). Kipróbáltuk a perem élesre köszörülését is, de ez kevésbé bizonyult hatékonynak, mint amikor a perem rücskös volt, és koronafűrészhez hasonlóan mélyedt a talajba. Vizsgálataink során a hengereket a mintavételt megelőző este teletöltöttük vízzel, majd ezt a mintavételi nap reggelén megismételtük. Magára a mintavételekre a délelőtti órákban került sor, addigra a vizsgált teljes talajszelvény a kellő mértékben átnedvesedett. A beázatókerekek mindhárom méretben hatékonyan bizonyultak homokon és löszön egyaránt.

A talajmintavétel munkaigényesebb, de pontosabb módszere az, amikor a vizsgálandó növénytől mellett egy nagyméretű talajszelvény készül, és innen oldalról történik meg a talajminták kivétele a célnövény alól. A különböző mélységekből vett mintasorozatokkal jó kép nyerhető a gyökérzet elhelyezkedéséről.

A mikorrhizavizsgálatokhoz a mintákat a gyökérfeltárások során gyűjtöttük. Az élőlő látszó nedvdús gyökérrészekből legalább 2 cm hosszú darabokat vágunk ki ollóval, és azonnal alkoholos fixálóoldatba helyeztük. A laboratóriumi festést Krjueger-

módszerrel, anilinkékkel végezték. Egy mintát akkor tekintettek mikorrhizálnak, ha a vizsgálat során a festett preparátumban fénymikroszkóppal arbuszkulumokat lehetett kimutatni (Müller *et al.* 1995, Takács & Bratek 2006).

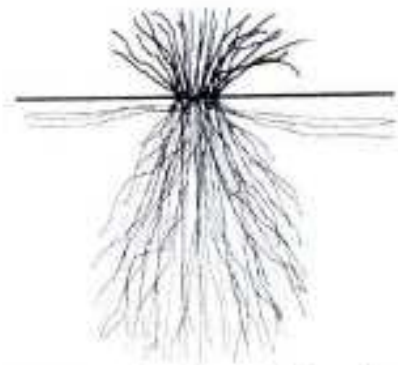
Eredmények

Gyökérfeltárással kapcsolatos eredmények

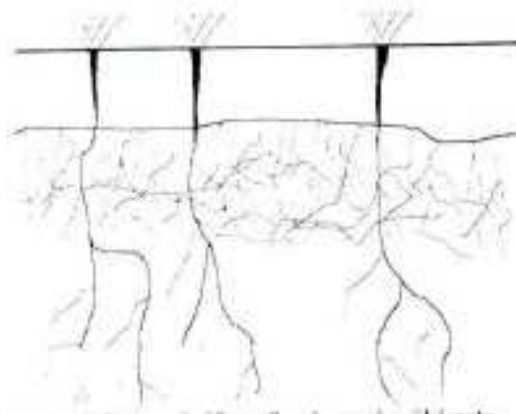
A tömött fücsomót alkotó fajok (*Stipa borysthena*, *S. capillata*, *Koeleria glauca*, *Festuca vaginata*) gyökérzetének nagy része a tő alatt helyezkedik el. A gyökérszálak egy része a felszín alatt fut, valószínűleg a hajnalban képződő földalatti harmat felvételére. A gyökérzet fő tömege a két *Stipa* fajnál 40, *Koeleria*-nál és *Festuca*-nál 30 cm mélységig hatol le (Simon & Batanouni 1971).

Deres fényperje (*Koeleria glauca*)

E faj fücsomójának szerkezete a növekedés során változik. Mintegy 15 centiméteres átmérőig a csomó tömött (1. ábra), további növekedése során azonban középső részen az idős hajtások elpusztulnak, és a fücsomó közepén üres folt jön létre, ahol nyílt homokfelszín található, de más homoki fajok is megtelepedhetnek benne. Mivel a tő növekedése a gyűrű alak elérése után továbbra is kifelé történik, egy idő után az eredeti tő körben elhelyezkedő különálló fücsomókra esik szét. A folyamat évtizedes időskálán játszódik le. A gyűrű alakú állapotban közepén, ahol levelek nem fejlődnek, a talaj felszíne alatt gyökerek sem találhatók. A talaj felszíne alatt futó harmatgyökök is csak sugárirányban kifelé nőnek, befelé nem. A fényperje fehéres gyökereinek vékonyabb részeit homokbunda burkolja.



1. ábra: Fiatal, még kompakt fényperje (*Koeleria glauca*) csomó gyökérzete. (a szerző rajza)



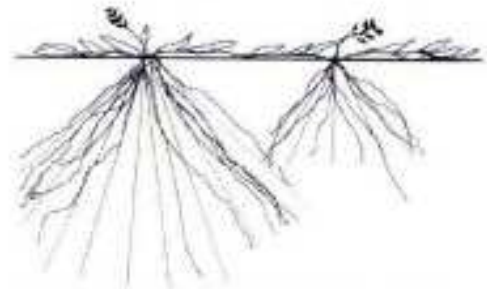
2. ábra: A fényes sás (*Carex liparicarpos*) gyökérzete két zónában helyezkedik el. Hosszabb és vastagabb gyökérszálak a rametektől kiindulva mélyebbre hatolnak, a gyöktörzsből kiinduló vékony szálak pedig egy keskenyebb, sűrűbb szövedéket alkotnak. (a szerző rajza)

Fényes sás (*Carex liparicarpos*)

A gyöktörzsek 3-5 centiméteres mélységben futnak. Hosszuk a gyeper nyíltabb részein 10-15 cm, sűrűbb gyeperben rövidebbek. Növekedésük főként egyenes, egyes rameteknél elágazhatnak. Így a felszín alatt a sásgyeperben a gyöktörzsek sűrű hálózatot alkotnak. A feltárások során egy rametnél talált legnagyobb elágazásszám négyes volt. A gyökérzet fő tömegét a felszín alatt 5-15 centiméteres mélységben elhelyezkedő, vékony, a gyöktörzsből kiinduló vörösbarna szálakból álló sűrű szövedék alkotja. A rametektől kiinduló vastagabb gyökérágak lejutnak 30 cm-ig (2. ábra).

Tövisperje (*Tragus racemosus*)

A nyáron csírázó C_4 -es növény fiatal gyökere igen vékony, gyorsan nő lefelé, és két-három nap alatt eléri azt a mélységet, ahol a homok nedvességtartalma meghaladja a 2%-ot. Ezért tömeges csírázáshoz az szükséges, hogy a csapadék a talaj felső, kritikus rétegét legalább időlegesen átmedvesítse. Az idősebb gyökerek egy kúppalást mentén nőnek oldalra és lefelé, a függőlegessel 30-45 fokos szöget bezárva (3. ábra). Eltérően a sűrű csomós füvektől, a tövisperje töve alatt a kúp belseje nincs gyökerekkel kitöltve. A növény növekedése érdekes. Egyéves, de éven belüli fejlődésmenete a klonális növényekére emlékeztet. Ha a hely számára megfelelő víz- és tápanyagellátottságú, a növény a talaj felszínén futó oldalhajtásokat fejleszt, melyek az anyató közepétől 3-15 cm távolságra legyökereznek, és új hajtásrendszert képeznek. Ezek a pszeudorametek újabb oldalágakat fejleszthetnek, de sosem visszafelé, az őket létrehozó egység irányába. Nyílt gyeprészekben, ahol térbeli kényszerek nem akadályozzák az oldalhajtások fejlődését, a kiindulási tő általában nagyjából 90 fokos eltérésekkel 4 db oldalhajtást fejleszt, a fiatalabb egységek pedig hármat, szintén 90 fokos eltérésekkel. Az új gyökerezési pontok alatt a gyökérzet struktúrája az öreg gyökerekével egyezik. Egy arasznyi átmérőjű virágzó tő gyökereinek hossza mintegy 30 cm. A legnagyobb mélység, ahonnan tövisperje gyökér előkerült, 45 cm.



3. ábra: A tövisperje (*Tragus racemosus*) gyökér-szállai nem hálózzák be a növény alatti talajrészt, hanem egy képzeletbeli kúppalástjára terülnek rá. (a szerző rajza)

Homoki kikerics (*Colchicum arenarium*)

A növény ősszel virágzik, ebben az állapotában levelet nem, gyökérzetet pedig csak elvétve fejleszt. Tavasszal nőnek a levelek, és sikeres előző évi megtermékenyülés esetén a toktermések is ekkor jelennek meg. Ebben a fejlődési stádiumban fejleszt a növény gyökérzetet. Ennek elhelyezkedése egy olyan függőleges kúppal jellemezhető, melynek csúcsa a hagymagumó alján található, nyílásszöge 45 fokos, és belseje is ki van töltve gyökerekkel. Az el nem ágazó gyökerek fehérek, igen nedvdúsak, könnyen szakadnak. Végük kb. 3 cm-es szakaszon csupasz, utána kb. 3 cm-es homokbundás rész található, felette ismét csupasz a gyökér. A hagymagumók átlagos mélysége 10 cm. A növény életkorának előrehaladtával a gyökerek hossza, átmérője és darabszáma növekszik. A sajátos fejlődésmenet miatt – ha természetvédelmi ok egy populáció áttelepítést teszi szükségessé – két olyan időszak van, amikor a példányok nagy biztonsággal áthelyezhetők. Az egyik a virágos állapot, ilyenkor a töveknek általában nincs gyökere, ha egyes példányoknak van, az a kiemeléskor feltűnik, és ezeket a helyükön lehet hagyni. A másik a levelek elszáradását követő időszak, amikor a hagymagumó már látszólag nyugalomban van, ám ilyenkor fejleszti a burokleveleken belül az előző évi az új hagymagumót a régi rovására (Hahn 1985). Ekkor a tövek a talajon még megtalálhatók az elszáradt levélzet és az esetleges toktermés sajátosan barna színe alapján.

Homoki pimpó (*Potentilla arenaria*)

A kétszikűek főgyökere általában közel függőlegesen lefelé nő, ez alól kivétel ez a faj, melynek legvastagabb gyökérágai változó szögben nőnek lefelé és oldalra. Színük barna, a legfiatalabb részekről eltekintve elég erősek is, de 30 cm-nél nem hatolnak mélyebbre.

Borzas len (*Linum hirsutum*)

A gyökérzet fehéres vagy halványbarna, szokványos kétszikű főgyökérrendszer. Mélysége eléri az 50 centimétert. A feltárások során meglepő volt, hogy az egyes, egymáshoz közeli földfeletti hajtások között semmilyen földalatti kapcsolat nincs, pedig az egyedek csoportos megjelenése azt sejtette, hogy klonális fajról van szó. A vele azonos termőhelyen élő és hasonló felszíni mintázatot mutató farkas kutyatej (*Euphorbia cyparissias*) földfeletti hajtásait a homokban gyöktörzsek kötik össze.

Élesmosófű (*Chrysopogon gryllus*)

A gyökerek – a növény magyar nevének megfelelően – fűféléhez képest meglepően erősek. Szintén eltér a családban szokásostól, hogy az egyes gyökérágak többször elágazhatnak, ezért ezen fűfaj gyökérzete morfológiailag inkább a kétszikűekére hasonlít. A gyökerek színe halványbarnától drappig terjed. A tő alatt a talaj tele van gyökerekkel, de az élőt az elhalttól éppen mechanikai szilárdságuk miatt a földben nem lehet megkülönböztetni. A hajtás növekvő csúcsa a talajon fekszik, és belőle függőlegesen nőnek a gyökerek. Lefelé a gyökerek másfél méternél is mélyebbre hatolnak, a talaj felszíne alatt néhány centiméterrel sugárirányba szétfutó harmatgyökerek hossza 80 cm is lehet.

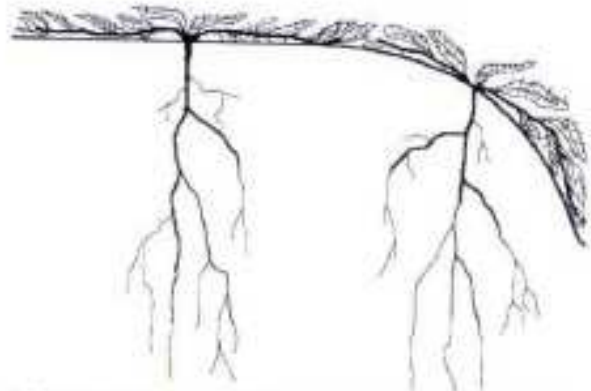
Mezei iringó (*Eryngium campestre*)

A virágzó korú töveknek vastag és igen mélyre hatoló karógyökere van, mely nagyjából függőlegesen halad lefelé, és helyenként közel merőlegesen elágazik. A lefelé haladó fő gyökérág csak lassan vékonyodik, 2 méternél is mélyebbre hatol le. Ebben a mélységben mindig van elegendő víz, ezért még a legnagyobb szárazságban sem lehet hervadt töveket látni.

Báránypirosító (*Alkanna tinctoria*)

A gyökérzet alapvetően lefelé nyúló főgyökérrendszer, felső részén eleinte gyorsabban, majd lassabban vékonyodik. Mintegy 60 cm mélységig hatol le. Végződése előtt a gyökérág többszörösen elágazik. Külső részének színe alizarinvörös, egészen a legvékonyabb részekig. Gyökérfeltárást végeztem két olyan példány esetén is, melyek egymás közelében, egy bucka tetején, annak meredek oldalához közel nőttek. A lejtőn nőtt példány gyökérzetének növekedési iránya és jellege nem tért el a sík felszínen nőttétől, a gyökérzet növekedése nagyjából függőleges volt, nem tért el a bucka belseje felé (4. ábra).

A bugaci nyílt homoki gyepeben előforduló többi érdeslevelű faj: közönséges ebnyelvűfű (*Cynoglossum officinale*), homoki vértő (*Onosma arenaria*), orvosi atracél (*Anchusa officinalis*) és terjőke kigyószisz (*Echium vulgare*) gyökérzete szintén mélyre hatol, a kifejtett növények mindig elérik a homok nedvesebb rétegeit.



4. ábra A báránypirosító (*Alkanna tinctoria*) gyökere kérgének jellegzetes színéről könnyen felismerhető. A mélyre hatoló, többszörösen elágazó gyökérrendszer hatékonyan el tudja látni a növényt vízzel. A lejtőn fejlődő példányok gyökérzete nem a felszínre merőlegesen, hanem függőlegesen lefelé nő. (A szerző rajza)

Sarlós gamandor (*Teucrium chamaedrys*)

A klonális növény sötétbarna, fás gyökérágai kusza hálózatot alkotnak. A talaj felszíne alatti gyöktörzselágazásokból sok esetben 50 cm mélységbe hatoló gyökerek indulnak ki. Ezek többszörösen elágaznak, de nagyjából együtt futnak le. A fiatal gyökerek halványdrappok, mintegy 0,2 mm vastag szálacskákból álló dús hálózatot alkotnak a földfeletti részek alatt 5 és 10 cm-es mélységben.

fajnév	mikorrhizáltság gyakorisága a mintákban (%)
<i>Coryza canadensis</i>	100
<i>Linum hirsutum</i>	100
<i>Teucrium chamaedrys</i>	100
<i>Euphorbia cyparissias</i>	93,5
<i>Onosma arenaria</i>	93
<i>Dactylis glomerata</i>	81,5
<i>Stipa capillata</i>	81,5
<i>Koeleria glauca</i>	79
<i>Alkanna tinctoria</i>	77
<i>Setaria viridis</i>	76
<i>Achillea ochroleuca</i>	70
<i>Potentilla arenaria</i>	70
<i>Tragus racemosus</i>	40
<i>Carex liparicarpus</i>	0

1. táblázat: Bugaci homoki gyepekből származó minták vezikuláris-arbuskuláris (VA) mikorrhizáltsági adatai (Müller et al. 1993) alapján.

A mikorrhiza vizsgálatok eredményei

A feltárt fiatal gyökerek felszínén a fajok egy részénél hosszabb-rövidebb szakaszokon homokbevonatot lehet találni. Makroszkópiusan nem dönthető el, hogy ez mikorrhizakapcsolat eredménye-e, ezért az ELTE Növényélettani Tanszékén Bugacon gyűjtött mintákból mikroszkópos vizsgálatot végeztek (1. táblázat).

Ezek az adatok elővizsgálati eredménynek tekinthetők. A lista arra utal, hogy érdemes minden fajt megvizsgálni, mert valószínűleg a homoki gyepeben igen alacsony a gombapartnerrel nem rendelkező fajok aránya. Szakirodalmi adatok arra is utalnak, hogy a gombapartner egyes esetekben nem a teljes év során aktív, és ezért nem mindig mutatható ki.

Értékelés

A bugaci nyílt homoki gyepeben a növények számára legerősebb korlátozó tényezőket a homokban eső után gyorsan elszivárgó csapadék-víz miatti alacsony talajnedvesség és a napos

időben erősen felmelegedő felszín jelenti. A túléléshez különböző stratégiákat alkalmaznak a növények: a tavaszi-őszi efemerek elkerülik a legkedvezőtlenebb időszakot, a szárazságtűrők pedig vagy hatékony vízgazdálkodással vagy átmeneti kiszáradással vészlik át azt (Kalapos 1989). A cikkben felsorolt nem kiszáradó szárazságtűrő fajok mindegyike mélyre hatoló gyökérzettel rendelkezik. A lehulló csapadék az alacsony szervesanyagtartalmú és rossz kapilláris vízemelő képességű homoktalajon gyorsan a mélybe szivárog, de a felső kiszáradt homokréteg megakadályozza azt, hogy a 20-30 centiméternél mélyebb részek teljesen kiszáradjanak, ritkán csökken a homok nedveségtartalma 5% alá. Amelyik faj ennél mélyebbre növeszti gyökereit, még egy aszályos nyarat is átvészeli. Ritkák Bugacon az olyan aszályok, amikor a nyílt gyepi fajok (pl. ilyen a homoki pimpó) levelei összepöndörödnek, és szemmel láthatóan kiszáradnak. Ilyen években ezek a fajok termést nem érlelnek, hosszú, nagyon forró periódusokban pedig el is pusztulhatnak. Az egy méternél mélyebben gyökerező mezei iringónál ilyen száradást sosem lehetett megfigyelni.

A szárazság a maggal szaporodó fajok esetében más problémát is jelent. A fejlődő kis gyökérnek gyorsan el kell érnie egy biztonságos 5-10 centiméteres mélységet, mielőtt egy szárazabb időszak köszöntene be. Ha ez nem sikerül, a csíranövények 1-2 nap alatt szinte nyom nélkül eltűnnek a gyepből. Ezért a fajok többsége ősszel vagy kora tavasszal csírázik, amikor kisebb az esélye a felső homokréteg kiszáradásának. A csírázás sebessége meghatározó jelentőségű, ennek tudható be, hogy az azonos rokonsági körbe tartozó, száraz termőhelyen élő fajok magvai nagyobbak, mint a nedvesebb helyeken élő rokonaiké.

Az akkori bugaci vizsgálatok csak a gyökérzet szerkezeti eloszlására tudtak információt szolgáltatni, de arra nem, hogy az egyes, a talajból kiemelt gyökérrészek aktívan részt vesznek-e anyagfelvételben vagy anyagszállításban, vagy csak elhalásuk után rögzítő szerepük van. A száraz homokban az elhalt növényi részek lebomlása évekig is eltarthat, még egy növénytő kiásásakor sem lehet biztosan megállapítani, hogy életben van-e. Ha mégis, az élők bizonyuló gyökérrészek funkciója kérdéses. A közvetlenül a gyökérnyak alatt elhelyezkedő vastagabb, idősebb rész csak rögzít és szállít, de az anyagfelvételben nem vesz részt, viszont a gyökérzet tömegének nagy hányadát alkotja. Azt, hogy egy adott növényegyedhez – vagy annak egy rametjához – mekkora aktív felvevő tömeg vagy felület tartozik, műszeres méréssel lehetne megállapítani. Egy kapacitásmérésen alapuló módszer kifejlesztése szolgálhat ehhez biztató alapokat (Rajkai *et al.* 1995).

Irodalom

- Faragó S. (1961): Cserjefajok gyökérzetének feltárása homoktalajokon. *Erdészeti Kutatások* 1-3: 341-360.
- Hahn I. (1985): A homoki kikerics egyedfejlődése. In: Tóth K. (szerk.): *Tudományos kutatások a Kiskunsági Nemzeti Parkban 1975-1984*. KNP Igazgatósága, Kecskemét, pp. 159-161.
- Kalapos, T. (1989): Drought adaptive plant strategies in a semiarid sandy grassland. *Abstracta Botanica* 13: 1-15.
- Kárász I. (1982): A *Cornus mas* L. gyökérzetének fiziognómiai struktúrája a Síkfőkúti tölgyesben. *Bot. Közlem.* 69: 105-130.
- Kárász I. (1984a): Adatok a *Cornus sanguinea* L. gyökérzetének fiziognómiai struktúrájához. *Acta Academiae Pedagogicae Agriensis Nova Series* 17: 739-753.
- Kárász I. (1984b): Az *Acer campestre* L. gyökérzetének szerkezete a síkfőkúti cseres-tölgyesben. *Bot. Közlem.* 71: 79-100.
- Kárász I. (1986): Gyökérvizsgálatok Magyarországon. *Bot. Közlem.* 73: 19-23.
- Kárász I. (1991): Tölgyes cserjefajok gyöker-hajtás aránya. *Acta Academiae Pedagogicae Agriensis Nova Series* 20: 131-138.
- Kárász, I. (1996): The root system of *Juniperus communis* L. in a sandy soil in Central Hungary. *Acta Phytogeogr. Suec.* 81: 32-34.
- Kutschera, L. (1960): *Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackeronkräuter Kulturpflanzen*. DLG, Frankfurt.
- Kutschera, L. & Lichtenegger, E. (1982): *Wurzelatlas mitteleuropäischer Gründlandpflanzen. Band 1, Monocotyledoneae*. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Kutschera, L. & Lichtenegger, E. (1992): *Wurzelatlas mitteleuropäischer Gründlandpflanzen. Band 2, Pteridophyta und Dicotyledoneae*. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Kutschera, L., Hübl, E., Lichtenegger, E., Persson, H. & Sobotic, M. (eds.) (1992): *Root Ecology and its practical application*. Verein für Wurzelforschung, Klagenfurt.
- Magyar P. (1936): Növényökológiai vizsgálatok az alföldi homokon. *Erdészeti Kísérletek* 38: 115-123.
- Müller F., Bratek Z. & Király I. (1993): Morfometriai vizsgálatok az endomikorrhizáltság mértékére egy bugaci gyeptársulás növényeiben. *Annal. Univ. Sci. Bud., Sect. Biol.* 43-44: 113-114.
- Persson, H. & Baitulin, I.O. (eds.) (1996): *Plant root system and natural vegetation*. Opulus Press, Uppsala.
- Petrányi I. & Barcsák Z. (1960): Gyökérmennyiség vizsgálata soványcsenkeszes legelőkön. In: *Az Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Karának Közleményei 1960-1963*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 179-185.
- Rajkai, K., Végh, K.R. & Nacsa, T. (2005): Electrical capacitance of roots in relation to plant electrodes, measuring frequency and root media. *Acta Agron. Hun.* 53: 197-210.
- Simon, T. & Batanouny, K.H. (1971): Qualitative and quantitative studies on the root system of *Festucetum vaginatae*. *Annal. Univ. Sci. Bud., Sect. Biol.* 13: 155-171.
- Takács, T. & Bratek, Z. (2006): Description of AM fungi species from semiarid open sandy grasslands in Hungary. *Acta Bot. Hun.* 48: 179-188.
- Waisel, Y., Eshel, A. & Kafkafi, U. (eds.) (1991): *Plant roots - the hidden half*. Marcel Dekker, New York.