

AZ ERDEI AVAR TÖMEGE ÉS VÍZTARTÓ KÉPESSÉGE KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS

Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Kalicz Péter és Gribovszki Zoltán

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

Az erdei vízkörforgalom egyik állomása az avar, mely a saját tömegénél is több vizet képes a csapadékból visszatartani. Munkánk három fafaj (lucfenyő, bükk és kocsánytalan tölgy) esetén vizsgálta az avar víztartó képességét a száraztömeg függvényében. Az avargyűjtés módszerével nyert eredmények azt mutatták, hogy az avar által maximálisan felvehető vízmennyiség nagyban függ az avar száraztömegétől. Méréseink szerint az avar egy kilogrammnyi tömegére jutó maximális víztartalom 2,1–2,2 liter.

Kulcsszavak: avar, tározási kapacitás, avar-tömeg

DRY WEIGHT-DEPENDENCE OF WATER CAPACITY OF THE FOREST LITTER

Abstract

One station of the forest water cycle is the forest litter, which can retain more water from the precipitation than its own dry weight. This study examined the litter water storage depending on the dry weight for three species (spruce, beech, sessile oak). The results obtained with the method of collecting litter showed that the leaves can be uptaken by the maximum amount of water depends on especially the dry weight of the litter. According to our measurement the maximum water content of the litter per kilogram dry weight is 2.1–2.2 litres.

Keywords: forest litter, storage capacity, litter dry weight

BEVEZETÉS

Az erdőállományra érkező csapadék először a lombkorona szintjét éri el, és ott a lomblevelek a rájuk hulló esőcseppek egy részét visszatartják. Csak a továbbjutó állományi csapadék éri el az avartakarót, mely szintén jelentős mennyiségű vizet képes tárolni. Az avarleveleken a csapadék egy része a többé-kevésbé bomlott avarlevelek morfológiájától függően különböző sebességgel jut át. Míg a lombleveleknek inkább csak a felületük nedvesedik, addig az alomnak a belseje is képes vizet tárolni. Ezért a csapadék átjutásának sebessége is befolyásolja, hogy egy-egy csapadékeseménynek mekkora hányadát tartja vissza az avar. Több vizet tarthat vissza, a tározási kapacitás mértékéig, ha lassabban jut át rajta a csapadék.

Az avar által a csapadékból visszatartott vízmennyiséggel, az avarintercepcióval számos tanulmány foglalkozik. Hazai szinten az avarintercepció témakörében – kapcsolódva a lombkorona-intercepcióhoz – Führer (1992, 1994) és Sitkey (2006) publikált, de az avar nedvességtartalmával más-más szempontból több kutató is foglalkozott (Ijjász 1936; Cseresnyés és Csontos 2007; Gácsai 2000).

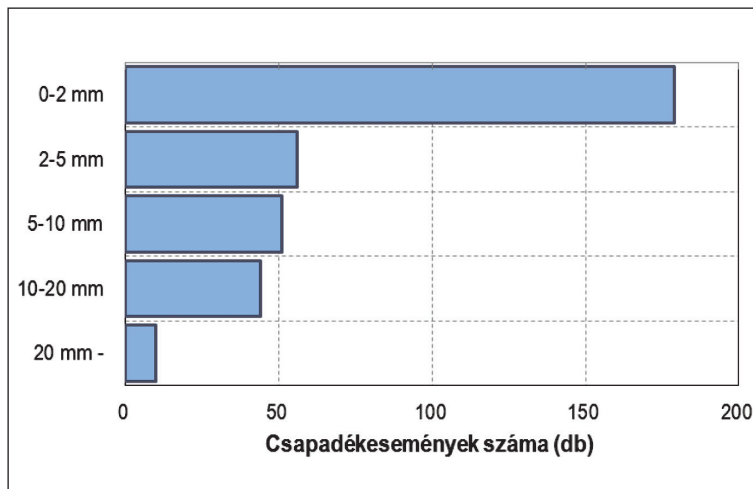
Az avar a tömegénél nagyobb vízmennyiséget is képes raktározni (Juhász, 2002). Van azonban az avarnak egy olyan maximális tározási kapacitása, melynél nagyobb vízmennyiséget már nem tud tárolni, bármilyen tartós csapadékesemény zajlik is. A nemzetközi, az avarintercepció vizsgálatát célzó publikációk terepi (Gerrits 2010) és laboratóriumi mérések (Sato és mtsai 2004) adatait közölve megadnak maximális tározási kapacitás értékeket is az avar négyzetméterére vonatkoztatva.

Munkánkban az avar maximális víztartó képessége alapján három állományt hasonlítottunk össze: bükköt (*Fagus sylvatica* Linnaeus, 1753), lucfenyőt (*Picea abies* (L.) Karsten, 1881) és kocsánytalan tölgyet (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., 1784). Az avar víztartalmának vizsgálatához állományonként körülbelül ötszáz darab minta szolgáltatott adatokat három év alatt (2003–2005). Ezek víztartalmi és száraztömeg-elemzését mutatjuk be a következőkben.

A vizsgálati időszak csapadékviszonyai

Az avar víztartalmát a klimatikus feltételek is befolyásolják, ezért szükséges a csapadékviszonyokat röviden áttekinteni. A mérések 2003. szeptember 1-je és 2005. november 10-e között zajlottak. Ez alatt az időszak alatt összesen 1480 mm csapadék hullott a Brennbergbánya Borbálatelep mérőhely adatai szerint (Kiss 2012). Ez a csapadékmennyiség 340 csapadékeseményből tevődik össze, melyek egy része csapadéknym. A vizsgálati időszak csapadékainak nagyság szerinti megoszlását mutatja az 1. ábra.

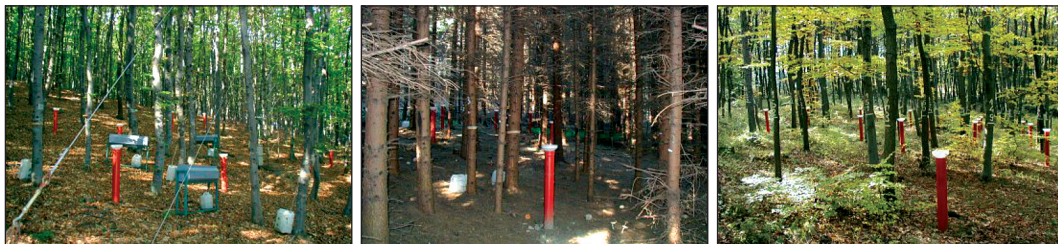
Érdemes megjegyezni, hogy az 2 mm-nél kisebb csapadékok jellemzően nem jutnak át a lombkoronán (Kucsara 1996). Ezek száma 179 volt, több mint a fele az összes csapadékeseménynek, össz mennyiségük azonban alig haladta meg a 80 mm-t. A 20 mm-nél nagyobb csapadékok 267 mm-t tettek ki. Egész naptári éveket tekintve 2003 a sokéves átlag alatti (493 mm) csapadék miatt szélsőségesen száraz év volt, a 2005-ös (737 mm) a csapadékból leggazdagabb a vizsgált három év közül.



1. ábra: A vizsgált időszak csapadékeloszlása
Figure 1: Rainfall distribution of the investigational period

A vizsgálati terület bemutatása

A kutatás helyszíne a Soprontól nyugatra fekvő Hidegvíz-völgy. A mintavételekre a Nyugat-magyarországi Egyetem által működtetett intercepciós kertek közvetlen közelében került sor (2. ábra), ahol több erdészeti hidrológiai vizsgálat folyik (Kucsara 2003). Ezekhez kapcsolódik elemzésünk is.



2. ábra: Bükkös, lucos és kocsánytalan tölgyes intercepciós kert
Figure 2: Interception garden in beech, spruce and sessile oak stand

A bükkös állomány a Farkas-árokban, a 171/G erdőrészletben 510 m tengerszint feletti magasságban fekszik, 15% lejtésű K-i kitétségű, többletvízhatástól független területen. A természetes társulásnak megfelelő kocsánytalan tölgyvel elegyes állomány talaja savanyú nem podzolos barna erdőtalaj. A 2005. évi adatok alapján 100% záródású, 17–18 m átlagmagasságú, egyszintes, mag eredetű 18 (B)–23 cm (KTT) mellmagassági átmérőjű erdőrészlet-állomány, 1764 (B)–588 (KTT) törzsszámmal. A kocsánytalan tölgy mint szórt elegy van jelen. Az állomány kora a jelen kutatás megkezdésekor 2003-ban 44 év volt (Vig 2000; Erdészeti üzemterv 2005). A faállomány aljnövényzete gyér.

A lucos mintavételei hely a bükkös közvetlen közelében, 500 m tengerszint feletti magasságban volt (171/H erdőrészlet). Az erdőrészlet 2005. évi adatai szerint az állomány záródása 83%, fmagassága 17 (LF)–18 m (B), a törzsek átmérője 18 (B)–23 cm (LF), egyszintes, mag eredetű, törzsszáma 3000 (B) és 828 (LF), elegyaránya 73–27%, a luc csoportos elegyként jelenik meg. Az intercepciós kert az erdőrészlet elegyetlen lucos foltjában helyezkedik el. A lejtés-, kitétség-, hidrológiai és talajviszonyok a bükkössel megegyeznek (Erdészeti üzemterv 2005). Lágyszárú szintje nincs. A lucos állomány kora 33 év volt kutatásunk kezdetekor, ez volt a vizsgált három állomány közül a legfiatalabb.

A kocsánytalan tölgy állomány a két fenti területtől távolabb, a 163/K erdőrészletben fekszik, 3–6% lejtésű nyugati oldalon. Az erdőrészlet 2005. évi adatai szerint az állomány főfafaja a kocsánytalan tölgy, melyben csoportos elegyet alkot a bükk. Átlagos magassága 14 (KTT)–15 m (B), záródása 87%-os, átlagos átmérők: 14 cm (KTT) és 16 cm (B), 5400 (KTT) és 2205 (B) a törzsszám. A 2003-ban 37 éves állomány többletvízhatástól független, podzolos barna erdőtalajú természet szerű erdő (Erdészeti üzemterv 2005). Aljnövényzete ritka. Az intercepciós kertben a bükk szálanként fordult csak elő.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A víztartalom-meghatározáshoz az avargyűjtés módszerét (Helvey 1964) alkalmaztuk. Az avarminták gyűjtésének kezdete 2003. szeptember 1. volt. A gyűjtési módszer kidolgozásának kezdetét jelenti ez az időpont, amikor kísérleti jelleggel egy bázisvonal mentén méterenként, összesen 10 darab 20 cm × 20 cm-es mintát vettünk a középkorú kocsánytalan tölgyes állományban. A kezdeti feldolgozások alapján ez a mintaszám és mintanagyság a víztartalom változatossága alapján megfelelőnek bizonyult. A megfelelőséget a következő képlet (Kozák és Orbay 1989) alapján kalkuláltuk:

$$n = \left[\frac{s \cdot t_{\alpha/2, v}}{E} \right]^2, \quad (1)$$

amelyben n : minták száma,
 s : szórás,
 $t_{\alpha/2, v}$: t-próba kritikus értéke E értékénél,
 v : szabadságfok, $v = n - 1$,
 E : a minta hibája.

A pontosítás érdekében a következő mintavétel alkalmával a mintanagyságot, a fenti módszer alkalmazása mellett, 30 cm × 30 cm-re növeltük. Ezt a mintavételt már mindhárom állományban elvégeztük. Az elemzés során a mintanagyság növelése ellenére a mérés statisztikailag megbízhatatlanabbnak bizonyult. A mintavétel időpontjában ugyanis nagyobb volt az avar átlagos víztartalma és változatossága is, mely növelte a statisztikai bizonytalanságot. Ennek oka, hogy az átlagos nedvességtartalom növekedésével a nedvesség térbeli heterogenitása is fokozódik (a minták szórása is nő). A mintanagyságot ezért 40 cm × 40 cm-re növeltük, majd az avarmintavétel megkönnyítésére készült avargyűjtő keret mérete miatt 38 cm × 38 cm-esre változtattuk (3. ábra) 2003. október 21-től. A minták száma fafajonként 10–10 darab maradt. A mintavétel – az időjárás és útviszonyok függvényében – legfeljebb heti gyakoriságú volt. Az utolsó avargyűjtés napja 2005. november 10-ére esett.



3. ábra: Az avargyűjtéses módszer bemutatása
 Figure 3: The presentation of the method of litter collecting

Az avarmintavételek alkalmával szembesültünk a mintavétel bizonyos fokú szubjektivitásával, vagyis hol húzzuk meg a határt az avar és a talaj között, ami keveredésükkor meglehetősen nehéz (4. ábra). További kérdés, hogy a humuszosodási folyamat jellegéből adódóan mit tekintünk avarnak, mit humusznak.

A mintavételek során arra törekedtünk, hogy csak a felismerhető növényi eredetű részeket gyűjtsük be, lehetőleg maradéktalanul, a talajt viszont ne. A bázisvonalat minden alkalommal külön jelöltük ki a megelőző avargyűjtés bázisvonalával párhuzamosan, a korábbi mintavételi helyeket nem érintve.

Az avar szoros értelemben vett elhalt levélállománya nem különül el a letört gallyaktól, korhadó ágaktól, lehullott termésektől, tobozoktól és kisebb lágyszárúaktól, legalábbis azok tövétől. Mivel lényeges, hogy minél rövidebb időtartam teljen el az egyes minták gyűjtése, sőt az adott napon az egyes állományokban a mintavételek között, ezért előzetesen fontos volt tisztázni, hogy ezen elemek közül mit tekintünk az avarhoz tar-

tozónak. Helvey (1964) munkája nyomán arra az álláspontra jutottunk, hogy az egy centiméternél vastagabb ágakat és tobozokat, valamint a légyszárú növényeket nem tekintjük a vizsgálat során az avar részének. Ez a gyakorlat csak az első mintavételeket követően alakult ki, így az elemzések kezdeti mérései nagyobb bizonytalansággal terheltek.



4. ábra: A vizsgált fafajok (LF, KTT, B) avarmetszetei

Figure 4: The litter sections of measured tree species (spruce, oak, beach)

A terepen kiemelt mintákat simítózáras tasakokba helyeztük, hogy a nedvességtartalmukból a gyűjtés és feldolgozás közötti időben ne veszítsenek. A feldolgozás során laboratóriumban mértük a nedves tömeget, és ezután a mintákat szárítószekrényben 105 °C-on súlyállandóságig szárítottuk, majd meghatároztuk a száraztömeget és a kettő különbségeként a visszatartott vízmennyiséget. A természetben az általunk meghatározott abszolút száraztömeg nem fordul elő, csak a légszáraz állapot. Helvey (1964) nyomán viszont mégis ezt a módszert alkalmaztuk, mellyel jelentősen gyorsítottuk az egyébként több hetesre nyúló szárítási folyamatot. Méréseink szerint a légszáraz és az abszolút száraz állapot nedvességtartalma közötti különbség 12–14%.

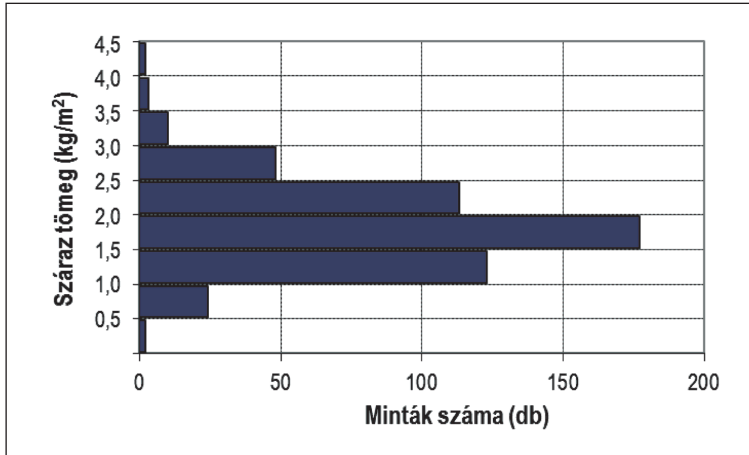
EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Az avar száraz tömege és nedvességtartalma közötti összefüggés feltárásához először az avarminták száraztömegét elemeztük. A száraztömeg tekintetében a luc állományban mutatkozott a legnagyobb érték. A m²-re átszámolt avartömegek előfordulási gyakoriságait mutatják az 5–7. ábrák a 2003–2005. évekre vonatkozóan. A lucfenyő avartömegek jellemzően 1–2,5 kg/m² tartományban fordultak elő, átlagosan 1,85 kg/m². Leggyakoribbak az 1,5–2 kg tömegű avarminták a vizsgált állomány egy négyzetméterére vonatkozóan. Kiemelkedően nagy, 4 kg/m²-nél nagyobb tömegű minták is előfordultak, bár kisebb számban. Ezek a minták korhadó fatörzsek, földből kiemelkedő gyökerek mellől származnak, ahol az avar felhalmozódik.

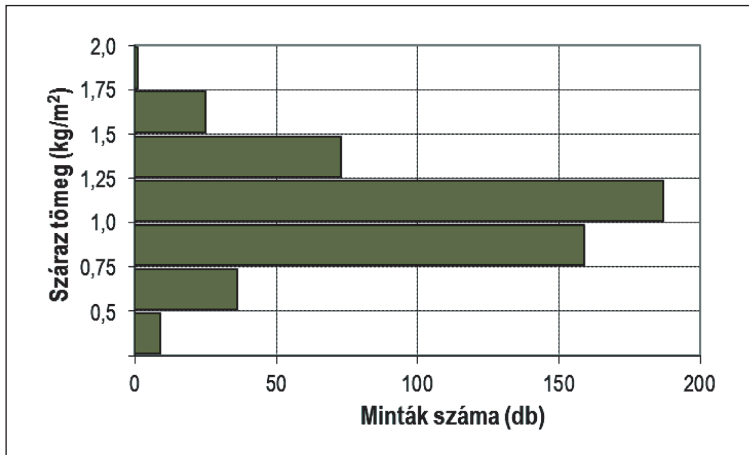
A bükk állományban a száraztömegértékeket tekintve a minták egyharmadát foglalja magába az 1,0–1,25 kg/m²-es tartomány. A minták 70%-a esik a 0,75–1,25 kg/m² száraztömegértékek közé. A legmagasabb értékek jellemzően nem haladják meg az 1,75 kg/m²-t. Az átlagos avartömeg a bükk esetében 1,06 kg/m².

A kocsánytalan tölgy avarmintáit jellemzik a legalacsonyabb száraztömegértékek: 0,5–1,0 kg/m². Ebbe az intervallumba tartozik a minták 70%-ot meghaladó hányada, egyharmada a 0,75–1,0 kg/m² tartományba. Az 1,75 kg/m²-t a kocsánytalan tölgy avar száraztömege sem haladja meg. A minták átlagértéke 0,8 kg/m².

A fafajok között határozott különbség van. Legnagyobb avartömege a lucfenyőnek van a vizsgált állományokban. A bükk avartömege átlagosan a fele, mint a lucos állományé. A kocsánytalan tölgy állomány rendelkezik a legkisebb szárazavartömeeggel, itt körülbelül 0,25 kg-mal kevesebb avar található m²-enként, mint a bükkösben.



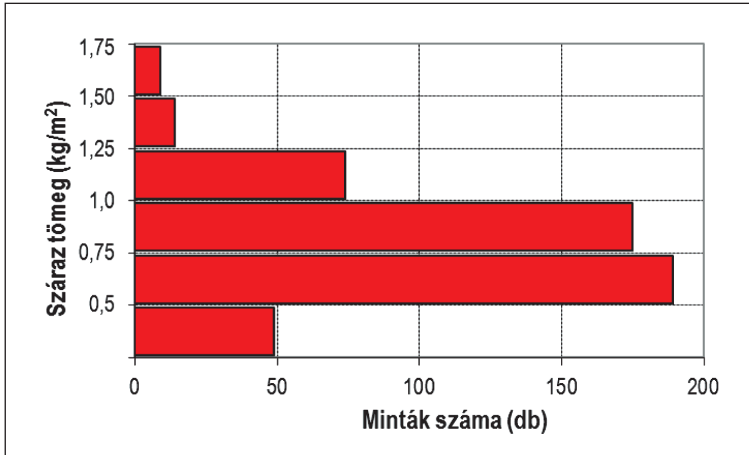
5. ábra: Lucfenyő avarminták szárastömegértékeinek előfordulási gyakorisága
 Figure 5: Incidence of dry weight values of the spruce litter samples



6. ábra: Bükk avarminták szárastömegértékeinek előfordulási gyakorisága
 Figure 6: Incidence of dry weight values of the beech litter samples

A pontdiagramok (8–10. ábra) a 2003. szeptember és 2005. november között gyűjtött minták vízréteg-vastagságra (mm) átszámított víztartalmát a szárazavartömeg függvényében szemléltetik. Az állományonként átlagosan 500 adatpárt feltüntető ponthalmazok mutatják, hogy a vizsgálat két éve során jelentős eltérés volt az egyes fajok között mind a száraztömeg, mind a víztartalom esetén. A különbség leginkább a lucos és a másik két állomány között szembetűnő, vagyis a tűlevelű és lombhullató állományok között. Míg a kocsánytalan tölgy és a bükk esetén a maximálisan mért víztartalom nem haladta meg a 4 mm-t, addig a lucfenyő esetén 5–7 mm közötti vízvisszatartás is előfordult.

A minták statisztikai kiértékelésekor azt a módszert alkalmaztuk, hogy fajonként az adatpárokat a szárazavartömeg függvényében meghatározott kategóriákba osztottuk. Ezeket a kategóriákat a kisebb avartömegű bükk és kocsánytalan tölgy esetén 100 g-onként, lucnál 250 g-onként osztottuk be. Az egyes csoportokat a visszatartott vízmennyiség szerint rendezve a legnagyobb vízmennyiségű adatpárokat (a kategória elemszámának 5%-át) választottuk ki, melyekkel regressziós egyenest rajzoltunk. Abban az esetben, ha a ka-

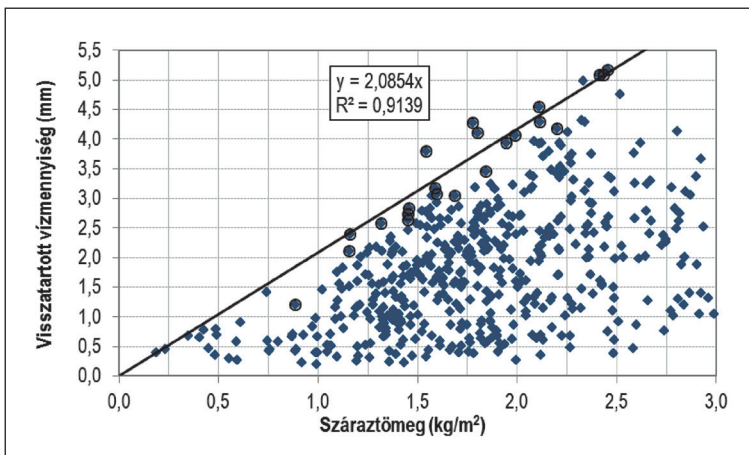


7. ábra: Kocsánytalan tölgy avarminták szárastömegértékeinek előfordulási gyakorisága
 Figure 7: Incidence of the dry weight values of the sessile oak litter samples

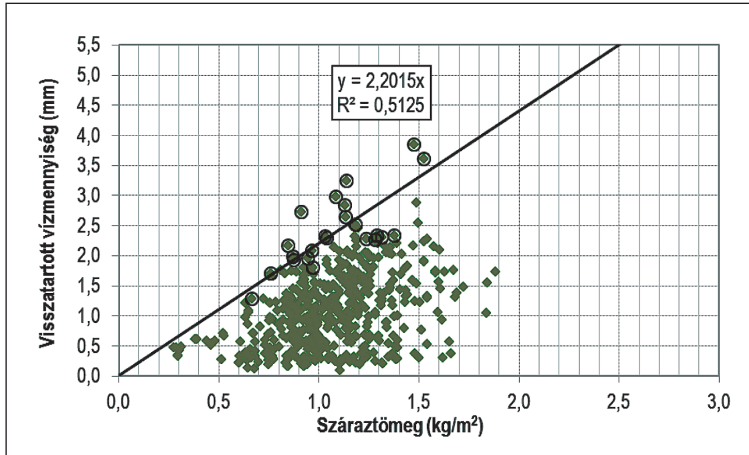
tegóriában található minták darabszámának 5%-a nem érte el az egyet, akkor abból a csoportból nem került egy adatpár sem a regressziós egyenes megrajzolásához felhasznált pontok közé. Ennek főként a nagyobb avar-tömegek esetén van jelentősége, ahol rendszerint már kevesebb minta fordul elő, és kisebb eséllyel található közöttük magasabb víztartalmú adatpár. Az egyenesek az adott szárazavartömeghez (m) tartozó maximális visszatartott vízmennyiséget (w_{\max}) mutatják. Az egyenesek általános egyenlete:

$$w_{\max} = d \cdot m \quad (2)$$

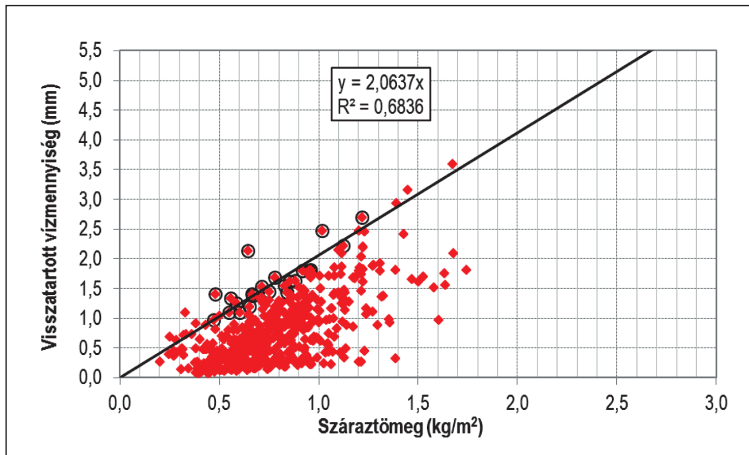
Megjegyzés: Elméleti feltételezés, hogy a 0 pontban van a tengelymetszet, vagyis a 0 g száraztömeghez 0 mm visszatartott vízmennyiség tartozik.



8. ábra: Lucfenyő avarminták víztartalomértékei a száraztömeg függvényében
 Figure 8: Water content of spruce litter samples as a function of the dry weight



9. ábra: Bükk avarminták víztartalomértékei a száraztömeg függvényében
Figure 9: Water content of beech litter samples as a function of the dry weight



10. ábra: Kocsánytalan tölgy avarminták víztartalomértékei a száraztömeg függvényében.
Figure 10: Water content of sessile oak litter samples as a function of the dry weight

Az egyenesek meredeksége (d) hasonló: azonos a luc és a kocsánytalan tölgy esetén (2,1), és kissé eltérő a bükk esetén (2,2). A szakirodalomban közölt feltevés, miszerint a túlevelek nagyobb felületük miatt fajlagosan több vizet képesek visszatartani, nem igazolódik az adataink szerint (elképzeltető, hogy az avar a mérések során sosem telítődött teljesen).

A száraztömegadatok és víztartalommal való összefüggésük alapján azt a következtetést tehetjük, hogy a különböző avaroknak az egységnyi tömegre eső effektív vízvisszatartási tulajdonságukban az adataink alapján jelentős eltérés nincs, vagyis a maximálisan visszatartott vízmennyiség sokkal inkább függ a száraztömegtől, mint a fafajtól. A száraztömeg természetesen függ a fafajtól, kortól, klímától és más körülményektől, így közvetve ezek is befolyásolják a maximálisan visszatartott vízmennyiséget. Méréseink szerint egy kilogramm avar 2,1–2,2 liter csapadékot képes tárolni. Átlagos avartömegre kiszámítva a tározási kapacitást a vizsgált három állomány esetén az adott időszakban a következő értékeket kapjuk: bükk 2,3 l/m², lucfenyő 4,1 l/m², kocsánytalan tölgy 1,8 l/m².

A maximális víztartalomra vonatkozó becslés a numerikus modellek esetén jól alkalmazható, mivel a maximális tározási kapacitás az avartömeg ismeretében fafajtól függetlenül megadható. Az avartömeg alatt az adott területen az avarszintben fellelhető holt növényi részeket értjük. Megjegyzendő azonban, hogy ez az avar többé-kevésbé bomlott részeket is tartalmaz, és az általunk közölt érték a bomlatlan és a még felismerhető növényi részeket tartalmazó bomlott részek összességére vonatkozik, tehát az éves avarprodukción (az egy év alatt keletkező, avarszinthez hozzáadódó holt növényi részek) meghatározó vizsgálatok nem adaptálhatók közvetlenül a becslésekhez. Az avar eltérő bomlási fázisú részei ugyanis a nedvességet különböző mértékben képesek tárolni (Ijjász 1936). Az avar különböző bomlási fázisait szétválasztva bükk esetén a Führer és Jagodics (2009) szerzőpáros azt a megállapítást tette, hogy a bomlatlan avar és a bomló avar (melyben még felismerhetők a növényi részek) aránya 9:7-hez. Gyertyános-kocsányos tölgyes állományban e két fázis tömegaránya pedig egyenlő. Járó (1963) azonban rávilágít, hogy a keletkező avar bomlási sebességét több tényező is befolyásolja. Feltételezhető tehát, hogy nem az avarprodukción, hanem a tényleges avartömeget közlő szakirodalmi adat használható a becslésekhez.

A klímaváltozás hatására is változik az avartömeg (Tóth és mtsai 2008). Szakirodalmi adatok szerint a dendromassza föld feletti része a klíma szárazodásával (fafajtól függetlenül) erőteljesen csökken (Mátyás és mtsai 2010), így a régebben közölt avartömegadatok használata is gyengítheti a becslések pontosságát.

Nagyobb területeken (pl. egy vízgyűjtő) az avar maximális tározási kapacitásának becslésekor felmerülhet még az erdészeti tevékenységek hatása, a megbontott erdőállományban keletkező folytonossági hiány. Érdeemes lehet figyelembe venni, hogy az ilyen lékekben, nyiladékokban eltérő klimatikus és állományi viszonyok hatására hogyan változik az avar mennyisége.

DISZKUSSZIÓ

Méréseink szerint egy kilogramm avar 2,1–2,2 liter csapadékot képes tárolni, ami 210–220%-os kapacitásnak felel meg. Ezt támasztja alá Helvey (1964) publikációja is, amelyben az avar víztartalmát az avart elérő csapadékmennyiség függvényében közelíti, és a száraztömeg arányában maximálisan 210–215% közötti értékkel jellemzi vegyes lombhullató állomány esetén. Blow (1955) tölgyerdők avarját vizsgálva jutott arra a megállapításra, hogy az avar által felvett maximális víztartalom a száraztömeg függvényében 225%. Lowdermilk (1930) telítéssel kísérlettel igyekezett a víztartó kapacitást megállapítani borovi fenyő és borovi fenyő-cédrus vegyes állományban. Mérései szerint 180% az átlagos víztartó kapacitás a légszáraz állapothoz képest. Saját méréseink szerint a légszáraz és az abszolút száraz állapot között 12–14% a különbség, míg Blow (1955) ezt 35%-ra teszi. A Lowdermilk publikációjában közölt értéket (180%) – légszáraz állapotból abszolút száraz állapottá átváltva – 195%-ra egészíthetjük ki saját mérési eredményeink (kb. 15%) szerint korrigálva, míg a Blow (1955) közlése szerinti értéket (35%) hozzáadva 215%-nak adódik az abszolút száraz állapothoz viszonyított víztartó kapacitás. Ez az érték alátámasztja a vizsgálati eredményeinket, azonban a Lowdermilk által mért értékek jelentős szórásúak, főként a részben bomlott avar vizsgálatában.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásunk keretében elemeztük az avar száraztömegét és víztartalmát, és vizsgáltuk ezek összefüggését három fafaj, a kocsánytalan tölgy, a bükk és a lucfenyő esetében. A vizsgálat módszere adott területről összegyűjtött avar által visszatartott vízmennyiségnek és az avar száraztömegének meghatározása volt, amelynek során egy nagy mintaszámú, hároméves adatsor jött létre 2003 és 2005 között. Megállapítottuk, hogy az érintett állományok közül a luc rendelkezik az egységnyi területre vetített legnagyobb avartömegeg,



mely csaknem kétszerese a vizsgált bükk állományénak. A kutatásokba bevont állományok közül legkevesebb avartömege a kocsánytalan tölgy állománynak van.

Az avar vízvisszatartó képességével kapcsolatos vizsgálatok eredményeként azt az összefüggést kaptuk, hogy az egységnyi tömegre eső effektív vízvisszatartási tulajdonságban nincs jelentős különbség az általunk vizsgált fafajok között. Megállapítható, hogy a maximális avarvíztartalom egyértelműen függ a száraztömegtől.

A maximális avarvíztartalom száraztömegtől való függésére tett megállapítás a maximális tározási kapacitás becslését teszi lehetővé.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0013 és a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Blow, F. E. 1955: Quantity and Hydrologic Characteristics of Litter under Upland Oak Forest in Eastern Tennessee. *Journal of Forestry* 53: 190–195.
- Cseresnyés I. és Csontos P. 2007: A feketefenyvesek szárazsági viszonyainak változása. in. Csontos (szerk.): Feketeenyvesek ökológiai kutatása. Scientia Kiadó, Budapest, pp. 43–56.
- Erdészeti üzemterv 2005
- Führer E. 1992: Intercepció meghatározása bükk, kocsánytalan tölgy és lucfenyő erdőben. *Vízügyi Közlemények*, LXXIV(3): 281–294.
- Führer E. 1994: Csapadékmérések bükkös, kocsánytalan tölgyes és lucfenyves ökoszisztémában. *Erdészeti Kutatások*, 84: 11–35.
- Führer E. és Jagodics A. 2009: A klímajelző fafajú állományok szénkészlete. „Klíma-21” Füzetek 57: 43–55.
- Gácsai Zs. 2000: A talajvízszint-észlelés mint hagyományos és a vízforgalmi modellezés mint új módszer alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (Ph.D.) értekezés, Kecskemét.
- Gerrits, A. M. J. 2010: The role of interception in the hydrological cycle. Dissertation Delft University of Technology, Delft, p.126.
- Helvey, J. D. 1964: Rainfall interception by hardwood forest litter in the southern Appalachians. U.S. Forest Service Research Paper, SE 8: 1–8.
- Ijjász E. 1936: A nyersalomtakaró szerepe az erdők vízháztartásában. *Hidrológiai Közöny*, 16. kötet pp. 72–101.
- Járó Z. 1963: A lomb bomlása különböző állományok alatt. *Erdészeti Kutatások*, 59(1–2): 95–104.
- Juhász J. 2002: Hidrogeológia. Akadémiai Kiadó, Budapest. 456 p.
- Kiss M. 2012: Éghajlati adatsorok 1. Brennerbánya Borbálatelep. Sopron.
- Kozák A. és Orbay L. 1989: A többváltozós regressziószámítások alapjai és gazdasági alkalmazása. Kézirat, Sopron, 344 p.
- Kucsara M. 1996: Csapadék és lefolyás erdészeti kisvízgyűjtőn. Doktori értekezés, Sopron.
- Kucsara M. 2003: A hidegvíz-völgyi erdészeti hidrológiai kutatóhely. *Hidrológiai tájékoztató*, Budapest, 21–23.
- Lowdermilk, W. C. 1930: Influence of forest litter on run-off, percolation, and erosion. *Journal of Forestry*, 28: 474–490.
- Mátyás Cs.; Führer E.; Berki I.; Csóka Gy.; Drüsler Á.; Lakatos F.; Móricz N.; Rasztovcics E.; Somogyi Z.; Veperdi G.; Vig P. és Gálos B. 2010: Erdők a szárazsági határon. „Klíma-21” Füzetek, 61: 84–97.
- Sato Y.; Kumagai T.; Kume A.; Otsuki K. és Osawa S. 2004: Experimental analysis of moisture dynamics of litter layers—the effects of rainfall conditions and leaf shapes. *Hydrological Processes*, 18: 3007–3018.
- Sitkey, J. 2006: Water cycle investigations in Hungarian forest ecosystems. *Forestry Studies in China*, 8(4): 82–86.
- Tóth J. A.; Krakomperger Zs.; Kotroczó Zs.; Koncz G.; Veres Zs. és Papp M. 2008: A klímaváltozás hatása a síkfőkúti cseres-tölgyes avarprodukcijára és talajdinamikai folyamataira. Talajtan Vándorgyűlés, Nyíregyháza, 2008. május 28–29. In: Talajvédelem Különszám, Talajvédelmi Alapítvány Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, 2008.
- Vig P. 2000: Egy bükkös állomány vízháztartását befolyásoló tényezők évközi változásai. In.: III. Erdő és klíma konferencia, Debrecen, p.132.

Érkezett: 2013. március 28.

Közlésre elfogadva: 2013. június 28.