A maximális növedék elérésének problémája – Hozzászólás Kállay Árpád azonos című cikkéhez

KIRÁLY LÁSZLÓ

Nem kétséges, hogy az erdőterületek fatermőképességének maximális hasznosítását elsősorban a helyes fafajmegválasztás és a különböző talajjavítási eljárások útján érhetjük el.

Fafajmegválasztásról azonban csak az erdősítésekkel és az elegyarányszabályzó nevelővágásokkal kapcsolatban beszélhetünk. Ez annyit jelent, hogy állományaink zömében 10 éven belül nem sokat tudunk javítani a fafajösszetételen. A talajjavítási (pl. trágyázási) módszerek pedig túl költségesek ahhoz, hogy a közeljövőben nagyarányú bevezetésükre sor kerülhessen.

Egyelőre tehát a legtöbb erdőrészletben egyetlen növedékfokozási lehetőség marad számunkra: az *ésszerű nevelővágás*.

Régóta vitatott kérdés, hogy lehetséges-e ez egyáltalán. A rövid ideig tartó megfigyelések alapján végzett kiértékelések gyakran mutatnak jelentős növedékfokozó hatást; a hosszú időn át megfigyelt kísérleti területek viszont általában azt bizonyítják, hogy ez a növedékfokozó hatás csak átmeneti jellegű. Hazánkban ez még nem bizonyított; lehet, hogy bizonyos termőhelyeken a szárazabb klíma következtében a gyérítések gyökérkonkurrencia csökkentő hatása miatt tartós növedékfokozásra is számíthatunk.

A kérdés eldöntése kiterjedt vizsgálatokat igényel. Ilyen irányú kutatásokat az ERTI igen intenzív módon folytat. A beindított kísérletek azonban hosszúlejáratúak, a metodikából eredően tehát csak hosszabb idő múlva kaphatunk belőlük megnyugtató eredményeket. Egyszeri felvételek is támpontot nyújthatnának a kérdés eldöntéséhez, azonban ehhez sokkal több kísérleti területre lenne szükség és meglehetősen sok törzselemzésre.

Kállay Árpád optimumszámítási eljárásával a kísérleti területek számának csökkentését igyekszik elérni. Elgondolása újszerű és szellemes, feltétlenül érdemes vele behatóbban foglalkozni.

Hozzászólásomban Kállay eljárásának általánosítási lehetőségét és néhány — az eljárással kapcsolatban felvetődött — problémát szeretnék bemutatni. Egyúttal az általam javasolt szimbólumrendszer használhatóságát is szeretném bizonyítani.

1. A tárgyaláshoz a következő — egy korábbi írásomban már használt — szimbólumokat használom fel:

g = átlagos körlap, D = átlagátmérő,
G = állomány körlapösszeg, H = átlagmagasság
V = állomány fatérfogat, f = átlagos alakszám
t = kor években, k = korszak hossza években.

A folyónövedéket — amely rövid időszakon belül a korszaki átlagnövedékkel egyenlőnek vehető — (nyomdai okok miatt pont helyett) vesszővel jelölöm (Pl. g' = az átlagos körlap folyónövedéke, azaz az idő szerint vett első deriváltja); a relatív folyónövedék pedig ezenkívül egy „r" indexet is kap

$$\left(\text{pl. } g'_r = \frac{g'}{g}\right).$$

Az alárendelt indexeket célszerű vesszővel elválasztva egymás mellé írni. (pl. $g'_{r,G_{\max}}$ = relatív körlapnövedék a $G = G_{\max}$ helyen, vagyis teljes sűrűség esetén.)

2. A további tárgyalás egyszerűsítése végett célszerűnek látszik Kállay levezetéséből a gyérített körlapot kiküszöbölni. Kállay feltételezi, hogy a vissza-

maradó G és a g'_r közötti összefüggést ábrázoló görbe $[g'_r = \varphi(G)]$ az inflexiós pont környékén egyenesnek vehető. (1. ábra). Tehát

$$g'_r = mG + b \tag{1}$$

Az $m = \operatorname{tg} \alpha$ értéke láthatóan negatív.

Mivel $$g'_r = G'_r = \frac{G'}{G}$$

$$G' = mG^2 + bG.$$ Az ismert összefüggés szerint: $$V = fGH.$$ Ha $f' = 0$,

$$V' = fG'H + fGH' = fH\,[mG^2 + (b + H'_r)G].$$

Kérdés, hogy G mely értékénél kapunk maximális V'-et. A függvényt differenciáljuk G szerint és kiszámítjuk a G és V' értékét a $\frac{\mathrm{d}V'}{\mathrm{d}G} = 0$ helyen:

$$\frac{\mathrm{d}V'}{\mathrm{d}G} = fH[2mG + b + H'_r] = 0, \quad \text{s ebből}$$

$$G_{V'\max} = \frac{b + H'_r}{-2m} \tag{2}$$

Mivel $\frac{\mathrm{d}^2V'}{\mathrm{d}G^2} = 2fHm = (-)$, a kapott pont valóban maximum.

Behelyettesítéssel kapjuk, hogy

$$V'_{\max} = fH\frac{b + H'_r}{-2m}\left(m\frac{b + H'_r}{-2m} + b + H'_r\right) = fH\frac{(b + H'_r)^2}{-4m} \tag{3}$$

Több megfigyelés esetén a koordinátarendszerbe felhordott pontok alapján b és m grafikus kiegyenlítéssel megkapható.

Két megfigyelés esetén

$$m = \frac{g'_{r2} - g'_{r1}}{G_2 - G_1}$$

$$b = g'_{r2} - mG_2 = g'_{r2} + \frac{G_1 - G_2}{g'_{r2} - g'_{r1}}\,G_2.$$

Ha G_2 a gyérítés előtti körlapösszeg és g'_{r2} az annak megfelelő relatív körlapnövedék,

$$G_{V'\max} = \frac{g'_{r2} - mG_2 + H'_r}{-2m} = \frac{G_2}{2} + \frac{g'_{r2} + H'_r}{-2m},$$

ami — a jelölések különbözőségétől eltekintve — teljesen megegyezik Kállay (2) képletével.

Mivel pedig

$$g'_r + H'_r = V'_r, \quad G_{V'\max} = \frac{1}{2}\left(G_2 + \frac{V'_r}{-m}\right).$$

Mindez 1 éves időszakra vonatkozik, k éves időszakot figyelembe véve, m értékét behelyettesítve

$$G_{V'\max} \approx \frac{1}{2}\left[G_2 + \frac{kg'_{r2} + kH'_r}{kg'_{1} - kg'_{r2}}(G_2 - G_1)\right]. \tag{4}$$

A Kállay által idézett Madas L.-féle példában :

$$G_1 = 26 \text{ m}^2, \quad kg'_{r1} = 0{,}121,$$

$$G_2 = 43 \text{ m}^2, \quad kg'_{r2} = 0{,}063,$$

$$H_t = 30{,}2 \text{ m}, \quad H_{t+k} = 31 \text{ m}, \quad kH'_r = \frac{0{,}8}{30{,}2} = 0{,}0265,$$

s innen

$$G_{V'\max} = \frac{1}{2}\left[43 + \frac{0{,}063 + 0{,}0265}{0{,}121 - 0{,}063}(43 - 26)\right] = 34{,}6 \text{ m}^2.$$

A H'_r G-től való függése, valamint az f' értéke a gyakorlatban elhanyagolható, mivel a biológiai szóródás valószínűleg nagyobb, mint ezeknek hatása.

3. Mint láttuk, matematikailag kézenfekvő, hogy ha g'_r az ábrázolt módon (kb. lineárisan) függ G-től, feltétlenül van maximum. A kérdés már most az, hogy ez a maximum valóban a biológiailag lehetséges $G_{\max}$-on belül van-e. Mi ennek a feltétele? Mikor áll fenn a $G_{\max} > G_{V'\max}$ egyenlőtlenség?

Legyen $G_2 = G_{\max}$-mal. Mivel

$$G_{\max} = \frac{b - g'_{r,G\max}}{-m},$$

ha

$$G_{\max} > G_{V'\max},$$

$$\frac{b - g'_{r,G\max}}{-m} > \frac{b + H'_r}{-2m},$$

s innen

$$b > 2g'_{r,G\max} + H'_r, \quad \text{vagy — mivel } g'_r + H'_r = V'_r \text{ —}$$

$$b > V'_{r,G\max} + g'_{r,G\max} \tag{5}$$

(A $V'_r = g'_r + H'_r = 2D'_r + H'_r$ összefüggés egyébként igen jól használható a törzselemzéssel végzett növedékvizsgálatoknál.)

Az előbbi példa szerint — ha $k = 5$ év —

$$-m = \frac{0{,}121 - 0{,}068}{(43 - 26)5} = 0{,}000682$$

$$b = 0{,}0242 + 0{,}000682 \cdot 26 = 0{,}0420$$

vagyis

$$0{,}0420 > 2g'_{r,G\max} + 0{,}0053,$$

$$g'_{r,G\max} < 0{,}0473,$$

tehát a feltétel teljesül, mivel

$$g'_{r,G\max} < \frac{0{,}121}{5} = 0{,}0242.$$

4. Ha a $g'_r = \varphi(G)$ függvény nem lineáris, többféle eset lehetséges :

a) Pl.

$$g'_r = \frac{a}{G} \tag{6}$$

Ha $g'_r = \dfrac{G'}{G}$

$$G' = a$$

$$V' = faH + fGH'$$

$$\frac{\mathrm{d}V'}{\mathrm{d}G} = fH' = 0, \quad \text{ha } H' = 0 \text{ (mivel } f > 0).$$

Vagyis $H' > 0$ esetén $G_{V\,max} = G_{max}$, ami annyit jelent, hogy a gyéritetlen terület adja a legnagyobb növedéket.

A már idézett példa szerint — ha feltételezzük, hogy az új függvény átmegy a P_1 ponton:

$$G' = a = Gg'_r = 26\,\frac{0{,}121}{k}, \quad \text{ha pedig } k = 5,$$

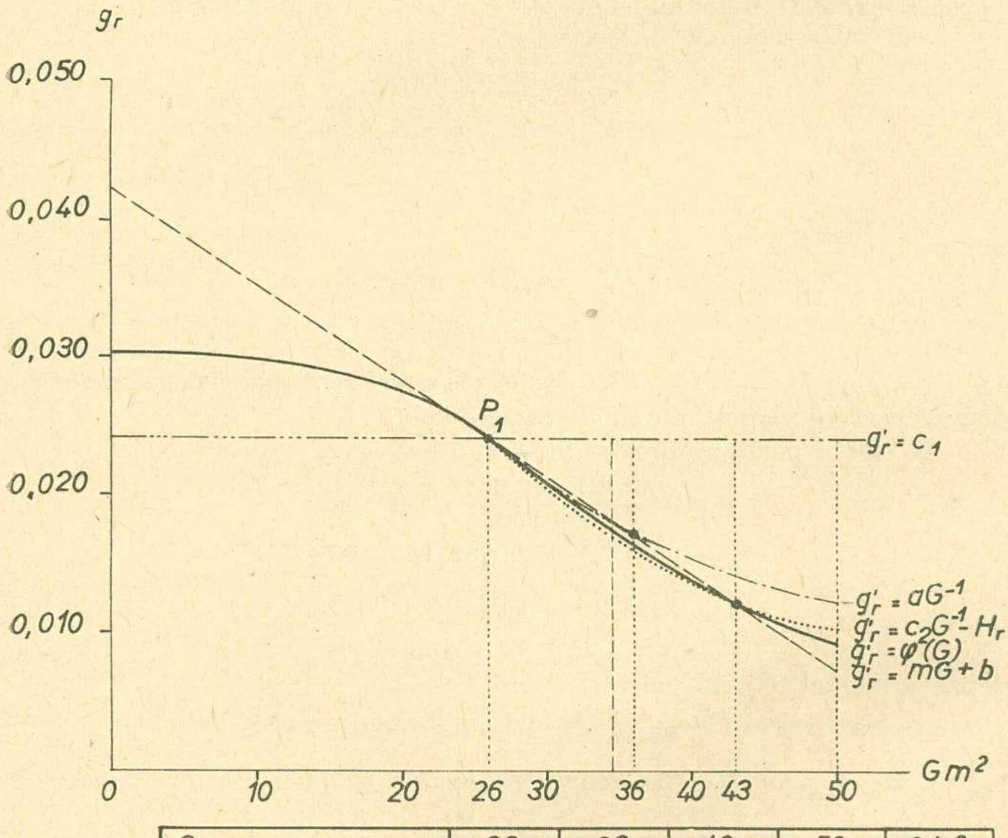
$$G' = 0{,}628 \text{ m}^2/\text{év}.$$

A függvény görbéje az *1. ábrán* látható.

b) A szokásos számítás szerint a növedék egyenesen arányos a sűrűséggel, vagyis

$$V' = c_0 G$$

Ez fennáll, ha



G	26	36	43	50	34·6
$g'_r = mG+b$	0,0242	0,0175	0,0126	0,0073	0,0184
$g'_r = aG^{-1}$	0,0242	0,0175	0,0146	0,0126	0,0182
$g'_r = c_1$	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242
$g'_r = c_2G^{-1}H'_r$	0,0242	0,0161	0,0126	0,0101	0,0169

1. *ábra*

$$g_r' = c_1 \tag{7}$$

vagyis a relatív körlapnövedék konstans. Ebben az esetben ugyanis

$$G' = c_1 G$$
$$V' = fc_1 GH + fGH' = (fc_1 H + fH')G =$$
$$= c_0 G.$$

Az idézett példában szereplő P_1 pontot helyén maradónak feltételezve:

$$c_1 = 0{,}0242.$$

A kapott — G-tengellyel párhuzamos — egyenes az *1. ábrán* látható.

c) Keressük azt a függvényt, amelyiknél V' értéke a gyakorlatban még elfogadható (az Assmann-féle kritikus körlapösszegnél nagyobb) G-értékek mellett — a G-től független.

Mivel $$V' = fG'H + fGH' = fGH(g_r' + H_r'),$$

$$\frac{\mathrm{d}V'}{\mathrm{d}G} = 0, \quad \text{ha } g_r' + H_r' = \frac{c_2}{G}.$$

Ebből

$$g_r' = \frac{c_2}{G} - H_r' \tag{8}$$

A már idézett példa szerint — ha feltételezzük, hogy az új függvény illeszkedik a P_1 ponthoz —

$$g_r' = \frac{c_2}{26} - 0{,}0053 = 0{,}0242,$$

s innen $c_2 = 0{,}768$.

A kapott $g_r' = \dfrac{0{,}768}{G} - 0{,}0053$ függvény — a (6) alatti függvényhez hasonlóan — hiperbola, de (amint az *1. ábrán* látható) a feltételezett valóságos görbét még az (1) alatti egyenesnél is jobban megközelíti.

5. Ha a gyakorlatban előforduló G-értékek mellett az (1) alatti összefüggés helyes:

$$V' = fH\,[mG^2 + (b + H_r')G].$$

Ha a fatermési táblában szereplő összfatermés-folyónövedék (V_0') és körlapösszeg (G_0) valóban az optimális állapotot tükrözi, a (2) képlet alapján

$$G_0 = G_{V'\max} = \frac{b + H_r'}{-2m},$$

s innen $m = \dfrac{b + H_r'}{-2G_0}$, a (3) képlet alapján

$$V_0' = V_{\max}' = fH\,\frac{(b + H_r')^2}{-4m} = -mfHG_0^2.$$

A növedékszámításhoz szükséges növedékszorzó (η) most már könnyen kifejezhető:

$$\eta = \frac{V'}{V_0'} = \frac{fH(mG^2 - 2mG_0G)}{-mfHG_0^2} = -\left(\frac{G}{G_0}\right)^2 + 2\,\frac{G}{G_0}.$$

Ha $\dfrac{G}{G_0} = s$ = körlap szerinti sűrűség $\approx$ fatérfogat szerinti sűrűség,

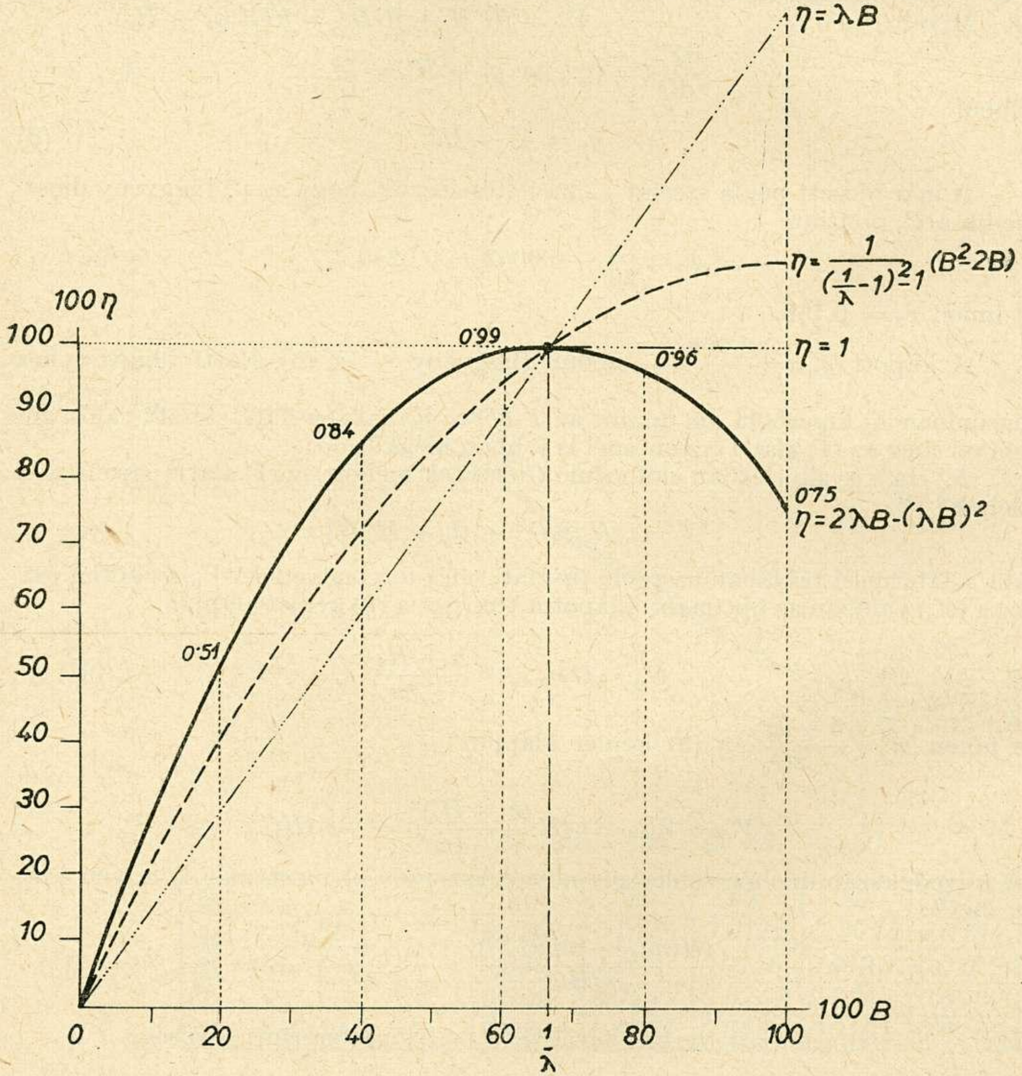
$$\eta = 2s - s^2 \tag{9}$$

Ha a sűrűség és záródás (= borítás = B) között lineáris sztochasztikus összefüggést feltételezünk (amint azt pl. Fekete Zoltán teszi):

$s = \lambda B$, ahol λ egy fatermési osztálytól függő állandó. (Az erdőrendezésfejlesztési csoport erdőrendezési becslések felhasználásával végzett vizsgálatai a Fekete Z. által akác sarjra kimutatott sűrűség: záródás viszonyszámok helyességét nagymértékben igazolták.) A sűrűség értékét a (8) képletbe helyettesítve:

$$\eta = 2\lambda B - \lambda^2 B^2.$$

Ezt az összefüggést — $\lambda = 1{,}50$ esetén — a 2. *ábra* mutatja. A függvény használata — egyszintű, elegyetlen állományok esetén — gépi adatfeldolgozással könnyen megoldható. Az így kapott eredmény alighanem jobb az eddigi számításnál, alkalmazása mégis vitatható. A záródás és sűrűség közötti



2. *ábra*

korreláció ugyanis feltételezhetően nem túl szoros. A kis záródások esetén a parabola képlet túl nagy növedéket eredményez. A nagyobb körlapösszeg viszont gyakran nem a túlsűrű állapotra, hanem a termőhely fatermési tábla által mutatott nagyobb fatermőképességére (magasabb fatermési szintjére) vezethető vissza, ilyenkor pedig indokolt az 1-nél nagyobb növedékszorzó. Különösen nagy hibát adhat ez a számítási módszer a gyengébb fatermési osztályokban a fatermési tábla által feltételezett maximálisnál nagyobb záródás esetén.

Ha a (7) képletet vesszük figyelembe

$$\eta = \frac{V'}{V'_0} = \frac{c_0 G}{c_0 G_0} = s = \lambda B.$$

Mint a *2. ábrán* látható, a fatömegarányos növedékszámítás alacsonyabb záródás esetén feltételezhetően kevesebb, magasabb záródás esetén több növedéket ad a valóságosnál.

Ez a számítási mód $B > \frac{1}{\lambda}$ esetén jelenleg csak a becsült állományoknál használatos, s ott sem kizárólagosan. Általában 100%-nál nagyobb sűrűséggel az erdőrendezők nem szoktak dolgozni, vagyis:

ha

$$B > \frac{1}{\lambda}, \quad \eta = 1.$$

Valószínűnek látszik, hogy az utóbbi számítás a $B > \frac{1}{\lambda}$ szakaszon helyesebb, mint a fatömegarányos számítás. Mivel azonban a $B < \frac{1}{\lambda}$ szakaszon a tényleges növedéknél kevesebbet mutatunk ki, indokoltnak látszik, hogy — az amúgy sem túl gyakran előforduló — $B > \frac{1}{\lambda}$ esetekben is fatömegarányosan számoljunk.

Ha az erdőrendezési növedékszámításokat a (8) képletnek megfelelő $\eta = 1$ szorzóval számolnánk függetlenül a sűrűségtől, ill. záródástól, vagyis a fatermési táblából kiírt növedékadatokat korrekció nélkül használnánk, az alacsony záródású állományokban feltétlenül nagy többletnövedéket mutatnánk ki.

Leghelyesebbnek látszana a $B < \frac{1}{\lambda}$ szakaszon $\eta = 2\lambda B - (\lambda B)^2$, a $B < \frac{1}{\lambda}$ szakaszon pedig az $\eta = 1$ szorzó használata.

Kb. ugyanilyen indokolt lenne egy olyan parabola használata, amelynek tengelye a $B = 1$ egyenes, s amely átmegy a (0,0) és a $\left(B = \frac{1}{\lambda}, \eta = 1\right)$ pontokon. A pontok koordinátáit az $\eta - \eta_{max} = \alpha(B - 1)^2$ egyenletbe helyettesítve a paramétereket egy kétismeretlenes egyenletrendszerből kiszámíthatjuk, s így megkapjuk a keresett függvényt:

$$\eta = \frac{1}{\left(\frac{1}{\lambda} - 1\right)^2 - 1} (B^2 - 2B)$$

(Példánkban $\lambda = 1{,}5$, $\alpha = -\eta_{\max} = -1{,}125$.)

Ez a képlet elég reálisnak tűnik, csak túlságosan bonyolult.

Mivel a fatermési tábla növedékadatai úgyis meglehetősen bizonytalanok, s mivel a feltételezett maximális záródásnál nagyobb záródás nem túl gyakran fordul elő, az $\eta = \lambda B$ szorzó egyelőre elfogadható. Ha ezt a szorzót használjuk, a növedékszámítás igen egyszerű, könnyen gépesíthető; sőt elképzelhető olyan megoldás is, hogy a fatermési táblák adatait egy ideális (nem valóságos) teljes záródásra átszámítjuk és a fatérfogat és növedékszámításoknál már csak ezekkel az adatokkal dolgozunk. Tudnunk kell azonban, hogy az egyes állományok növedéke a számított növedéktől jelentősen eltérhet.

Az $\eta = \psi(\lambda B)$ függvény pontosabb, tudományos meghatározása átmenetileg indokolt lehet ugyan, sokkal fontosabb lenne azonban az erdőrendezéshez szükséges becslési adatok (fatérfogat, folyónövedék, maximális átlagnövedék, körlapösszeg) h, t és B függvényeként történő levezetése. Ezek a függvények korrelációszámítás útján — bizonyos egyszerűsítésekkel — megfelelő módszerrel (reprezentatív mintavételi eljárással) begyűjtött adathalmaz feldolgozásával az erőrendezési csoport eddigi vizsgálatai alapján kiszámíthatók.

A félreértések elkerülése végett meg kell jegyeznem, hogy folyónövedék alatt dolgozatomban mindenütt az összfatermés folyónövedékét értem, eltérően az erdőrendezésnél jelenleg használt folyónövedéktől, amely az előhasználati fatérfogatot nem tartalmazza.

A záródás (borítás) használata ellen felhozható, hogy a pillanatnyi záródás kevésbé lényeges, mint az, hogy milyen gyérítési rendszert alkalmaztak eddig az állományban. A növedékszorzónak tehát függnie kell attól, hogy mennyivel nagyobb vagy kisebb az átlagos átmérő (vagy az átlagos növekedési mutató) a fatermési táblában szereplő megfelelő adatnál. Ez az ellenvetés kétségtelenül jogos, s ennek a kérdésnek vizsgálata feltétlenül indokolt. Egyelőre azonban ez az összefüggés tisztázatlan. A független változók számának növelése számítástechnikai szempontból sem indokolt.

Az $\eta = \lambda B$ szorzó használatának alátámasztására meg kell még jegyeznem, hogy az eddig elhanyagolt f' érték folyónövedékre gyakorolt csökkentő hatása a kisebb záródású állományokban sokkal jobban érvényesül, mivel azokban az alakszám sokkal gyorsabban csökken.

A fatermési táblák alapján kimutatható folyónövedék az eddig elmondottak értelmében még nagyobb területi egységekre összesítve sem ad megbízható adatot. Jelentős szisztematikus hibák gyaníthatók.

Ez a tény egyrészt rámutat arra, hogy növedékvizsgálatokat is kell az erdőrendezőségnek végeznie, másrészt kétségessé teszi a folyónövedékre alapozott hozadékszabályozás jogosultságát.

A hozadékszabályozásban a folyónövedéket mindaddig csak tájékoztató jellegűnek kell tekintenünk, míg rá nem térünk egy szúrópróbás növedékleltározásra.

6. Az *1. ábrán* feltüntetett függvények a kérdéses szakaszon — a $g_r' = c_1$ kivételével — annyira közel vannak egymáshoz, hogy igen nehéz lenne konkrét esetben eldönteni, hogy melyik függvénnyel is dolgozzunk a regresszió számításakor. Ez annyit jelent, hogy ilyen növedékmaximum kimutatása még hosszú lejáratú fatermési kísérletek esetén is meglehetősen problematikus. Kállay Á. módszere tehát csak igen jellegzetes maximum esetén vezethet eredményre.

Mivel Kállay Á. adatait Madas L. egyes fákon végzett felvételeire alapította, feltételezhető, hogy a valóságban a nagyobb körlapösszegű állományokban a koronák egymás alá tolódnak. Mindenesetre egy állomány nem állhat csupa közbeszorult, 10-es növekedési mutatójú fából, hiszen a valóságban 100 m^2-es ha-onkénti körlapösszeg nincs.

A sokaság növekedési viszonyai tehát nem fognak megegyezni az egyes fák alapján levezetettel. A nagy körlapösszegű állományok növedéke az esetek zömében valószínűleg jóval nagyobb, mint amennyit egy állomány egyes fáinak vizsgálata alapján feltételezhetünk.

Feltételezhető az is (a szakirodalom adatai alapján), hogy az átlagos törzs növekedési viszonyai nem feltétlenül tükrözik az egész állomány növekedését.

A $g'_r = \frac{G'}{G}$ egyenlőség fennállása tehát nem szükségszerű.

Külön problémát jelentene a Kállay Á. által javasolt vizsgálatnál, hogy a fafajon belül még a kort, magasságot és záródást is feltétlenül figyelembe kell venni, hiszen azonos körlapösszeg esetén ezek a tényezők — s ennek megfelelően a relatív körlapösszegnövedék is — igen különböző értékeket vehetnek fel.

Meg kell még említenem, hogy a Madas L. által javasolt átlagos növekedési mutató (jelöljük itt ω-val) és a körlapösszeg közötti összefüggésben nem teljes záródás esetén már a záródás is szerepel:

Ha K = koronaátmérő, N = törzsszám/ha,

$$\omega^2 = \left(\frac{K}{D}\right)^2 = \frac{K^2 \frac{\pi}{4} N}{D^2 \frac{\pi}{4} N} = \frac{10\,000 B}{G},$$

s innen

$$\omega = 100 \sqrt{\frac{B}{G}}.$$

Kállai Á. cikkének — vitatható pontjai ellenére is — abban van a nagy jelentősége, hogy erdőnevelő szakembereinket a fatermesztés problematikájának alaposabb átgondolására készteti.

7. A magam részéről — mint erdőrendező — a fatérfogatnövedék körlapösszeg függvényében értelmezett igen lapos deleléséből azt a következtetést vonnám le, hogy az előhasználatot nagymértékben rugalmasan kezelhetjük anélkül, hogy a növedék lényegesen változna. Ez egyrészt a nevelővágások döntően *minőségi* szemléletére hívja fel a figyelmet, másrészt felveti a gyérítések hozadékszabályozásba vonásának kérdését.

A hozadékszabályozás terén éppen az előhasználat szabályozása a legkönnyebben megoldható feladat, bár eddig ezt a lehetőséget a hozadékszabályozási eljárások tudomásom szerint nem tárgyalták behatóan. A készletfelhalmozás itt érhető el leggazdaságosabban, az esetleg szükséges túltermelés viszont innen az erdő különösebb károsodása nélkül fedezhető, ha szakszerűen dolgozunk.

Jelenlegi gyakorlatunk szerint az előhasználat mértékét erdőművelési szempontok egyértelműen meghatározzák. Ha ezen a vonalon túllépés következik be az országos használati előíráshoz képest, a vágásérett állományokban meg kell takarítanunk a megfelelő fatérfogatot. Így aztán sok esetben előfordul, hogy alacsony növedékű, állapotukban romló vágásérett állományokat visszatartunk olyan gyérítések miatt, amelyek elvégzése, ill. ilyen erélyű elvégzése jóval kisebb népgazdasági haszonnal jár, mint amennyit a rossz, idős állományok visszahagyásával veszítünk.

IRODALOM

Assmann, E.: Waldertragskunde (Fatermestan) 1961. — *Kállay Á.:* A maximális növedék elérésének problémája. Az Erdő, 1964. — *Király L.:* Néhány szó a növedékről. Az Erdő. 1964. — *Madas L.:* Ígéretes fákra alapított fatermesztési terv. 1956.