

A tuskók és gyökerek kiszedését és felkészítését a földfeletti fatömegektől teljesen elkülönítetten, más szervezetben és más felszerelésű munkacsapattal oldottuk meg. A módszer, amivel ezt a munkát elvégeztük, nem mondható véglegesnek. Vannak hibái, de vizsgálataink megmutatták, milyen irányban kell a megoldást keresni.

Reméljük, ebben a cikkben sikerült érzékeltetni, hogy a fakitermelés tervezési, részletes előkészítés és fokozott irányítás nélkül nem vezethető le. Ha azt akarjuk, hogy az az érték, ami egy állományban 60—100 év alatt létrejött, akár gondatlan választékolás, akár a rossz munkaszervezés következtében vágáskor ne csorbuljon, minden vágást az előadottakhoz hasonló, de az adottságoknak megfelelő tervezéseknek kell megelőznie és a végrehajtási munkák irányítását sem szabad elhanyagolni.



A növények vízgazdálkodásának néhány alapvető kérdése az erdőgazdálkodásban

dr. NEMKY ERNŐ

Hazánkban, a növénytenyészet számára szükséges létfeltételek közül, általában a víz van minimumban, ezért rendszerint a levegő és a talaj alacsony nedvességtartalma korlátozza a növények életműködését. Emiatt az erdőneveléssel és fásításával foglalkozók számára különösen fontos, hogy ismerjék a növény vízgazdálkodását és a növény környezete közötti vízforgalom lefolyásának hatótényezőit. Ezek az ismeretek segítséget adnak az erdőnevelő és fásító részére ahhoz, hogy felmérje az adottságokat, olyan módszert alkalmazzon, amellyel állandóan, vagy a szükséges időszakban biztosítani lehet a növény számára azt a minimális talaj- és légnedvességet, amennyi a megmaradáshoz feltétlenül szükséges, illetve kedvezőbb vízellátottságú helyeken mindig olyan nedvességviszonyok legyenek, amelyek a legkedvezőbb növekedést biztosítják. Emellett természetesen ezek az ismeretek segítenek a növényt ért károsodások elbírálásánál a helyes ítélet kialakításában.

Ezért szeretném néhány sorban ismertetni a növények vízgazdálkodásának alapvető kérdéseit, rámutatva azokra a legfontosabb jelenségekre, amelyek ismerete egyrészt segíti munkánk eredményességét, másrészt megóvhat bennünket attól, hogy gyakorlati munkánkban nagyobb hibákat kövessünk el.

A növény vízháztartását *állandó vízforgalom*, vagyis vízfelvétel és vízfelhasználás (illetve vízleadás) jellemzi, amelynek sebessége a környezeti feltételektől és a növény életműködésétől függ. A növény pillanatnyi vízellátottságát ezért mindig a vízfelvétel és a vízleadás mennyisége és sebessége közötti viszony szabja meg, amit *víz mérlegnek* nevezünk. Ez lehet kedvező vagy kedvezőtlen — *deficit* — aszerint, hogy miképp alakulnak a vízforgalom két ellentétes oldalának erőviszonyai.

A vízfelvétel *szerve a gyökér*, noha bizonyos mértékig a növények *leveleiken keresztül* is vehetnek fel vizet. A vízfelvétel pedig a növény, illetve a gyökérrendszer életműködésével összefüggő, aktív életfolyamat. A növény vízellátottságát ezért a vízfelvételi oldalon a *gyökérrendszer fejlettsége, életműködésének erőssége és a talajjal való kapcsolata* befolyásolja.

A növény gyökérrendszerének fejlettségét az öröklöttségen belül a környezet vízvízviszonyai, valamint a talajviszonyok határozzák meg elsősorban, mint közvetlenül ható tényezők. A gyökérrendszer fejlettségének jellemzői: felvevő felülete, valamint kiterjedtsége, amely sajátosságokat a talaj vízellátottsága, a talaj mélysége és a talajvíz fekvése befolyásolnak. Szárazabb viszonyok között a gyökérrendszer fejlettebb, kiterjedtebb, illetve mélyrehatóbb.

Igy pl. az erdeifenyő gyökérhossza 1 m³ talajtérfogatban szovjet adatok (Tolcskij, A. P.) szerint 2—400 m; az 1 éves lúcfenyő összes gyökérhossza (Nobbe) 2 m, az erdeifenyőé 12 m, a 2 évesé pedig (Morozov, G. F.) 17,2, illetve 38,2; egy rozsnövény gyökérzetének (Ditmar) összes felülete 625 m², viszont a földfeletti részeké

csak 4,5 m², s így az arány 1 : 135 a gyökérrendszer javára. A sivatagi tevetővis gyökere 40 m mélyre is lehatol és gyökérzetének felülete többszázszorosa a földfeletti részek felületének. *Magyar Pál* vizsgálatai a szikeseken és a homokon bebizonyították, hogy pl. a tölgycsemetek közül az maradt meg, amelyik elérte a 2—3 m mélységben levő talajvizet. A gyökér tehát elég rugalmasan alkalmazkodik környezete vízviszonyaihoz.

A gyökerek úgy növekednek, hogy a gyökércsúcs mindig a nedvesebb helyek felé nő, illetve a főgyökér arrafelé fejleszt oldalágat, ahol nedvesebb a talaj, kedvezőbb a tápanyagellátás. Ha viszont a talajban sok a víz és így a levegőviszonyok rosszabbak, akkor a gyökerek éppen ellenkezőleg, a talaj levegősebb részei felé növekednek. A gyökércsúcs csak a 100%-os, illetve ehhez közelálló páratelítettségű talajpórusokban növekszik. Ha a talajpórusok párateltsége ez alá esik, a gyökércsúcs növekedése megszűnik, majd a gyökércsúcsok és a gyökérszörök elhalnak és a növény elveszti kapcsolatát a talajjal. Ha ez az állapot hosszantartó, végső esetben a növény kiszárad, elhal.

A gyökérrendszer fejlettségét közvetve a növény fotoszintézisének, vagyis elsődleges szervesanyag-termelésének erőssége is befolyásolja. Ez biztosítja ugyanis a gyökér növekedéséhez szükséges építőanyagokat. Ezért pl. az árnyékolt csemeteknél a gyökérrendszer fejlettsége gyengébb, kevésbé elágazó és dús, mivel a csökkentett anyagtermelés miatt nincs elegendő építőanyag a gyökérnövekedéshez.

A gyökérrendszer által felvehető víz mennyiségét a növény életműködése és a gyökérrendszer felvevő felületének nagysága korlátozza. Így a növény csak bizonyos mennyiségű víz felvételére képes, vagyis *vízfelvevő kapacitása korlátozott*. Amikor tehát a növény vízforgalmában az erős párologtatás miatt nagyobb a vízleadás mint a vízfelvétel, a vízháztartás deficités lesz, még abban az esetben is, ha a talajban elegendő felvehető víz van. Ezt az állapotot a növény jelzi, mert ilyenkor hervadt, lankadt, amit a vegetációs idő alatt elég gyakran tapasztalunk csemetekertjeinkben, illetve telepítéseinkben. A *hervadási pontnak* megfelelő relatív légnedvesség meghatározására célszerű volna csemetekertjeinkben, legalábbis a nagyobbakban elhelyezni egy egyszerű légnedvesség-mérőt és egy hőmérőt. Természetesen még jobb volna talajhőmérők és talajfelszíni hőmérők beállítása is, hogy megkezdhessük a csemetek növekedése és a mikroklíma közötti kapcsolatok feltárását, ami a továbbfejlődés alapja. Ha a csemete hervadása csak ideiglenes, vagyis csak a nappalra korlátozódik és a talajból éjjel kiegészítheti vízkészletét, akkor ez nem veszélyes, legfeljebb némi növekedéscsökkenést okoz; ha azonban ez az állapot talajszárazsággal is párosul és a csemetek vízkészlete éjjel nem egészülhet ki, rövidebb-hosszabb idő alatt kiszáradnak.

A gyökér a vizet nemcsak felveszi, hanem továbbítja is, mégpedig felnyomja a szár, a törzs edényeibe. Ez az ún. *gyökérnyomás* kb. 8—10 m magasságig képes a vizet a törzsbe felnyomni, amit tavasszal, lombfakadás előtt erdei fáinknál is érzékelhetünk a kéreg sebzési helyein történő *nedvsvivárgás* formájában.

A gyökér vízfelvételét különösen két tényező: *a talaj hőmérséklete és oxigéntartalma* befolyásolja. Hideg talajból a növény csak csökkentett vízmennyiséget képes felvenni, mivel a hideg korlátozza a gyökér életműködését. Ezért különösen kora tavasszal és késő ősszel, amikor az éjjeli lehűlések miatt a talaj már hideg, viszont a nappali besugárzás erős és így a párologtatás nagy, a növény vízháztartása kedvezőtlen, deficités lesz, ami pl. a csemetek kiszáradását okozhatja. Ez az ún. *téli párologtatás* az oka annak, hogy a gyakorlat a fenyőcsemetének csak a tavaszi ültetését javasolja. A fenyőknél ugyanis a túlevélzet elég nagy párologtató felületet jelent, viszont a gyökérzet még nincs kapcsolatban a talajjal és a vízfelvétel szünetel. Az oxigén hiánya a gyökér életműködésére hat károsan, ezért csökkentett a vízfelvétel. Erős párologtatás esetén tehát a deficités vízmérleg miatt a növény kiszáradhat.

A gyökér által felvett víz kis része az anyagcserében, illetve mint szerkezeti víz az élőanyag felépítésében felhasználódik, nagy része pedig a párologtató felületeken keresztül, újra a légtérbe kerül. Az összes, a növény által felvett vízből mintegy 1% *használandó fel az anyagcserében*, illetve épül be szerkezeti vízként, 99%-át pedig a növény elpárologtatja, mint *transpirációs vizet*. A növény ezért az ún. szárazföldi kis vízforgalom mozgatója. A párologtatás aktív életfolyamat, vagyis a növény bizonyos mértékig szabályozza a víz elpárologását.

A víz állandó áramlását a növényben — ami a szárazföldi növények életműködésének nélkülözhetetlen feltétele — a levelek párologtatása tartja fenn. A *párologtatás* eredményeként ugyanis a levélben 15—20 atmoszférás szívóerő lép fel. Ez a szívó-

erő a szállítórendszerből, a szállítórendszer pedig a gyökérsejtekből pótolja a vízleadást, miáltal állandó vízáram létesül a növényen keresztül.

A növény által elpárologtatott víz mennyiségét a levegő hőmérséklete, páratartalma, mozgása és a besugárzás erőssége befolyásolja a növény belső vízvisszatartó erőin kívül. Ezek közül legnagyobb jelentőségű a nap sugárzó energiája, amely közvetve, mint a környezet hőmérséklete, közvetlenül pedig, mint a növény által elnyelt sugárzó energiából alakult hőenergia, vagyis mint a növény testhőmérséklete jelentkeznek.

A közvetlenül a növényre jutó sugárzó energia igen jelentős, mivel minden cm^2 -re 60° -os napállás mellett percenként kerekén 0,8 gcal (gramkalória) sugárzó energia esik, ami óránként 48 gcal-t jelent és így egy 10 cm^2 -es levélre 1 óra alatt 480 gcal sugárzóenergia jut. Ebből a sugárzóenergia mennyiségéből csak 60—70% használandók fel a párologtatásban a növény testhőmérsékletének emeléséhez, mivel a többit a növény részint visszaveri, részint a levél átbocsájtja, illetve felhasználja a fotoszintézishez. Mindamellet így is igen tekintélyes ennek az elnyelt energiának az értéke, mivel ez 1 m^2 levélfelületre átszámítva 1 óra alatt 288 kcal-t (kilogramkalóriát) jelent. Ha viszont meggondoljuk, hogy egy 115 éves szabadállású bükkfa összes levélfelülete 1220 m^2 (H. v. Guttenberg) akkor az általa 1 óra alatt elnyelt energiámmennyiség kerekén 351 000 kcal lenne, természetesen, ha minden levelet teljes egészében érne a fény. A fa azonban több síkban osztja el a leveleit és ezzel csökkenti az erős besugárzást és mérsékli a felmelegedést, viszont így sokkal gazdaságosabban használja fel a fényt.

A víz elpárolgása nem a levél felszínén, hanem a levélsejtek felületén, a sejt közötti üregekben történik, így a párolgó felület igen nagy lesz, mintegy 10—20-szorosa a levélfelületnek. Előbbi bükkfánál pl. az 1220 m^2 -nyi levélfelület kerekén $15\,000 \text{ m}^2$ párologtató felületnek felel meg. Egy ha erdő levélfelülete egy síkba kiterítve pl. erdeifenyőnél 7—10 ha (Tiren), bükknél 7—8 ha (Ney). Ha ezt megszorozzuk az előbbi értékkel, akkor azt kapjuk, hogy 1 ha erdeifenyves 70—100 ha, 1 ha bükk-erdő pedig 70—80 ha minimális párologtató felületet jelent. Már ez a két számadat: a besugárzó energia nagysága és a párologtató felület kiterjedése is mutatja, hogy milyen jelentős tényezők működnek közre a párologtatásnál.

A levegő relatív páratartalmától függő szívóerő is igen nagy értéket jelent. Ennek tapasztalati képlete: $Sz = 3000 \log \frac{1}{h}$, ahol „h” a relatív páratartalom számértéke. Így pl. ha a levegő relatív páratartalma $0,76 = 76\%$, akkor a szívóerő 370 atm., ha $0,50 = 50\%$, akkor több mint 1000 atm. Ezzel az erővel szemben állnak a sejt vízkötő erői, amelyek különböző értékűek, s legmagasabb értéke 2880 atm. A külső és belső erőviszonyok, a környezet nedvességviszonyai, a vízfelvétel mennyisége és a vízszállítás sebessége határozza meg a növény vízháztartásának pillanatnyi állapotát.

A párologtatás a légzőnyílásokon keresztül történik, amelynek zárt, vagy nyitott állapota bizonyos határok között szabályozza a vízleadást. A légzőnyílások szabályozása aktív folyamat. Csakhogy itt egy mély ellentmondás van. Zárt légzőnyílások esetén ugyanis egyrészt a párologtatás hűtő hatása elmarad és a növény túlságosan felmelegedve károsodik, másrészt megszűnik a CO_2 felvétele és így a fotoszintézis is leáll. Ez pedig szintén kedvezőtlen a növény számára. Általánosságban a reggeli fényhatás nyitja a légzőnyílásokat és azok mindaddig nyitottak, ameddig a vízvesztés olyan nagymérvű nem lesz, hogy a zárósejtek kellő turgor hiányában összecsucodnak. Természetesen hosszantartó szárazság esetén a légzőnyílások állandóan zártak és így az erős felmelegedés és az elsődleges szervesanyagtermelés elmaradása is károsan hat az életműködésre, a növekedésre, ami visszamarad.

A levegő relatív páratartalma tehát, amint látjuk, döntő mértékben befolyásolja pl. a csemeték megmaradását. Amikor a relatív páratartalom nyáron, néha tavasszal is 30—40% alá száll és ez az állapot napokon keresztül tart, akkor a csemete oly nagymennyiségű vizet párologtat, hogy a gyökérrendszer — korlátozott vízfelvevő kapacitása miatt — nem képes pótolni a talajból az elpárologtatott vízmennyiséget, annak ellenére, hogy a talajban elegendő víz van. De különösen nem akkor, ha a gyökér körül, az erős vízfelvétel miatt száradó talajban, a gyökér nem tudja kellő intenzitású növekedéssel elérni az újabb, nedvesebb talajrészeket. Ezért ültetik a Szovjetunióban az ilyen veszélyes helyeken a csemetéket a barázda aljára, nálunk viszont védőfásítást alkalmaznak, hogy a csemete számára kedvezőbb mikroklímát, magasabb páratartalmú légkört teremtsenek, egyben óvják a közvetlen besugárzástól és így csökkentsék a levegő szívóerejét.

A növény nemcsak a gázcserenyílásokon keresztül párologtat, hanem a bőrsző-

vetén, az epidermiszén át is, ez a kutikuláris párologtatás. Értéke a bőrszövet, az epidermisz fejlettségétől és a sejtfal kutikula bevonatától függően, általában a gáz-cserenyílas párologtatás 10—20%-a, de fiatal növényeknél az 50%-ot is eléri.

A légszáraz viszonyok között, teljesen fényben nőtt növény *xeromorf* (szárazságtűrő) tulajdonságokat fejleszt. Ez az alkalmazkodása segíti a szárazság kedvezőbb elviselésében. Viszont nedves viszonyok között, vagy árnyalás esetén ez a tulajdonsága nem alakul ki és az ilyen csemeték könnyebben esnek áldozatul már kisebb szárazságnak is. Erre igen jó példa a telepítések gazzal benőtt csemetéinek kikapálása száraz időjárásban. A csemeték, amelyeket júniusra benő a gaz, éppen a magas légyszárúak által védve, párateltebb légkörben nőnek és az erős besugárzástól is védettek. Ha most a csemetékét kibontjuk, légszárazabb környezetbe kerülnek, közvetlen besugárzást kapnak. A higrofilabb, nedvesebb viszonyok között nőtt csemeték levelei így megperzselődnek és jó, hacsak lehullanak, s a csemeték megmaradnak. Gyakran azonban elpusztulnak, kiszáradnak. Ilyen esetben a kapálás többet árt, mint használ. Ennek az oka az, hogy nemcsak a levelek nem voltak védettek, nem voltak xeromorf felépítésűek, hanem az árnyékolás miatt a gyökérzet sem volt fejlett és a szárazabb viszonyok között, a hirtelen fellépő nagy párologtatási veszteséget a fejletlen gyökérzet nem tudta folyamatosan pótolni.

Vizgazdálkodási kérdés az őszi vagy tavaszi ültetések kérdése is. Ha tisztán élettani szempontból nézzük ezt a kérdést, akkor nem vitás, hogy az őszi ültetés az előnyösebb. A csemetékét azonban ősszel nem szabad korán kiszedni, mert ilyenkor megy végbe bennük a télre való felkészülés, mikor is az élőanyag, a plazma bizonyos fokú átalakuláson megy keresztül, a szövetekben cukor halmozódik fel, miáltal erősen növekszik a növény télállósága.

Az őszi ültetés azért előnyös, mert a csemete téli nyugalmi állapotban van, életműködése korlátozott, párologtatása is csekély. A levegő páratartalma magas, a besugárzás rövidebb és gyengébb, s így a párologtatás mértéke sem veszélyes. Meg kell azonban jegyezni, hogy az újabb vizsgálatok alapján kitűnt, hogy a fenyőcsemeték a tél folyamán is folytatnak bizonyos korlátozott életműködést, így pl.: fotoszintézist mutattak ki, gyökérnövekedést állapítottak meg és elég intenzív párologtatást mértek. Ezért a fenyők ültetése kedvezőbb eredményt ad tavasszal.

A tavaszi ültetésnél a csemete már nincs nyugalmi állapotban, életműködése és ezzel vízforgalma is növekszik, a hőmérséklet már elég magas és a levegő páratartalma alacsonyabb, sőt esetleg azonnal az ültetés után a csemete egy tavaszi, szárazabb periódusba kerülhet. A besugárzás tavasszal erősebb és hosszabb, gyakoriak a szárító szelek, rövidebb idő áll rendelkezésére a gyökerek pótlására, ami esetleg visszamarad a lombfakadás mögött és a csemeték vízháztartása igen kedvezőtlennek válik.

Ezért ahol nem kell félni a felfagyástól, élettani szempontokból a lombfák ültetését ősszel célszerű végezni, amit a gazdálkodási szempontok is csak erősítenek, mivel az őszi ültetési ideny hosszabb, könnyebb munkaerőt állítani stb.

A csemetenoveléssel kapcsolatban soha ne feledjük el, hogy *nem a talajt, hanem a növényt öntözzük*. Az öntözésnek ezért olyan mértékűnek szabad csak lenni, hogy a csemeték éppen csak ne érezzenek vízhiányt, de mindig fel tudják használni a rendelkezésre álló vízmennyiséget. Viszont a talajnak soha sem szabad annyira kiszáradnia, hogy a növény hervadnia olyan mértékű legyen, hogy vízháztartását már nem tudja helyreállítani és így elpusztul. A túlöntözött csemetenél az is hátrányos, hogy az ilyen csemete higrofil sajátságokat fejleszt ki, ami a gyökérrendszer fejletlenségében és a gyenge párolgás elleni védelemben nyilvánul meg. Az ilyen csemete szárazabb viszonyok közé kerülve azt feltétlenül megsínyli, feltéve, hogy egyáltalán megmarad.

A csemetenovelés és ültetés vizgazdálkodási kérdésein túlmenően még egy kérdéssel szeretnék foglalkozni és ez a *többszintű állományok vizgazdálkodási kérdése*. Ehhez előbb néhány adatot szeretnék megemlíteni *Polster, H.* vizsgálataiból, amelyeket a faállományok párologtatásának mennyiségi megállapítására végzett. Mérései szerint 1 ha faállomány naponta a következők oldalán látható táblázat szerinti vízmennyiséget párologtatja el a nyári hónapokban.

Többszintű koronaszint kiképzése esetén ezek a számok kb. 1,5-szeressé emelkedne.

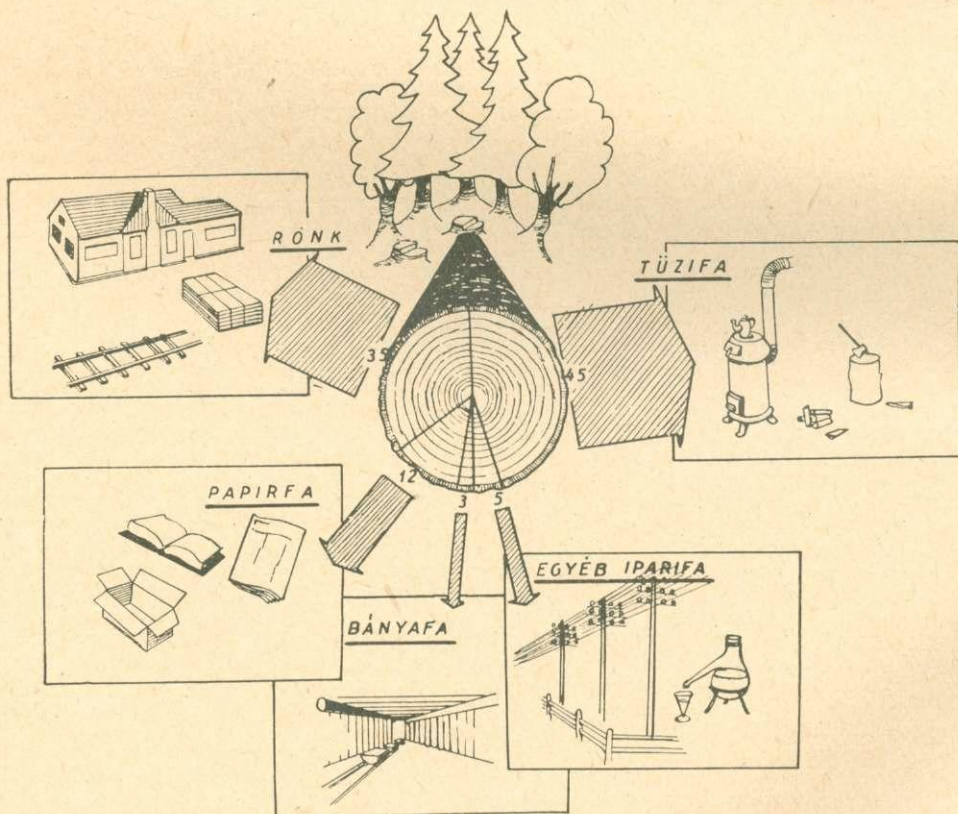
Ehhez hozzá kell számítani azt is, hogy ismereteink szerint a lehulló csapadékból a lombkorona egyszintűség esetén is, elég tekintélyes részt felfog. Így pl. 5 mm-es eső esetén a sűrűlombú fenyők 65%-ot, a gyérlombúak 15—30%-ot. A lombfák 32%-ot, 20 mm-es eső esetén a sűrűlombú fenyők 30%-ot, lombfák 15%-ot tartanak átlagosan vissza. Többszintű kiképzés esetén ezeknek a hozzávetőleges, átlá-

Fafaj	Levélzet zöldsúlya kg/ha	Napi vízfelhasználás 1 g zöld levél súlyra, g-okban	Napi vízfelhasználás t/ha	Megfelel mm csapadéknak
Nyír	4 940	9,50	47,0	4,7
Bükk	7 900	4,83	38,0	3,8
Vörösfenyő	13 950	3,24	47,0	4,7
Lucfenyő	31 000	1,39	43,0	4,3
Erdeifenyő	12 550	1,88	23,5	2,3
Douglasf.	40 000	1,33	53,0	5,3
Tölgy	8 000	6,02	48,0	4,8

gos számértékeknek a nagyobb emelkedésével kell számolni, vagyis így sokkal kevesebb csapadék jut a talajra.

Ha pl. egy erdeifenyő felsőszintű és bükk alsószintű rétegezést veszünk, ennek napi vízfogyasztása együttesen kb. 46 t/ha, ami napi 4,7 mm-es csapadékmennyiségnek felel meg. Általában a bükkös zónában ez a vízfelhasználás megy, mert ott a csapadék fedezi ezt a mennyiséget. A kérdés azonban az, hogy egy száraz tölgyesben hasonlóképpen telepített, erdeifenyő-tölgy színtezetség bírja-e majd a napi 4–5 mm csapadéknak megfelelő vízfogyasztást, s nem fog-e a talaj vízkészlete időszakosan, vagy hosszabb időre kimerülni.

Így tehát felmerül az a kérdés, amit ma már kísérlettel is bizonyítottak. (Zahner, R.) hogy a többszintű állományok száraz viszonyok között, ahol a talajvíz mélyen van, a csapadék korlátozott és több ideig elmarad, vajon bírják-e a vízforgalomnak ezt a kedvezőtlen alakulását. Ezért igen fontos volna ennek a kérdésnek hazai viszonyok közt, termőhelytől függő megvizsgálása.



Gömbfa felhasználás világviszonylatban. — Az erdei termékek 1959. évkönyvéből (FAO, Róma)