



SZENT ISTVÁN EGYETEM

VÍZFORGALOM GYEP ÉS ERDŐ TERÜLETEKEN

Doktori (PhD) értekezés tézisei

HAGYÓ ANDREA

**Gödöllő
2009**

A doktori iskola

megnevezése: Biológia Tudományi Doktori Iskola

tudományága: Biológia tudományok

vezetője: Prof. Dr. Tuba Zoltán
tanszékvezető, egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság-és Környezettudományi Kar
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

témavezető: Dr. Nagy Zoltán
egyetemi docens, a biológia tudomány kandidátusa
SZIE, Mezőgazdaság-és Környezettudományi Kar
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

.....
Prof. Dr. Tuba Zoltán

iskolavezető

.....
Dr. Nagy Zoltán

témavezető

1. A munka előzményei, a kitűzött célok

A társadalmi igények és a környezet változásai miatt egyre nagyobb az igény a természetközeli erdőgazdálkodásra, melynek célja természetközeli, vegyes korú, összetett szerkezetű erdők fenntartása az erdőkben zajló természetes folyamatok szimulálásával. A lékdinamika az a természetes folyamat, amikor egy vagy néhány fa kidőlésével lék képződik a lomsátorban, majd a léket újabb fák népesítik be. Kis területű, csoportos jellegű száraló vágásokkal közelíthető, ami egy faegyed eltávolításától néhány tucat egyed kivágásáig terjedhet. A lékes felújulás ökológiájának ismerete nélkülözhetetlen az erdei folyamatok megértéséhez, ill. az erdők természetközeli kezeléséhez, ezért kutatása ökológiai, természetvédelmi és erdőgazdálkodási szempontból is fontos. A lékek jelentős változást okoznak az erdő gyepszintjén a mikroklímában, a biogeokémiai ciklusban és a növényzetben. A lékhatásokat sokan vizsgálják, de leggyakrabban a fás növényzet felújulása, illetve az abiotikus tényezők közül a legszembetűnőbb változást mutató fényviszonyok szempontjából. A lágyszárú növényzet, a talajnedvesség, és -hőmérséklet viszonyok kevésbé feltártak, és a meglévő eredmények nagyon változó tér- és időbeli felbontású vizsgálatokból származnak. A NAT-MAN EU FP6 kutatási projekt keretében kis méretű lékekben a talajnedvességre és -hőmérsékletre, a fényre és az aljnövényzetre kiterjedő komplex, kis térléptékű vizsgálatokat végeztünk, és elemeztük a tényezők közötti összefüggéseket. Feltételeztük, hogy a mikroklimatikus változások és a lecsökkenő növényi vízhasználat miatt a lékekben a zárt állományhoz képest nagyobb lesz a talajnedvesség-tartalom. Fő kérdéseink a következők voltak: 1) kimutatható-e különbség az állomány és a lék, illetve a kétféle méretű (fél-, és másfél fahossz átmérőjű) lék felső talajrétegének nedvesség-tartalma között a léknyitást követő első, második és ötödik évben? 2) milyen a talajnedvesség és a talajhőmérséklet kisléptékű mintázata a lékekben? 3) van-e összefüggés a talajnedvesség-tartalom, illetve a relatív megvilágítottság és az aljnövényzeti fajok térbeli mintázata között a lékekben?

Az erdők nagymértékben befolyásolják a talaj hidrológiai jellemzőit és vízforgalmát. Többek közt javítják a víz talajba jutásának feltételeit, az avarréteg növeli a vízvisszatartást, a lombkorona pedig megvédi a talajt a lezúduló csapadékvíztől, így az erdők a csapadékos hegyvidéki területeken jelentős szerepet játszanak a talaj- és árvízvédelemben. Nagyobb mértékű beavatkozások esetén, mint pl. az erdőirtás, igen jelentős vízforgalmi változások mehetnek végbe, amik megismerése a káros hatások kivédése és a megfelelő kezelések vagy földhasználat tervezése szempontjából fontos lehet.

Egy mátrai mintaterületen, amelynek térségében gyakoriak a heves esőzések és az utóbbi években nagy károkat okozó árvíz fordult elő, összehasonlítottam egy erdő és egy irtásterület talajhidrológiai jellemzőit és nedvesség-forgalmát. Kérdéseim a következők voltak: 1) van-e különbség a vizsgált gyeperdő és az erdő talajának vízforgalmat befolyásoló tulajdonságai (fizikai tulajdonságok és humusztartalom) között? 2) van-e különbség a gyeperdő és az erdő talajnedvesség dinamikája között? 3) az erdő lombkoronája milyen mértékben csökkenti a talaj felszínére jutó csapadék mennyiségét? 4) van-e összefüggés a lombkoronán áthulló csapadék és a csapadék intenzitása, mennyisége, illetve a lombzáródás között?

Az evapotranszpiráció (ET) a vízmérleg legnehezebben meghatározható eleme. Mérése speciális, drága műszereket igényel, különböző fizikai jellemzők vagy a vízmérleg pontos mérése szükséges hozzá. Rutin alkalmazásra ezért nem alkalmas, inkább az indirekt módszerek (pl. vízforgalmi modellek) ellenőrzésére megfelelő eljárás. A vízforgalmi modellek kalibrációjához általában becsült ET értékeket vagy a talajnedvesség-tartalmat használják referencia adatként, mért ET adat ritkán áll rendelkezésre. Az ET direkt mérése lehetőséget ad a modellkalibráció javításához, a mért ET értékeket input adatként használva, vagy a mért és szimulált ET értékek összehasonlításával. Utóbbi módszer alkalmazásával, a SZIE Növényzeti és Ökofiziológiai Intézet által a Carbomont és Greengrass FP5, illetve a Carboeurope IP FP6 programok keretében folytatott vizsgálatok adatait használva céloztam meg két eltérő gyeperdő vízforgalmát leírni a SWAP vízforgalmi modellel. További

célom volt, hogy becslést adjak az ET nehezen különválasztható elemei, az evaporáció és a transzpiráció éves összegére.

Az ET és az azt szabályzó időjárási tényezők közti összefüggéseket nagyon sokan vizsgálják, amik alapján empirikus összefüggéseket, modelleket hoznak létre. A talajnedvesség-tartalom és a növényzeti jellemzők figyelembevételével nagyban növelhető az ET meghatározásának pontossága. A vizsgálatok nagy része a vegetációs időszakra korlátozódik, ill. rövid időszakokra vonatkozik, ritka a több éves megfigyelés. Munkámban az evapotranszpiráció időbeli dinamikáját egy négy éves időszakban vizsgáltam. Kerestem az ET összefüggéseit a szabályzó időjárási tényezőkkel, a talajnedvesség-tartalommal és a levél felület indexszel (LAI), a SZIE Növényteni és Ökofiziológiai Intézet által a Carbomont és Greengrass FP5, illetve a Carboeurope IP FP6 programok keretében folytatott vizsgálatok adatainak elemzésével.

2. Anyag és módszer

A kutatás három helyszínen folyt.

1. A Börzsöny-hegységben, a Királyréti Erdészet területén, 2000/2001 telén mesterségesen kialakított szabályos lékekben és a körülöttük levő zárt bükkös (*Melitti-Fagetum*) állományban, erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajon. A lékek fél és másfél fahossz átmérőjűek (kis és nagy lékek, 0,1 és 0,02 ha).
2. A Mátra hegységben, hegylábi helyzetben található alacsony természetességű, cseres tölgy dominálta erdőállományban és egy mellette található irtásterületen kb. 20 éve felhagyott szántón kialakult másodlagos gyepen, Ramann-féle barna erdőtalajon.
3. Bugacpusztán, a Kiskunsági Nemzeti Park területén, egy 20 éve extenzíven legeltetett alföldi homoki száraz legelőn (*Cynodonti-Festucetum pseudovinae*), humuszos homoktalajon.

A börzsönyi bükkös lékeiben a lékvágást követő első (2001), második (2002) és ötödik évben (2005) mértem a felső talajréteg (0-10 cm) nedvességtartalmát kapacitív műszerekkel (IMAG és BR-30), 2001-ben kétszer, 2002-ben áprilistól júniusig kb. háromhetente, 1-1 lejtő és szintvonal irányú, a lékek közepén átmenő és az állomány alá benyúló transzektek mentén. A mérési távolság 0,5 és 1 m volt. 2002-ben júliustól októberig kb. háromhetente, illetve 2005 áprilisában egy kis és egy nagy, 2005 júniusában pedig három kis és két nagy lékben rácshálóban végeztem a méréseket. A talajhőmérsékletet a transzpekt menti mérések, és az első rácshálós mérésakor mértem. A növényzeti felvételezést a talajnedvesség-mérési pontok körüli 20 cm sugarú körökben végeztem.

A lék, a lék széle és az állomány talajnedvesség-tartalmának különbözőségét variancia analízissel teszteltem. Statisztikai eljárásokkal vizsgáltam, hogy a talajhőmérséklet a lékben és az állomány alatt, a kis és a nagy lék azonos időpontokban mért talajnedvesség-tartalma, és a talajnedvesség-tartalom varianciája a lékben és az állomány alatt, ill. a kis és a nagy lékben különböző-e; és hogy az aljnövényzeti fajok borítása és a talajnedvesség-tartalom, illetve a relatív megvilágítottság (szórt és közvetlen komponense) között van-e összefüggés. A lékekben összevettem a relatív megvilágítottság szórt és közvetlen komponensének, a talajhőmérsékletnek és a talajnedvesség-tartalomnak a térbeli mintázatát.

A mátrai gyepen egy, az erdőben három szelvényben mértem talajnedvesség-tartalmat ECH2O kapacitív szondákkal a 15, 25, 35, 45 és 55 cm-es mélységekben két éven keresztül (2005-2006). Az erdőben és a gyepen 1-1 talajszelvényben 3-3 ismétlésben határoztuk meg az egyes talajrétegek mechanikai összetételét, Arany-féle kötöttségét, humusztartalmát (0-10, 10-20, 20-40, 40-60 és a 60-80 cm-es rétegekben), víztartóképeség-görbéjét és térfogattömegét (0-5, 20-25 és 40-45 cm). A 0-10, 10-20, 20-40 és 40-60 cm-es talajrétegek telített vízvezetőképességét Wösten módszerével becsültem. A közel telített vízvezetőképességet mini lemezes infiltróméterrel mértem. A gyepen a csapadékot, az erdőben pedig a koronán áthulló csapadékot billenő edény típusú műszerrel mértem 2005 és 2007 között. A csapadékmérők feletti lombzáródást a lombról alulról készített fényképek alapján becsültem. A koronán áthulló csapadék és a csapadék intenzitása és mennyisége, ill. a lombzáródás közötti kapcsolatot lineáris regresszióval elemeztem.

A mátrai és a bugaci gyep vízforgalmát négy éven keresztül vizsgáltam. Az időjárási és evapotranszpiráció adatokat a SZIE Növényteni és Ökofiziológiai Tanszéke által működtetett mikrometeorológiai állomás szolgáltatta. A talajnedvesség-tartalom folyamatos mérése az állomásokon Campbell FDR műszerekkel folyt, a Mátrában 3, 8, 14, és 20cm, Bugacon pedig 3, 10 és 30cm mélységekben. A két gyep vízforgalmát a SWAP determinisztikus modellel szimuláltam. Az evapotranszpiráció és az időjárási tényezők (besugárzás, léghőmérséklet, vízgőznyomás deficit, szélsébség), a talajnedvesség-tartalom és Bugacon a levél felület index (LAI) közötti összefüggéseket statisztikai módszerekkel elemeztem.

3. Eredmények

3.1 A királyréti bükkös lékeire vonatkozó eredmények

A vizsgált bükkösben olyan kis méretű (fél és másfél fahossz, azaz 15-20 m és 35-40 m átmérőjű) lékek hatásairól nyertünk széleskörű ismereteket a léknyitást követő néhány évre vonatkozóan, amelyeket hazánkban korábban még nem vizsgáltak.

A léknyitást követő első év őszen és a léknyitást követő második évben egy nagyobb tavaszi esőzés utáni időpontot kivéve minden mérési időpontban szignifikánsan nagyobb volt a talajnedvesség-tartalom a lékekben, mint az állomány alatt. A léknyitást követő ötödik év tavaszi mérési időpontjában, nedves talajon nem volt elkülöníthető a lékek talajnedvesség-tartalma az állományétól, viszont a nyári időpontban a vizsgálatot két nagy és három kis lékre kiterjesztve is kimutatható volt az előző évekhez hasonló lékhatás.

A két lékméret között a talajnedvesség-tartalom értékét és szórását tekintve sem volt különbség. A talajnedvesség-tartalom szórása mindkét lékméretben minden vizsgált időpontban a zárt állományhoz képest nagyobb volt, vagyis mindkét lékméret kialakításával a zárt állománynál nedvesebb és változatosabb vízellátású élőhelyfoltok jönnek létre.

A lékekben a talajnedvesség-tartalom térbeli szerkezete (a hatástávolság és a küszöbszint egyaránt) időben változó. A fél fahossz átmérőjű („kis”) lék esetében a hatástávolság a lék átmérőjének megfelelő, a másfél fahossz átmérőjűben pedig („nagy lék”) annál kisebb. Mivel a hatástávolság az a távolság, amin belül vett minták statisztikailag azonos populációba tartoznak, a kis lék talajnedvesség-tartalma homogénnek tekinthető, a léken kívül viszont attól eltérő. A talajnedvesség-tartalom nagy léken belüli térbeli mintázata pedig heterogén. Ezzel összhangban, a rácshálóban végzett mérések alapján a kis lékben egyértelmű grádiens menti mintázat figyelhető meg, a nagyban pedig kisebb léptékű, szigetszerűen elkülönülő foltok („mikroélőhelyek”) is kirajzolódtak.

A talajnedvesség-tartalom alapján a léket határoló fák törzsei mentén húzható meg a lék széle. A talajnedvesség-tartalom mintázata a relatív megvilágítottság közvetlen komponensétől több szempontból is eltér, a szórt fény mintázatával viszont összefüggést mutat. A talajhőmérséklet a fatörzsek alapján lehatárolt lék és az állomány között nem különbözött, viszont összefüggést mutatott a relatív megvilágítottsággal. A fényviszonyokhoz hasonlóan a lék körül, az állomány alá benyúlóan is megnőtt, ami a „kiterjedt lék” elméletet támasztja alá.

A talajnedvesség-tartalom fontos tényezőnek bizonyult az aljnövényzeti fajok térbeli mintázatának kialakulásában. A megvilágítottsági zónákban való előfordulási gyakoriság alapján elkülönített fajcsoportok közül - a várakozásoknak megfelelően - a két lék közepén jellemző (vagyis eltérő fényviszonyok, de hasonló talajnedvesség-viszonyok között előforduló) fajok mind összefüggést mutattak a talajnedvesség-tartalommal, de az összefüggés fennáll az egyéb fajok többségére is. Csak két bükkösökre jellemző faj, egy gyomfaj és a bükk magoncok borítása nem mutatott összefüggést a talajnedvesség-tartalommal. A relatív megvilágítottság szórt komponensével a legtöbb faj, míg a közvetlen komponensével csak két, a nagy lékek közepére jellemző faj borítása

mutatott pozitív összefüggést. A bükk magoncok előfordulása és a szórt fény között negatív korreláció volt.

A mátrai gyepek és erdő talajára és vízforgalmára vonatkozó eredmények

A mátrai mintaterület talaja barna erdőtalaj, a gyepek felső 10 cm-es agyagos vályog talajrétegeinek kivételével agyag fizikai féleségű. Az erdőben a 10-20 cm-es talajréteg nedvességtartalma a három talajszelvényben nagy eltéréseket mutatott, a mélyebb rétegeké kevésbé. Az erdőben és a gyepeken hasonló volt a talajnedvesség-tartalom dinamikája. Csak a 20 cm-nél mélyebb talajrétegekben volt megfigyelhető, hogy a száraz nyári időszakról az erdőben erősebben csökkent a nedvességtartalom, ami a fák mélyebb gyökérzetével lehet összefüggésben. A felső 20 cm-es talajréteg vízkészlete hasonló volt a két területen, míg a felső 50 cm-es réteg vízkészlete a száraz nyári időszak végén az erdőben kisebb volt.

A mátrai területen két évre vonatkozóan feltártam a csapadékesemények intercepciót befolyásoló jellemzőit (mennyiség, időtartam, intenzitás). Három évre a csapadék és a koronán áthulló csapadék különbségeként meghatároztam az intercepció és a törzsi lefolyás összegének havi értékeit. Az erdőben a koronán áthulló csapadékot három éven át tanulmányozva azt tapasztaltam, hogy az nagy tér- és időbeli változatosságú. Érdekes, hogy időnként meghaladta a gyepeken mért csapadék mennyiségét. Ennek oka az egymástól néhány 100 m távolságban levő gyepek és erdő fölötti csapadékmennyiség közötti eltérés vagy a koronán áthulló csapadéknak a csapadék lombkorona általi újraelosztásából következő helyenként megnövekvő mennyisége lehet. Utóbbi abból adódhat, hogy a lomb térben változatosan, helyenként összegyűjtve vezeti le a vizet az erdő gyepszintjére, emellett időben is elnyújtva - a lombkorona csapadékesemény után is csöpöghet le a víz.

A koronán áthulló csapadék és a csapadék havi összegei között három vizsgált vegetációs időszakból kettőben volt kimutatható összefüggés. A koronán áthulló havi csapadékösszeg a csapadék havi átlag intenzitásával két vizsgált év tavaszi-nyári időszakában szoros összefüggést mutatott. Az őszi hónapok bevonása az elemzésbe gyengítette az összefüggés erősségét, ami feltehetőleg a lombhullás hatását jelzi. Az erdőben több helyen mért koronán áthulló havi csapadékösszeg és a mérési helyeken az adott hónapban becsült záródás között öt vizsgált hónapból csak kétszer találtam összefüggést. A vizsgált tényezők közötti általános összefüggés hiányának oka az lehet, hogy a záródás mellett egyéb növényi tényezők is befolyásolják a koronán áthulló csapadék mennyiségét, mint például mint a lomb víztároló kapacitása, a lomb- és az ágszerkezet. Ezek a tényezők térben igen változatosak lehetnek, mert az erdőállományt több fafaj alkotja, és az egyes fák között is lehetnek különbségek.

3.3 A mátrai és a bugaci gyepek vízforgalmára vonatkozó eredmények

A két eltérő fajösszetételű és élőhelyű gyepeken a SZIE Növénytan és Ökofiziológiai Intézet mikrometeorológiai állomásainak mérési adataiból következtettem arra, hogy az evapotranszpirációt (ET) mely időszakokban mely tényezők befolyásolják erősebben. Kimutattam, hogy azokban az időszakokban, amikor az ET különböző volt a két gyepeken, a különbséget elsősorban nem az időjárási, hanem az ún. felszíni (talaj és növényzeti) tényezők okozták. Egyes időszakokban kimutatható volt az alacsony talajnedvesség-tartalom ET-t csökkentő hatása. Más időszakokban feltételezhetően a talaj kisebb vízvezetőképessége, illetve a növényzet eltérő működése csökkentheti az ET-t erősebben a légkör párolgási igényéhez képest azon a gyepeken, ahol kisebb az ET.

Több adatelemzési módszerrel kimutattam, hogy a mátrai gyepeken a talajnedvesség-tartalom akkor korlátozta az ET-t, amikor 28 V/V%-nál, vagyis pF 4,2 értéknél kisebb volt, Bugacon pedig amikor (évtől függően) 12, ill. 13 V/V%-nál (~ pF 3,4) kisebb volt. A bugaci gyepeken az ET és a levél felület index (LAI) között a négy vizsgált évben szoros összefüggést találtam, amely az aszályos 2003-as évben volt a legerősebb. Az ET(LAI) függvényből becsült és a mért ET értékek maradék eltérése a négy vizsgált évből háromszor mutatott összefüggést a besugárzással, a léghőmérséklettel és a vízgőznyomás deficitel, kétszer pedig a talajnedvesség-tartalommal, vagyis kimutatható ezen tényezők hatása az ET-re.

A SWAP modellt sikeresen adaptáltam mindkét gyep vízforgalmának leírására. A száraz/aszályos időjárású területekre végzett adaptáció során kimutattam, hogy egyes talajrétegekben időszakosan a tartósan hervadáspontnál kisebb talajnedvesség-tartalom okozott az elfogadhatónál nagyobb hibát a nedvességforgalom szimulációjában, mert a modell ezt a nedvességállapotot nem kezeli. A heti vízkészlet-változást általában nagyobb pontossággal sikerült szimulálni, mint a napi talajnedvesség-tartalmat, de a napi mért és szimulált talajnedvesség-tartalmak is a többnyire elfogadható pontossággal egyeztek. Az évi ET-t általában elfogadható hibával szimulálta a modell, az éves dinamikát is jól közelítette. A havi összegeket már több esetben nagy hibával becsülte, a napi értékeket pedig még inkább. Tehát a havi és a napi felbontású szimulált vízmérleg elemek alapján csak óvatos következtetéseket lehet levonni, viszont az éves és évszakos vízmérleg elemek elfogadható pontossággal határozhatók meg a SWAP modellel, így becslést adtam az evapotranszspiráció nehezen szétválasztható elemei, a transzspiráció és evaporáció éves összegére. A modellt a mátrai gyepen a különböző módszerekkel meghatározott telített vízvezetőképesség értékek, a bugaci gyepen pedig a becsült hidrofizikai tényezők (víztartóképesség-görbe, telített vízvezető képesség) tesztelésére, és a bugaci felső talajréteg telítési nedvességtartalmának generálására is sikeresen használtam.

Munkám során a BR-30, az IMAG és az ECH2O kapacitív, illetve a Campbell FDR talajnedvesség-tartalom mérőkkel kapcsolatban szerzett gyakorlati tapasztalataimat összegeztem.

Új tudományos eredmények

A királyréti bükkös lékeire vonatkozó eredmények

1. A lékképződés talajnedvesség-tartalmat növelő hatása a léknyitást követő első, második és ötödik évben is kimutatható volt. A két eltérő méretű lék talajnedvesség-tartalma és annak varianciája sem különbözik, a talajnedvesség-tartalom térbeli mintázata viszont eltérő a lékek között. A talajnedvesség-tartalom térbeli szerkezete – a lék méretétől függően – időben változó. A talaj nedvességtartalmát tekintve a lék határa a lék szélén álló fatörzsekkel egy vonalban, ill. azoktól maximum 1-2 méterrel a lék belseje felé húzható meg.
2. A talajhőmérséklet a relatív megvilágítottsággal szoros pozitív korrelációt mutat, és ahhoz hasonlóan a lékek körüli zárt állomány alá benyúlóan megváltozott.
3. A legtöbb vizsgált növényfaj térbeli mintázata összefügg a talajnedvesség-tartalommal, az összefüggés nem köthető egyértelműen valamely, a megvilágítottsági zónákban való előfordulási gyakoriság alapján kialakított fajcsoporthoz.

A mátrai gyep és erdő talajára és vízforgalmára vonatkozó eredmények

4. A gyep és az erdő talajnedvesség-dinamikája a vizsgált időszakokban hasonló volt. Különbségek a vízkészletben csak a gyep fő gyökértömegét tartalmazó 20 cm-es talajrétegnél mélyebb rétegekben, és csak a száraz nyári időszak végén mutatkoztak (az erdőben jobban lecsökkent a talajnedvesség-tartalom).
5. Az erdőben a koronán áthulló havi csapadék igen változó, a teljes havi csapadékösszegek 32-100%-a volt. Térbeli varianciája jelentős, és a lombhullás során csökkent. A koronán áthulló csapadék havi összege a csapadék intenzitásával a két vizsgált vegetációs időszakban összefüggést mutatott, míg a csapadék mennyiségével három vegetációs időszakból csak egyszer, a lombborítással pedig csak néhány hónapban, ami azt mutatja, hogy a koronán áthulló csapadékot meghatározó tényezők összetett módon befolyásolják.

A mátrai és a bugaci gyep vízforgalmára vonatkozó eredmények

6. Az evapotranszspiráció időbeli dinamikája általában hasonló volt a két gyepen. Az eltéréseket elsősorban nem az időjárási tényezők okozzák, hanem a talajnedvesség-tartalom és növényzeti tényezők. A talajnedvesség-tartalom Szurdokpüspökiben akkor limitálja kimutatható mértékben az evapotranszspirációt, amikor 28V/V%-nál (pF 4,2), Bugacon pedig amikor 12-13V/V%-nál (pF 3,4) kisebb.

7. A bugaci gyepen az evapotranszpiráció és a levél felület index (LAI) között szoros összefüggés van, ami szárazabb talajnál inkább alul-, nedvesebb talajnál inkább felülbecsüli az evapotranszpirációt. A maradék eltérések a talajnedvesség-tartalommal, a besugárzással, a léghőmérséklettel és a vízgőznyomás deficittal magyarázhatók.

8. A SWAP vízforgalmi modellt sikeresen adaptáltam a két gyepre. Kimutattam, hogy a tartósan hervadásponthoz alatti talajnedvesség-tartalom egyes időszakokban az elfogadhatónál nagyobb hibát okoz a szimulációban, mert a modell azt a nedvességállapotot nem kezeli. A havi és napi ET összegeket sok esetben nagy hibával becsülte a modell, viszont az évi ET összeget és az éves dinamikát is jól közelítette, így használatával becslést adtam az éves evaporáció és transzpiráció értékére, és arányuk éves ingadozására.

Következtetések és javaslatok

A bükkös mesterséges lékeiben végzett vizsgálat a léknyitás utáni néhány éves időszakot öleli fel csak, amely az erdőfejlődés időbeli léptékéhez viszonyítva rövid időszak, viszont a lékregeneráció kezdeti szakaszáról részletes információt nyújt, amiből számos következtetést lehet levonni.

A léknyitás utáni ötödik évig tartósan kimutatható volt a lék talajnedvesség-tartalom növelő hatása. A lék regenerációja során várhatóan csökkenni fog a különbség a zárt állomány és a lék között, de az egyes lékekben eltérően alakulhat a növényzet fejlődése és ezzel összefüggésben a talaj nedvességtartalma.

A talajnedvesség-tartalom térbeli szerkezete a lékekben a lejtő és a szintvonal mentén eltérő volt, és időben változó, valamint egyes növényfajok talajnedvesség-tartalommal való összefüggése is időben változó, vagyis egyszeri mérésekből nem vonható le megbízható következtetés, ami megerősíti a talajnedvesség-tartalom térben és időben megfelelő ismétlésben történő mérésének szükségességét.

Mindkét lékméret kialakításával a zárt állománynál változatosabb vízellátású élőhelyfoltok jönnek létre, amik különböző vízigényű növényfajoknak biztosíthatnak élőhelyet, így fontos szerepet játszhatnak az erdő faji diverzitásának fenntartásában. Mivel a talajnedvesség-tartalom értéke szempontjából a relatív megvilágítottsággal ellentétben nem volt jelentős különbség a kis és nagy lékek között, csak térbeli mintázata volt eltérő, a gyakorlatban a két lékméret közötti választás a lékekben kialakuló fénykörnyezetre nagyobb hatással van, mint a talajnedvesség-tartalomra.

A talaj nedvességtartalmát tekintve a lék és a zárt állomány közötti határ nem húzható meg egyértelműen sem a lombkorona, sem a fatörzsek elhelyezkedése alapján. Ennek oka az lehet, hogy több tényező együttes hatása alakítja a talajnedvesség-tartalmat, a fatörzsek (ill. gyökerek) a vízfelvételen, a lombkorona pedig az intercepción keresztül hat.

A talajnedvesség-tartalom és az aljnövényzet összefüggéseinek vizsgálata során a 20 cm sugarú kör alakú növényzeti mintavételi egységek használata a növényzet kis borítása miatt kis előfordulási gyakoriságokat eredményezett, ami megnehezítette a statisztikai értékelést, de a talajnedvesség-tartalom nagy térbeli heterogenitása miatt jobb megoldás volt ilyen kis területekre vonatkoztatni a mért értékeket.

A lékméret és a lékbeni pozíció hatása a relatív megvilágítottság és a talajnedvesség-tartalom adatokkal értelmezhető, ami megerősíti e tényezők fontos szerepét a növényfajok megtelepedésében. A leggyakoribb és legnagyobb tömegességgel megjelent növényfajok a Collins-Pickett-féle kategóriarendszer szerint a napfény növények csoportjába tartoznak. A csoport a lékbeni elhelyezkedés, illetve a fényvel és a talajnedvesség-tartalommal való összefüggések alapján tovább osztályozható.

A talajnedvesség-tartalom, a relatív megvilágítottság, a talajhőmérséklet és az aljnövényzet együttes vizsgálata azt mutatja, hogy a zárt erdőállományban vágott lékek lehatárolása a vizsgált jellemzők szempontjából eltérő. Ezért ha lékről beszélünk, definiálni szükséges, hogy azt mi alapján határoljuk el.

A lékvizsgálat hosszú távú folytatása adhat a gyakorlatban is használható információkat a csoportos száraló vágások tervezéséhez.

A mátrai gyepek és az erdő talajának felső 40 cm-es rétegében egyes talajjellemzők jelentősen eltérőek (pl. agyag-, és humusztartalom), ami részben magyarázza a víztartóképeség-görbéjük különbségeit is, de azt az erdő talajának nagy agyagtartalmából eredő mérési nehézség is befolyásolta. Az erdő és a gyepek talajnedvesség-dinamikájának összevetése alapján arra következtettem, hogy az intercepció talajnedvesség-tartalom csökkentő hatását a felső 20 cm-es talajrétegben az árnyékolás és a nagyobb szervesanyag-tartalmú A-szint, ill. az avar vízvisszatartása kiegyenlíti.

Az erdőben a koronán áthulló csapadék teljes csapadékhoz viszonyított arányát és a kettő különbségeként az intercepció és a törzsi lefolyás összegét sikerült meghatároznom három év kora nyártól ősziig terjedő időszakában. Mivel térbeli varianciájuk jelentős, több ismétlésben való mérésük nagyobb pontosságú meghatározást eredményezhetne.

A koronán áthulló csapadék, a csapadék mennyisége és intenzitása, illetve a záródás között nem sikerült általános összefüggéseket kimutatni, ami arra enged következtetni, hogy az intercepciót, vagyis a lomb által felfogott vízmennyiség arányát számos tényező együttesen, összetett módon alakítja ki. Ezt mutatja az is, hogy bár az intercepciónak a csapadék jellemzőivel való összefüggését sokan vizsgálták, az összefüggések nem tiszták.

Az erdőben komplexebb vízforgalmi vizsgálatokkal további, a földhasználat vízforgalomra gyakorolt hatásának értékelésénél hasznosítható eredmények nyerhetők.

Az evapotranszpiráció, az időjárási tényezők és a talajnedvesség-tartalom összefüggés-vizsgálatai során a bugaci és a mátrai gyepek működésbeli különbségének hatására vonatkozó feltételezést PINTÉR ET AL. (2007) nettó gázcsere vizsgálatai megerősítik. Ez azt mutatja, hogy az ET-t szabályzó tényezők teljes körű megismeréséhez a talajtani, időjárási és növényzeti faktorok vizsgálatát is tartalmazó interdiszciplináris kutatások szükségesek.

A bemutatott vízforgalom modellezési vizsgálatok nagy előnye, hogy kétféle mért referencia adat (talajnedvesség-tartalom és ET) is rendelkezésemre állt a kalibráció elvégzéséhez és az eredmények értékeléséhez, ami pontosabb modellillesztést tett lehetővé. A hosszú és részletes mért talajnedvesség-tartalom adatsor lehetővé tette, hogy a vízforgalom modellezését különböző (napi, heti, havi és éves) időléptékeken elemezzem.

A SWAP modellt sikeresen kalibráltam mindkét gyepekre. A mért és a szimulált talajnedvesség-tartalom és evapotranszpiráció értékek összevetéséből arra következtettem, hogy a havi és a napi felbontású szimulált vízmérleg elemek alapján csak óvatos következtetéseket lehet levonni, az éves vízmérleg elemek viszont elfogadható pontossággal határozhatók meg. Így becslést tudtam adni az evapotranszpiráció nehezen szétválasztható elemei, a transzspiráció és evaporáció éves összegeire, valamint a modell a továbbiakban használható a gyepek vízforgalmára gyakorolt hatások (időjárási helyzetek, változások - klímaváltozás, aszály - és kaszálás, legeltetés) modellezésére is.

Mivel a mátrai agyagos talajon a $\pm 3\%$ -os mérési hiba nem garantálható a teljes időszakra, a későbbiekben a STANGL et al. (2009) által leírt kalibrációs módszer kipróbálása javasolható.

A szerzőnek az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációi (a doktori iskola által meghatározott csoportosításban)

IF, SCI folyóiratbeli cikk:

Gálhidy, L., Mihók, B., Hagyó, A., Standovár, T. and Rajkai, K. (2006) Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a temperate deciduous forest. *Plant Ecology*. 183(1) 133-145.

SCI által nyilvántartott és/vagy SCI által jegyzett fórumok/orgánumok által referált folyóiratbeli cikk (IF)

Hagyó A., Rajkai K., Nagy Z. (2006) Effect of forest and grassland vegetation on soil hydrology in Mátra Mountains (Hungary). *Biologia, Bratislava*, 61/Suppl. 19: S261—S265.

Lektorált külföldi folyóiratban megjelent cikk

Gácsai Zs., Rajkai K., Hagyó A. (2004) TDR detected and simulated soil water content dynamics of managed forest stands. *Acta Agrophysica*. Vol. 4 (1). pp.43-50.

Lektorált magyar folyóiratbeli cikk

Hagyó A. és Rajkai K. (2004) A talajnedvesség-tartalom alakulása egy bükkös erdőben és benne kialakított lékekben. (Effects of Gap Creation on Soil Water Content in a Beech Stand. In Hungarian) *Agrokémia és Talajtan* 53. 17-34.

Gálhidy L., Mihók B., Hagyó A., Kelemen K., Ruff J. és Standovár T. (2005) Regeneráció egy bükk állomány mesterséges lékjeiben – a lékméret hatása az újulat és az aljnövényzet változásaira. *Erdészeti Lapok*. 140 (12): 358-361.

Konferenciakiadványban megjelent publikációk

Nemzetközi

Hagyó A., Nagy Z., László P. (2006) Elements of water balance in an oak forest stand on clay soil. *Cereal Research Communications*. Vol. 34. No.1. pp. 195-198.

Hagyó A., Nagy Z., Pintér K., Tuba Z. (2005) Hydrophysical properties and evapotranspiration elements of a heavy clay grassland soil. *Cereal Research Communications*. Vol. 33 No.1. pp. 217-220.

Hagyó A., Nagy Z., Pintér K., Tuba Z. (2005) Soil water fluxes in a heavy clay grassland soil. 13th International Poster Day. Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmospheresystem, 10. November, 2005, Bratislava, Slovakia. Proceeding of the 13th International Poster Day, Slovak Academy of Sciences, Institute of Hydrology and Geophysical Institute, CD-ROM, Bratislava, 2005. pp.160-164.

Gácsai Zs., Rajkai, K., Hagyó, A. (2004) TDR detected and simulated soil water content dynamics of managed forest stands. Int. Conference on „Method and methodology for determination of basic physical characteristics of porous media with application of TDR technology” 1-4. Feb. 2004. Lublin, Poland.

Hagyó, A., Kenderes, K., Rajkai, K. (2004) The effect of gap creation on topsoil water content and temperature in a beech (*Fagus sylvatica* L.) forest. Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop. Dubrovnik, 1-6 March 2004. pp.92-96.

Hagyó, A. (2004) Soil water content in gaps and under closed canopy in a beech (*Fagus sylvatica* L.) forest. 15th slovak-czech-polish scientific seminar -Physics of Soil Water. CD-ROM.

Mihók, B. and Hagyó, A. (2003) Comparative study of light measurement methods in gaps of beech forests. Conference on Transport of Water Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System. 2003 Nov 20-21; Bratislava Slovak Republic.

Magyar

Gálhidy L., Mihók B., Hagyó A., Standovár T., Rajkai K. (2003) Fény és talajnedvesség térbeli mintázatának hatása bükkerdő aljnövényzetére mesterséges lékekben. Előadás. 6. Magyar Ökológus

Kongresszus, Gödöllő. 2003. aug.27-29. Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Dombos M. és Lakner G.

Mihók B., Hagyó A. (2003) Fénymérési módszerek összehasonlító vizsgálata bükkösök lékjeiben. Poszter. 6. Magyar Ökológus Kongresszus, Gödöllő. 2003. aug.27-29. Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Dombos M. és Lakner G.

Hagyó A., Gálhidy L., Mihók B., Standovár T. (2004) Lékméret hatása az abiotikus tényezőkre és az aljnövényzetre egy bükkös állományban. Aktuális flóra és vegetációkutatás a Kárpát-medencében VI. Előadások és poszterek -összefoglaló kötet p.100.