

Talajtani Vándorgyűlés 2018

TALAJVÉDELEM

Különszám

2020

Talajhasználat – funkcióképesség



TALAJVÉDELEM

Különszám

Talajhasználat – funkcióképesség

**Save
Our
Soils**

Talajtani Vándorgyűlés

Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, Pécs
2018. augusztus 29 – szeptember 1.

*A talajvédelem szerepe a mezőgazdasági terhelés hatására jelentkező
talajállapot változás mérséklésében*

A vándorgyűlés kiemelt témája:

Az ültetvények víz és tápanyag gazdálkodása és a talajvédelem

Felelős Kiadó

Talajvédelmi Alapítvány
Magyar Talajtani Társaság
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
www.talaj.hu

Szerkesztette

Koós Sándor

A kötet lektorai

Biró Borbála, Dobos Endre, Dombos Miklós, Lehoczky Éva,
Makó András, Szabó Péter, Teszlák Péter

ISSN: XXX-XXX

A kiadvány teljes anyaga letölthető a Magyar Talajtani Társaság honlapjáról

Budapest, 2020

A Talajtani Vándorgyűlés Szervezőbizottság tagjai

László Péter, Elnök

Bakacsi Zsófia, Bene László, Fuchs Márta, Gaál Krisztián, Geresdi István, Gulyás Edit, Jakab Gábor,
Koós Sándor, Pirkó Béla, Szabó József, Szabóné Kele Gabriella, Szegi Tamás

A Talajtani Vándorgyűlés Tudományos Bizottság tagjai

Tóth Tibor, Elnök

Berényi Üveges Judit, Biró Borbála, Czigány Szabolcs, Csikászné Krizsics Anna, Dobos Endre,
Dombos Miklós, Lehoczky Éva, Makó András, Novák Tibor, Pásztor László,
Szabó Péter, Teszlák Péter, Tolner László

A Talajtani Vándorgyűlés megrendezésében résztvevők

Magyar Talajtani Társaság

Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézete

Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajzi Intézete

Pécsi Tudományegyetem Szőlészeti és Borászati Kutatóintézete

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Növény
Talaj és Agrárkörnyezetvédelmi Igazgatóság Talajvédelmi Hatósági Osztály

Tartalomjegyzék

<u>NAGY PÉTER TAMÁS</u> : Talajtakarás hatása gyümölcsösök talajának könnyen oldható N-frakcióira	3. oldal
<u>JAKAB ANITA, LEVICZKYNÉ DOBI MÁRIA, VASS EULÁLIA</u> : A Szatmár-Beregi-sík ültetvénytelepítéssel érintett tábláinak tápanyag-állapota	16. oldal
<u>MARKÓ ANDRÁS</u> : A barna erdőtalajok változása az elmúlt negyed század során Somogy megyében a TIM vizsgálatai alapján	27. oldal
<u>JUHÁSZ EVELIN KÁRMEN, BALLÁNE KOVÁCS ANDREA</u> : A talaj oldható kéntartalmának meghatározása különböző kivonószerek alkalmazásával	37. oldal
<u>KINCSES SÁNDORNÉ, OROSZ-TÓTH MIHÁLY, NAGY PÉTER TAMÁS, SÁNDOR ZSOLT</u> : Baktériumtrágyák hatása a talaj potenciálisan mineralizálódó N-készletére érlelési kísérletben	50. oldal
<u>RAGÁLYI PÉTER, SZABÓ ANITA, GAJDÓ ANNA, RADIMSZKY LÁSZLÓ, KÁDÁR IMRE, CSATHÓ PÉTER</u> : Gércei alginit hatása savanyú homoktalaj termékenysége egy tartamkísérlet első öt évében	64. oldal
<u>SZABÓ ANITA, CSIHON ÁDÁM, RAGÁLYI PÉTER, PIRKÓ BÉLA, LEHOCZKY ÉVA, CSATHÓ PÉTER</u> : Komposzt kijuttatás hatása a bio/öko és integrált termesztésű almafák (<i>Malus domestica</i> Borkh.) hajtáshosszára és levelének K-tartalmára	82. oldal
<u>SÁNDOR ZSOLT, TÁLLAI MAGDOLNA, KÁTAI JÁNOS, KINCSES SÁNDORNÉ</u> : Néhány herbicid másodlagos hatása talajban élő mikroorganizmusokra	99. oldal
<u>KOTROCZÓ ZSOLT, JUHOS KATALIN, BIRÓ BORBÁLA, KOCSIS TAMÁS, PABAR SÁNDOR ATTILA, FEKETE ISTVÁN</u> : Nemzetközi Tea-avar bomlási kísérlet eredményei hazai lombhullató erdő eltérő avarprodukciójú kezeléseiben	117. oldal
<u>KOVÁCS BARNABÁS, KOCSIS LÁSZLÓ, SZABÓ PÉTER, SZAKÁLAS JUDIT, SERES ANIKÓ, NAGY PÉTER ISTVÁN</u> : Extenzív, intenzív és felhagyott ültetvények talajkezelési gyakorlatainak hatása a fonálféreg denzitásra szőlőültetvények rizoszférájában	133. oldal

<u>KOCSIS TAMÁS, FERSCHL BARBARA, TACZMANNÉ BRÜCKNER ANDREA, BIRÓ BORBÁLA:</u> Bioeffektív talajoltás és a bioszén dózisok együttthatása talajbiológiai tulajdonságokra paradicsom és kukorica szabadföldi termesztésénél	144. oldal
<u>PABAR SÁNDOR ATTILA, MÓNOK DÁVID, FERSCHL BARBARA KOTROCZÓ ZSOLT, BIRÓ BORBÁLA:</u> Néhány kritikus talaj-tulajdonság a mikrobiális oltások alkalmazásánál bokorbabbal tenyészedény-kísérletben	163. oldal
<u>FEKETE ISTVÁN, BERKI IMRE, BÉNI ÁRON, BALLÁNÉ KOVÁCS ANDREA, MADARÁSZ BALÁZS, VÁRBÍRÓ GÁBOR, MAKÁDI MARIANN, DEMETER IBOLYA, JUHOS KATALIN:</u> Magyarországi zonális tölgyerdők talajainak szén tartalma eltérő éves csapadék értékek mellett	176. oldal
<u>TÁLLAI MAGDOLNA, KÁTAI JÁNOS, VÁGÓ IMRE, SÁNDOR ZSOLT, BALLÁNÉ KOVÁCS ANDREA:</u> Dolomit és mész hatása néhány talajtulajdonságra és egy tesztnövény termésére	191. oldal
<u>KOVÁCS GYÖRGYI, TUBA GÉZA, ZSEMBELI JÓZSEF:</u> A talaj szén-dioxid-emissziójának alakulása talajvédő és hagyományos művelési rendszerekben	201. oldal
<u>TUBA GÉZA, NAGY PÁL MÁTÉ, ZSEMBELI JÓZSEF:</u> A talaj tömörödésének vizsgálata penetrométerekkel	215. oldal
<u>RINGER MARIANNA, HORVÁTH-SZABÓ KATA, BALÁZS B. RÉKA, NÉMETH TIBOR, SZALAI ZOLTÁN:</u> A vas redoxállapot változásának szerepe egy réti talaj morfológiai fejlődésében	228. oldal
<u>MÓNOK DÁVID, STRBIK DORINA:</u> Az ólom hatása az angolperje (<i>Lolium perenne</i>) növekedési paramétereire komposzttal kezelt homoktalajon	245. oldal
<u>GÁLYA BERNADETT, RICZU PÉTER, NAGY ATTILA, BLASKÓ LAJOS, TAMÁS JÁNOS:</u> Belvizes foltok kialakulásának talajtani és domborzati okainak feltárása egy alföldi mintaterületen	254. oldal

Magyarországi zonális tölgyerdők talajainak szén tartalma eltérő éves csapadék értékek mellett

*FEKETE ISTVÁN^{1,2}, BERKI IMRE³, BÉNI ÁRON⁴, BALLÁNÉ KOVÁCS ANDREA⁴, MADARÁSZ BALÁZS¹,
VÁRBÍRÓ GÁBOR⁵, MAKÁDI MARIANN⁶, DEMETER IBOLYA⁶, JUHOS KATALIN¹*

¹Szent István Egyetem, Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék, Budapest

²Nyíregyházi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Nyíregyháza

³Soproni Egyetem, Ökológiai és Bioklimatológiai Intézet Tanszék, Sopron

⁴Debreceni Egyetem, AGTC, Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen

⁵MTA Ökológiai Kutatóközpont, DKI Tisza-kutató Osztály, Debrecen

⁶DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

E-mail: Juhos.Katalin@kertk.szie.hu

Összefoglalás

A légköri szén-dioxid mennyiségét kétségkívül jelentősen csökkenthetik az erdőségek, mérsékelve ezzel a klímaváltozás hatásait. Azonban fontos lenne tudnunk azt is, hogy a változó klíma milyen hatással van az erdőségekre, azaz, hogy milyen keretfeltételek mellett tudják kifejteni fent említett hatásukat. Kutatásaink során hazánk 17 csapadék gradiens mentén elhelyezkedő erdőségének talajait vizsgáltuk CNS analízátor segítségével, azzal a céllal, hogy felbecsülhessük a szárazodó klíma hatásait az erdőségek talajainak szénraktározó képességére, valamint a biológiai aktivitásukat igyekeztünk felbecsülni a gombabiomassza HPLC-s vizsgálatával. Az előrejelzések számos területen a klíma abszolút, vagy legalábbis relatív szárazodását jósolják. Ezek a jóslatok az északi mérséklet öv jelentős területét érintik, éppen azokat a területeket, melyeken az elmúlt évtizedekben ütemesen nőtt az erdőállomány és ahol várhatóan ezek a tendenciák folytatódni is fognak. A legtöbb klímaszcenário szerint különösen igaz mindez a Kárpát-medencére. Az erdőségek, mindaddig, amíg teljesülnek az adott vegetáció létfeltételei, még jelentősebb csapadék csökkenés esetén is képesek hosszabb távon fenntartani az ökoszisztéma szénraktározó képességét. Bár a csökkenő csapadék mellett csökken az erdők biomasszája, de hosszabb távon nőhet a talajaik szén megkötő képessége a csökkenő kilúgzódás és a lassuló lebontó folyamatok miatt. Vizsgálataink is ezt a hipotézist támasztották alá, a szárazabb erdők alatt a talajok szignifikánsan (21%-al) magasabb szerves szén koncentrációt mutattak, szignifikánsan (37%-kal) alacsonyabb éves avar produkció mellett is, mint a nedves erdők talajai.

Kulcsszavak: talajbiológia, széntartalom, klímaváltozás, csapadék gradiens, szénforgalom

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben a légköri környezet számottevően változott. Így a CO₂növekvő kibocsátása és ezzel összefüggésben a klímaváltozás korunk legégetőbb környezeti problémájává vált. A CO₂ megkötés tekintetében az erdők szerepe vitathatatlan. Az erdők a földi növényzetben tárolt szén mintegy 90%-át, az alattuk lévő talajokkal együtt mintegy 60-80%-át adják globálisan a szárazföldi növényzet és a talajok összes szén mennyiségének (FAO 2005; FIELD & RAUPACH 2004). Ezen belül az északi félteke növekvő területű mérsékeltövi lombhullató erdői fontos szerepet játszanak a globális szén-ciklusban (BARR et al. 2002), mivel jelentős mennyiségű szén-dioxidot kötnek meg (CANADÉLL et al. 2007). Az erdei talajok szerepe a globális C ciklusban szintén jelentős. Globálisan a talajok a szénháztartás fontos összetevői, amelyek körülbelül két és félszer annyi szenet tartalmaznak, mint amennyi a vegetációban található (FIELD & RAUPACH 2004). Ugyanakkor a talajok globális CO₂ kibocsátását RAICH et al. (2002) $8 \times 10^{16} \text{ g y}^{-1}$ -ra becsülték, ami közel 10-szerese a fosszilis tüzelőanyagok-elégetésből származó CO₂ mennyiségének, így az esetleges mennyiségi változások globálisan jelentkező problémákat is okozhatnak.

A klímaváltozás összetett módon hatott az erdő ökoszisztémákra, melyekbe beleértjük a növényzet mellett a hozzájuk kapcsolódó talajokat is (CHAPIN et al. 2009; KONCZ et al. 2010; MISIK et al. 2018; MISIK et al. 2019; FEKETE et al. 2017). Az erdőségek gyorsuló növekedésüket egyrészt éppen a többlet CO₂ felvételüknek köszönhetik. De nemcsak növekedésük gyorsul, hanem Európában az erdők kora is nő, sőt évtizedek óta az erdőterületek nagysága is növekszik. E három folyamat szinergista módon növeli Európában a fatömeget, így CO₂ megkötő képességüket is, hatékonyan csökkentve ezzel a fosszilis tüzelőanyagok égetésével légkörbe kerülő CO₂ mennyiségét (CLARK et al. 2016).

Európa és távolabb tekintve a Föld számos területén várható az erősödő melegedés miatti evapotranspiráció növekedése és a vegetációs időszakban (gyakran azon kívül is) a mind gyakoribbá és hosszabbá váló aszályos periódusok miatt az erdő-ökoszisztémák relatíve szárazabbá válása (GÁLOS et al. 2009), mely összetett módon, de jelentős hatással van mind a növényzet biomasszájára, mind a talajok széntároló képességére.

Nyugat- és Közép - Európa erdeinek jövőbeli CO₂ megkötő képességének felbecslése szempontjából nagy jelentőségűek a Közép-Európa délkeleti részének erdő ökoszisztémáiban napjainkban lejátszódó folyamatok. E kontinens-részen ugyanis a klímaváltozás kedvezőtlen „velejárója” a szárazodás már eddig is számottevő változást okozott a faállományokban, és feltehetően a hozzájuk tartozó talajokban is. A mediterrán klímára is jellemző száraz nyarak pedig a közeljövőben mind gyakoribbá válnak Közép-Európában, sőt Nyugat-Európa bizonyos területein is (DOMONKOS 2003; BARTHOLY et al. 2007; SAMANIEGO et al. 2018).

Az éves középhőmérséklet és csapadék, de még inkább a vegetációs időszak hőmérsékleti és csapadék értékei jelentős mértékben befolyásolják a talajok

nedvességtartalmát, hőmérsékletét és ezen keresztül a talajokban lévő szerves anyagok bomlását, a tápelemek (KOCIS et al. 2018), illetve bizonyos szerves vegyületek talajokból történő kimosódását, a talajok pH-ját (TÓTH et al. 2013) és biológiai paramétereit. A klímaváltozás a vegetációs időszak hosszabbodásával, valamint a növekvő CO₂ szinttel együtt fokozhatja a képződő biomassza mennyiségét, ugyanakkor kérdéses, hogy az erdőségek (és egyéb területek) talajaiban a biomassza mennyiség növekedése milyen körülmények között növelheti az elraktározott szén mennyiségét is (BOWDEN et al. 2014; FEKETE et al. 2016). A talajok növekvő hőmérséklete megfelelő nedvességgel társulva gyorsítja a lebontási folyamatokat, továbbá a növekvő biomassza mennyiség az úgynevezett priming hatás révén hasonló hatást érhet el, így egyes területeken a talajok szénraktározó képessége akár csökkenhet is (KUZYAKOV 2010). Ugyanakkor a klímaváltozás hatásai egyéb területeken a csapadék csökkenésével, vagy eloszlásának kedvezőtlené válásával (különösen a nyári időszak relatív, vagy abszolút szárazodásával) segíthetik a talajokban a szerves anyagok elraktározódását azzal, hogy fékezik a lebontó (FEKETE et al. 2017), továbbá a kimosódási folyamatokat. Továbbá az ökológiai feltételek változása befolyásolhatja a növények szöveteit felépítő molekulák arányát is, változásokat okozva pl. a nehezen bomló lignin anyagok és a könnyebben bomló szénhidrátok mennyiségében, ami szintén hatással lehet a talajokban felhalmozódó növényi eredetű szerves anyagok mennyiségére.

A klímaváltozás eltérő módon hat a szárazabb és a nedvesebb erdőségek talajainak szénforgalmára. Így kutatásunk egyik célja az volt, hogy összehasonlítsuk a humid erdőségek, kis szerves anyag tartalmú talajainak szénforgalmát a száraz erdők nagy szerves anyag tartalmú talajainak szénforgalmával. Mivel a talajok tulajdonságait számos paraméter befolyásolja rendkívül komplex módon, kutatási projektünkbe olyan eltérő humiditású területeket választottunk ki, melyeknél a klímán kívül az egyéb fontos talajt befolyásoló ökológiai paraméterek hasonlóak. Ennek megfelelően nagyjából sík területeket választottunk a vizsgálati területeink helyszínéül, ahol nem befolyásolja a kapott eredményeket a terület kitettsége, illetve a lejtők dőlésszöge, valamint az erózió. Löszel borított területeken kialakult erdőségeket vontunk a vizsgálatba, kizárva ezzel az alapkőzetek eltéréséből adódó esetleges különbségeket. Ezen túl a Kelet-Közép-Európában gyakori kocsánytalan tölgy által dominált társulásokat vizsgáltunk, hogy az eltérő faji jelleg se befolyásolja eredményeinket.

A Dunántúli-dombság területén és az Alföld peremi dombsági tájakon, ehhez a tanulmányhoz kapcsolódóan összesen 17 erdő ökoszisztémájában végeztük a vizsgálatainkat. Az erdők nedves, mezo és száraz csoportokba sorolásánál az erdő alkotó fafajok szárazsággal szembeni érzékenységét használtuk. A fő állomány alkotó szinte mindenütt a kocsánytalan tölgy volt. Az ezzel elegendő indikatív fafajokat használtuk módon az egyes erdőségek besorolásakor. Ennek megfelelően ahol megjelent a gyertyán azt a területet tekintettük mezo erdőnek és ahol a bükk is előfordult azt pedig humid erdőségnek. Ez az összehasonlítás, mint hamis idősoros módszer – fenntartásokkal – szolgálhat arra is, hogy a száraz erdei

ökoszisztémák – és ezen belül a talajok – jelenlegi szénforgalmi jellemzői előre jelezzék a ma még humid talajok jövőben várható átalakulása során a megváltozó szénforgalmi kapacitásokat. A fenntartások azért szükségesek, mert az eltérő klímán kialakult eltérő talajtípusok szénforgalma eleve eltér valamennyire egymástól. Az előrejelzés a száraz talajok szénforgalmi jellemzői alapján mégis megtehető, mert az adott vizsgálati szempontok mellett, a talajok szénforgalma kevéssé függ a talajtípust meghatározó (évszázadok és évezredek alatt viszonylag állandó klíma hatására kialakult) statikus, robusztus talajtulajdonságoktól (mésztartalom, kémhatás, stabil humuszfrakció), mint a gyorsan változó klíma és biomassza által meghatározott talajparamétereitől (talajhőmérséklet, talajnedvesség, avar mennyiség és minőség).

Kutatásainkban a nedves és a száraz erdők különbségeit vizsgáltuk többféle változó tekintetében. A két erdő típus jobb elkülönítése céljából bevezettük egyfajta „lágy határként” a két típus mellett az átmeneti, vagy mezo erdők fogalmát. Az erdőségeket botanikai és éghajlati alapon is lehet a fenti kategóriákba osztani. A két osztályozási rendszer természetesen jelentős átfedést mutat, azonban különösen a határterületek esetében akadhatnak olyanok, melyek a két kategória alapján eltérnek. Mivel a jelen tanulmányban elsősorban a talajokban található szerves szén vizsgáltuk, melynek mennyiségét az általunk meghatározott vizsgálati feltételek mellett leginkább az avar input mennyisége, a lebomlás és a kimosódás mértéke befolyásolta, így nem a botanikai, hanem az éghajlati paraméterek alapján soroltuk be a területeket a 3 kategória valamelyikébe.

Anyag és módszer

A kutatások előkészítése során 17, az ország különböző pontjain található erdő területet jelöltünk ki, melyek talajtani paramétereinek alakulását együtt vizsgáltuk két fontos éghajlati tényezővel az éves átlagos csapadék értékekkel, illetve az Ellenberg indexel (1. táblázat). A három kategóriát az Ellenberg index alapján határoztuk meg, melynek alapját a vegetációs időszak csapadék és hőmérsékleti értékei jelentik. 30 alatti Ellenberg index esetén soroltuk az erdőterületeinket a nedves erdőkhöz, 30-37 között a mezo erdők, és a 37 fölötti kategóriába kerülő erdőket a száraz erdők közé soroltuk. A vizsgált erdőterületek éghajlati adatait a CARPATCLIM adatbázisa alapján állítottuk össze.

Kutatásaink során a talajok szén tartalmát 3 rétegből mértük (0-5 cm, 5-15 és 15-30 cm), a vizsgálatokhoz elem analízátort használtunk (ElementarVario EL CHNS; Elementar Analysensysteme GmbH), a talajok gomba biomasszáját a talajminták ergoszterol tartalmának vizsgálatával végeztük egy optimalizált HPLC-s módszer segítségével (BÉNI et al. 2017). Az avarprodukción erdőterületenként 4 negyed négyzetméteres négyzet talaj felületén mértük a vizsgált erdő site-okon. A minták K tartalmának meghatározása lángemissziós (FES), Ca

menyisége pedig láng-atomabszorpció (AAS) módszerrel történt. Ezek a meghatározások Thermo Fisher ICE 3300 műszerrel történtek.

1. táblázat. A vizsgált erdőterületek néhány jellemző adata. N: nedves, M: mezo, S: száraz erdőket jelöl.

Erdőterületek nevei	Besorolás	Éves átlagos csapadék (mm)	Ellenberg index
Bajánsenye	n	722,1	28,16
Ispánk	n	703,4	29,14
Szilvagy	n	718,9	26,8
Ortaháza	n	725,4	28,11
Bak-1	n	714,9	26,4
Bak-2	n	712,7	26,5
Bazita (Zalaegerszeg)	n	704,8	28,16
Balatonendréd	m	639,6	31,9
Bag	m	574,8	36,46
Buják	m	594,6	33,8
Sírok	m	583,1	34
Hévízgyörk	m	574,8	36,46
Füle-1	s	577,2	38,83
Demjén-Észak	s	552,8	38,09
Demjén-Dél	s	557	37,68
Kerecsend	s	554,4	37,4
Aszaló	s	556,2	37,58

A minták roncsolása CEM Mars 6-os mikrohullámú roncsoló segítségével történt. A roncsolás során a teflon bombába 0,5 g talajmintához 8 mL 67 % m/m-os salétromsavat adtunk. A folyamat során alkalmazott paraméterek megegyeztek a gyártó által a talajmintákra adott értékekkel. A szemcseméret eloszlást a megfelelő kémiai kezeléseket követő lézer diffrakciós szemcsevizsgálat segítségével határoztuk meg (BUURMAN et al. 1996, CENTERI et al. 2015). Annak érdekében, hogy összehasonlíthassuk a vizsgálat eredményeit a klasszikus, pipettás módszerrel mérhető adatokkal, az agyagfrakció felső határául az 5,8 μm -es méretet választottuk (MAKÓ et al. 2017).

A statisztikai elemzések során egytényezős véletlen elrendezésű modellt (One-Way randomized design ANOVA) használtunk. A szórás homogenitás teljesülésének vizsgálatára a Levene's tesztet alkalmaztuk. A csoportok elkülönítésére Tukey HSD tesztet használtunk, illetve regresszió analízissel vizsgáltuk a talaj szerves anyag tartalmának és az éves átlagos

csapadék értékeknek a korrelációját. A statisztikai vizsgálatokhoz a Statistica 8.0 programot használtuk.

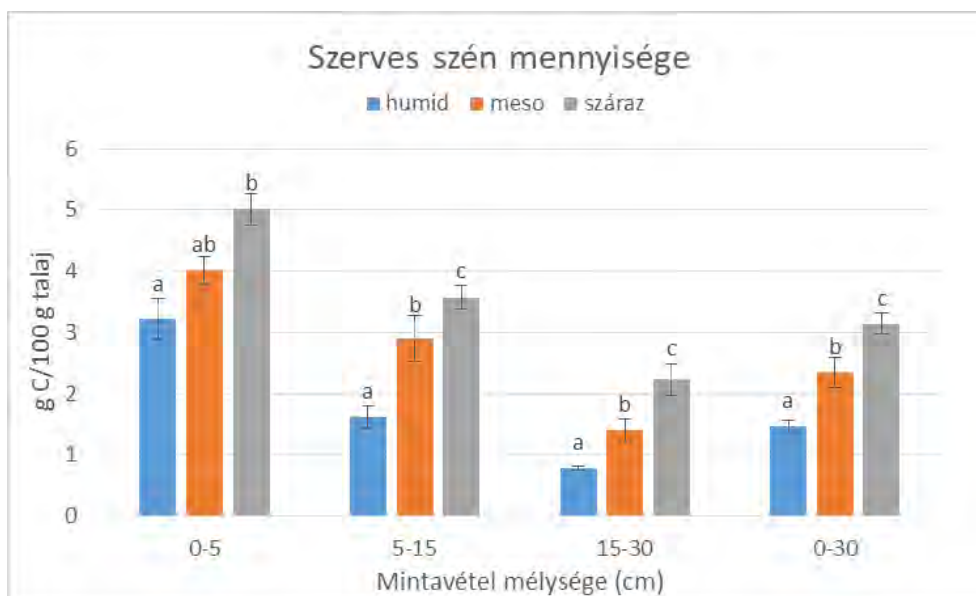
Eredmények és értékelésük

A talajok biológiai aktivitását, elemtartalmi viszonyait számos paraméter alakítja. Ahhoz, hogy a klíma és azon belül is az éves átlagos csapadék értékek talajokra gyakorolt hatását felmérhessük a többi befolyásoló tényezőnek azonosnak, de legalábbis nagyon hasonlóknak kell lennie. Ennek érdekében olyan erdőterületeket jelöltünk ki, melyeknél a környezeti háttér hasonló. A fás vegetáció összetételét (kocsánytalan tölgyes erdő helyenként csertölgygyel, gyertyánnal, illetve bükkal keverve) is figyelembe vettük. Az erdőségek kiválasztásakor azok korát is figyelembe vettük, amely mutatott ugyan némi különbséget, de a talajok gyorsabb változását előidéző gyorsan növekvő fiatal erdőket kizártuk a vizsgálatokból. A talajképző alapkőzet jégkorszakban lerakódott lösz, ami az eltérő klíma hatására némi eltérést mutatott az egyes területeken (pl. a mállás mértéke tekintetében), így a nedvesebb területeken vályogosodott. A vizsgálati területekre jellemző szemcseösszetétel és lejtő kitettség szintén hasonló volt. Az eróziós hatások elkerülésére a meredek, vagy közepes lejtőket kizártuk, csak sík, vagy egész enyhe 1-2 %-os lejtőket választottunk és a pangó vizes talajú területeket is lehetőség szerint kerültük a területek kiválasztásakor. A különböző éves csapadéku területeken eltérő típusú barna erdőtalajok (BET) alakultak ki, melyek a gyengén podzolos barna erdőtalajoktól, az agyagbemosódásos BET-eken és a Raman-féle BET-eken át egészen a csernozjom barna erdőtalajokig terjedtek, sőt egyes szárazabb helyeken a mészlepedékes csernozjomok is megjelentek. A sok éves csapadék átlagok 552 mm-től 722 mm-ig terjedtek erdőterületenként.

Bár a Kárpát-medencei erdőségek talajainak szerves szén készlete összességében sok száz, sőt több ezer év alatt alakult ki, a talajok szén tartalma már néhány évtized, sőt év alatt is sokat csökkenhet, vagy nőhet a változó körülmények hatására (KOTROČZÓ et al. 2008; FEKETE et al. 2011; KOTROČZÓ et al. 2017; FEKETE et al. 2017) és még gyorsabban változhatnak az ezeket alakító talajbiológiai folyamatok (Fekete et al. 2008, BÉNI et al. 2014; BÉNI et al. 2017). A talajok szerves anyagai a növényi és állati, valamint mikrobiális maradványok bonyolult kombinációját adják, melyek a bomlási folyamatok különböző szakaszaiban vannak, ezeket a vegyületeket kiegészítik az élő talajorganizmusok sejtjei, szöveitei. A talaj szerves anyagainak három fő csoportja a teljes bomlási idejét tekintve jelentős különbségeket mutat. Az oldott szerves anyagok rendkívül gyorsan általában 1-2 év alatt lebomlanak (esetenként néhány nap alatt), a szilárd szerves anyag részecskék vegyülettípusától és klímától függő bomlása átlagosan 15-100 év közé esik, míg a humusz anyagoknál leggyakrabban 500-5000 év ez az időszak (BRADY & WEIL 1999). Az első két csoporttal szemben a humusz vegyületek biológiailag szinte teljesen inaktívak, mivel átlagosan a talajok összes szerves anyag tartalmának 35–50%-át teszik ki (bár bizonyos esetekben mindkét irányban túlnyúlhatnak ezen az értékskálán). Így könnyen

érthetővé válik, hogy a talajok miért tudják néhány év, vagy évtized alatt elveszíteni szerves szénkészletük felét, vagy akár kétharmadát még akkor is, ha eróziós veszteségek nem jellemzőek az adott területen.

A száraz erdőségekben mind a három vizsgált talajsztintben szignifikánsan magasabb széntartalmat mértünk (1. ábra) annak ellenére is, hogy az avarprodukció szintén szignifikánsan, mintegy 37 %-al magasabb volt a nedves erdők területén (9,9 tonna/ha és 7,2 tonna/ha).

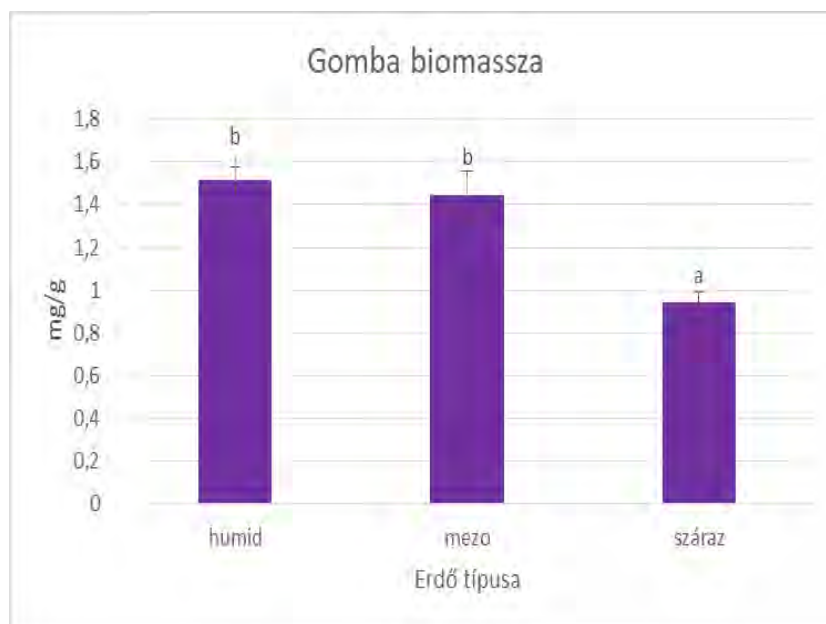


1. ábra. A vizsgált erdőterület-csoportok szerves szén mennyisége (g/100g száraz talaj)

Nedvesebb környezetben, főleg ha a vegetációs időszakban is optimális a lebontó szervezetek számára a talaj nedvességtartalma, felgyorsul a szerves maradványok lebomlása és emellett a talajokból történő kimosódási folyamatok is felerősödnek. Ez tetten érhető abban is, hogy az általunk vizsgált nedves erdőségek talajaiban a könnyebben kimosódó tápelemek, így pl. a Ca, vagy a K mennyisége is jelentős különbséget mutat a száraz erdők talajaiban mért értékekhez képest. Az oldható szerves vegyületek vélhetően részben hasonlóan viselkednek.

A száraz erdőségekben a kálium 225 %-kal, míg a kalcium 711 %-kal magasabb értéket mutatott, mint a nedves erdőkben, mutatva ezzel a kimosódás szignifikáns különbségeit a két erdőtípus taljai között. A talajok pH-ja szintén ezeknek a folyamatoknak megfelelően alakult. Az általunk vizsgált nedves erdőségek felső 5 cm-es rétegének átlag pH értéke $5,29 \pm 0,15$, míg a száraz erdőké csaknem semleges $6,85 \pm 0,16$, mely szignifikáns különbséget mutat a két típus között.

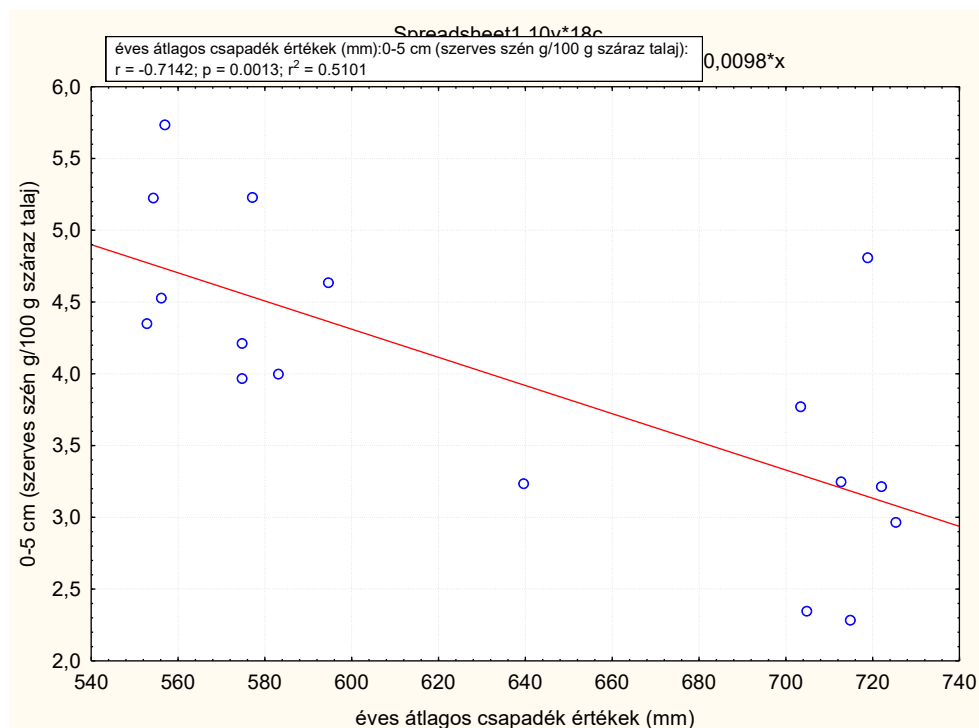
A lebontó folyamatok intenzitását a talajok gomba biomasszája is befolyásolhatja, mivel az erdőtalajok esetében a szaprofita gombák tevékenysége különösen jelentős, amire a pH is befolyással lehet. A szubsztrátként szereplő avar nedves erdőterületeken mért nagyobb mennyisége és a gombák gyorsabb szaporodásához és nagyobb aktivitásához nélkülözhetetlen magasabb talajnedvesség értékek valószínűsítették a humid erdők nagyobb gombabiomasszáját. Vizsgálataink alátámasztották mindezt, a nedves erdők talajaiban 61%-al magasabb gomba biomassza értéket mértünk, mint a száraz erdőkében (2. ábra).



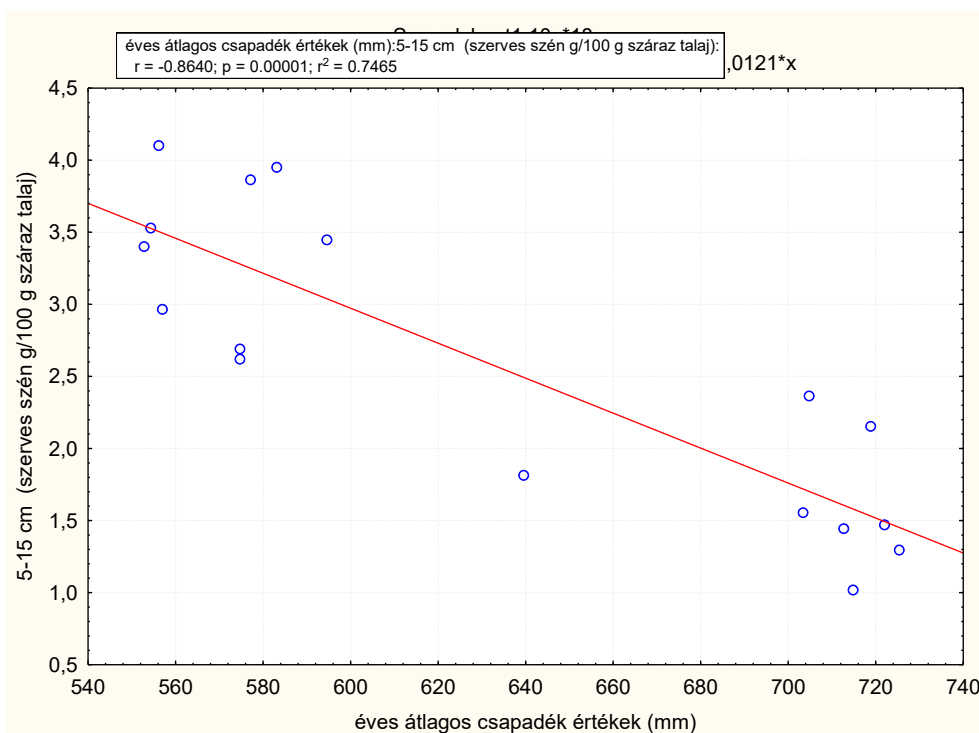
2. ábra. A vizsgált erdőtípus csoportok gomba biomassza mennyiségei (mg gomba/g száraz talaj)

Hipotézisünk szerint a száraz, mezo- és humid erdősek közötti szerves anyagok koncentrációjában mutatkozó különbség elsődleges oka az eltérő éves csapadékatlagok voltak. Ennek bizonyítására regresszió analízissel vizsgáltuk a talajok szerves anyag tartalmának és az éves átlagos csapadék értékeknek a kapcsolatát.

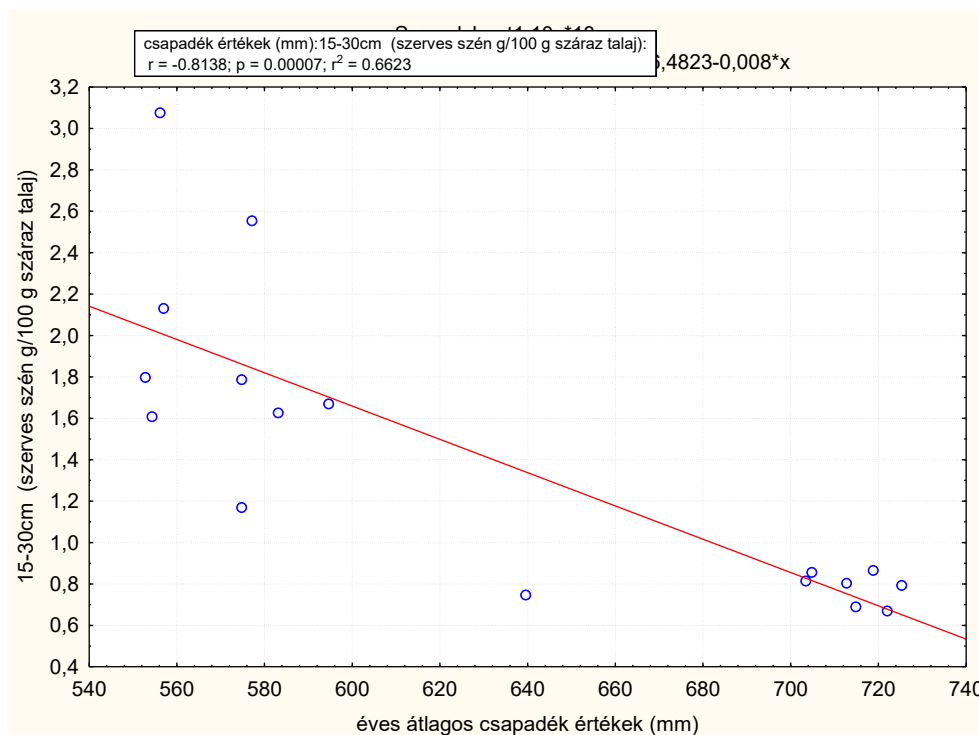
Vizsgálataink azt mutatták, hogy minden talajrétegben erős korreláció tapasztalható a két változó között, melyet a magas R^2 és alacsony p értékek is mutattak, de a mélyebb rétegekben nagyobb korrelációt találtunk (3. 4. 5. és 6. ábrák). Ez leginkább azzal magyarázható, hogy az egyes erdőterületeken, a talaj felszínén különböző nehezebben bomló szerves anyag felhalmozódások figyelhetők meg, ami a felső 5 cm-es réteg esetében befolyásolhatta a talajok szerves anyag tartalmát, míg a mélyebb rétegekben ezek a felszíni hatások már nem, vagy csak jóval kisebb mértékben érvényesülhettek.



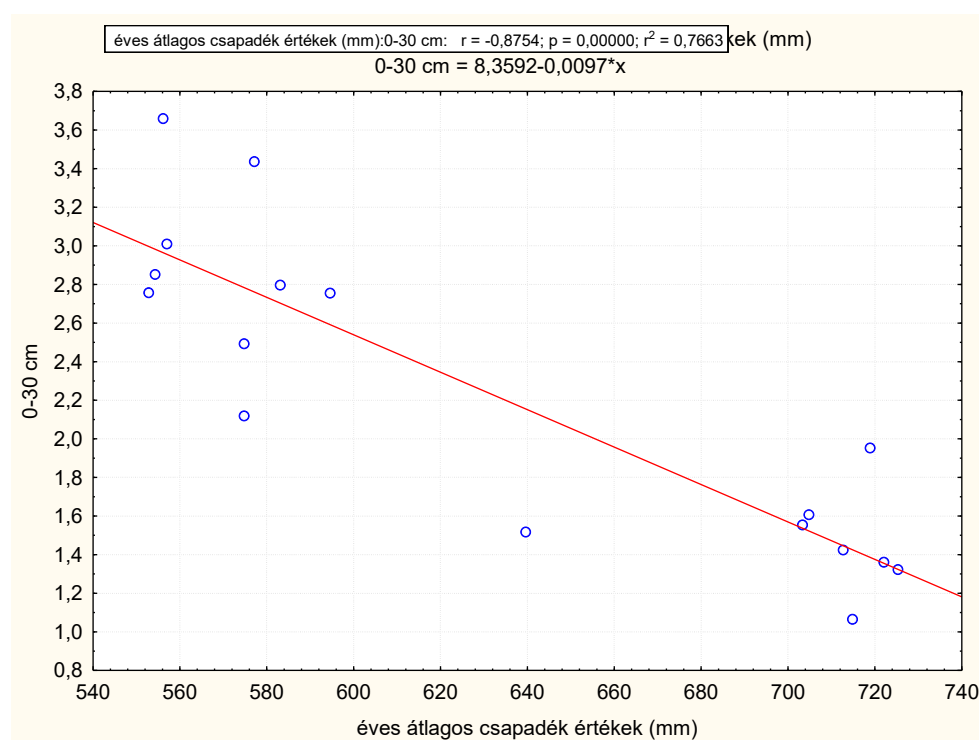
3. ábra. Az éves átlagos csapadék-értékek és a talajok szerves szén készletének korreláció vizsgálata regresszió analízis segítségével a talaj felső 5 cm-es rétegében.



4. ábra. Az éves átlagos csapadék értékek és a talajok szerves szén készletének korreláció vizsgálata regresszió analízis segítségével a talaj 5-15 cm-es rétegében.



5. ábra. Az éves átlagos csapadék értékek és a talajok szerves szén készletének korreláció vizsgálata regresszió analízis segítségével a talaj 15-30 cm-es rétegében.



6. ábra. Az éves átlagos csapadék értékek és a talajok szerves szén készletének korreláció vizsgálata regresszió analízis segítségével a talaj 0-30 cm-es rétegében.

Következtetések

Vizsgálataink azt mutatják, hogy a változó klíma feltételek mellett is jelentős marad az erdők szén tároló kapacitása. Ez még akkor is így van, ha a jelentős csapadék csökkenés mellett csökken az erdők biomasszájában tárolt szén mennyisége, így az avar révén a felszínre jutó szerves anyag mennyisége is. Ennek a folyamatnak az okát a csökkenő kilugzás és a lebontó folyamatok lassulása adhatja meg, aminek következményeként nő a talajokban tárolt szén mennyisége (FEKETE et al. 2017). A növekvő légköri szén-dioxid koncentráció, továbbá a vegetációs időszak hosszának megnyúlása a biomassza mennyiségét növeli jelentősen (PRETZSCH et al. 2014), ám ez a hatás csak ott tud igazán érvényesülni, ahol a csapadék csökkenése nem gátolja a növényzet növekedését. A meglévő erdőterületek megtartása, lehetőség szerint növelése számos egyéb ok mellett, a területek stabil szén tároló kapacitása miatt is előnyös. Azonban fontos kérdés, hogy a száraz erdőkben felhalmozódó szerves anyag többlet milyen vegyületekből áll, mennyire tudnak felhalmozódni a lebomlásnak tartósan ellenálló molekulák, illetve a talajok ásványi összetevőivel kialakított komplexek mekkora védelmet biztosítanak a hozzájuk kötött szerves maradványoknak.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a 125688 és a 126478 számú projekteknek köszönhetően a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a KH_17 pályázati program finanszírozásában valósult meg.