

PAVOL PLESNÍK

## K OTÁZKE HRANÍC LESA A STROMU NA ZEMI

*Abstract:* PROBLEM OF THE FOREST AND TREE LIMITS IN THE WORLD.— It is a discussion about the conditions of the distribution of the forest and tree limits and about the distinction of forest and tree limit at all. In the first part of the paper the main conditions of both limits are thoroughly considered, temperature, orographical influence — in height and mass — in the mountains, wind, drifting snow, avalanches, lack of fine soils, repartition of dryness of the water in the soils, mineralisation of the soils and biological conditions.

In the discussion about the existence of the limit of forest separated from the limit of tree we can state that, there where the trees reach a low age in consequence of unfavourable conditions and where they are insufficiently regenerated, there can be separated the limit of the forest from the limit of tree.

Hranica lesa a stromu predstavuje výrazný geografický jav. Zároveň je dôležitým miestom, kde sa stretávajú podstatne odlišné biocenózy, často sa zhruba kryje s hranicami areálu mnohých rastlinných a živočíšnych druhov a má širší biologický význam. Niet preto divu, že týmito problémami sa doteraz v literatúre zaoberalo mnoho autorov.

Problém lesných a stromových hraníc na Zemi je veľmi zložitý. Pre obmedzený rozsah nášho príspevku sa preto obmedzíme na dve skupiny otázok: 1. rozdelenie lesných a stromových hraníc z hľadiska rozhodujúcich činiteľov a 2. na problém delimitácie hranice lesa a hranice stromu.

## 1. Lesné a stromové hranice podľa rozhodujúcich činiteľov

Z jednotlivých druhov hraníc najviac pozornosti sa doteraz venovalo horným a polárnym hraniciam lesa a stromu. Základným činiteľom, ktorý ich spôsobuje, je nedostatok tepla a krátka vegetačná doba (ide o klimatické hranice lesa). Pri tom nie sú rozhodujúce ročné priemerné teploty vzduchu, ale množstvo tepla, ktoré dostanú proasty vo vegetačnej dobe. Zvlášť dôležité sú denné teploty v lete (Brockmann-Jerosch 1919), najmä v popoludňajších hodinách, kedy aj v oblasti hornej hranice lesa za snežného počasia teploty dosahujú vysokých hodnôt (Aulitzki 1962, Turner 1958 a i.). Preto v oblastiach s kontinentálnou klímou horná hranica lesa dosahuje podstatne väčších nadmorských výšok než v pohoriach s oceánickým podnebím.

V obdobnom zmysle pôsobí (najmä cez teplotné pomery) aj zväčšená masívnosť a výška pohoria, ktoré zapríčiňujú zvýšenú insoláciu a zvýrazňujú niektoré črty kontinentality podnebia, čo priaznivo vplýva na výšku hornej hranice lesa (Imhoff 1900, Marek 1910, Sokołowski 1928, Svoboda 1952, Plesník 1959 a i.). Napr. vo Vysokých Tatrách najmä v dôsledku väčšej masívnosti a výšky pohoria leží klimatická hranica lesa málo nad 1700 m n. m., tj. o 200

až 250 m vyššie než v nižších a menej masívnych pohoriach Západných Karpát (Krivánska Malá Fatra, Veľký Choč a i.). Práve v dôsledku zmenšenej oblačnosti v subtropických oblastiach vystupuje vyššie než v trópoch, bohatých na zrážky. V oblasti vysoko položených juhoamerických (aj v dôsledku veľkej masívnosti pohoria) plošín dosahuje napr. v hraničnej Kordillere medzi západnou Bolíviou a severným Chile horná hranica stromu takmer 5000 m n. m. (Troll 1959), čo pravdepodobne predstavuje najväčšie absolútne výšky hornej hranice lesa na Zemi vôbec.

Z klimatických činiteľov, okrem nedostatku tepla, na hornú hranicu lesa vplýva aj vietor, sneh (obr. 1), suchosť z mrazu, námraza a iné, pričom raz sa viac uplatňuje jeden, v inom prípade zase iný klimatický činiteľ, takže klimatickú hranicu lesa treba posudzovať z hľadiska celkového charakteru klímy (Brockmann-Jerosch 1919), ktorý má podstatný vplyv aj na drevinné zloženie hornej hranice lesa. Napr. v pohoriach južnej a západnej Európy s oceánickou klímou stretávame na hornej hranici lesa buk — *Fagus sylvatica* L. (napr. v Stredomorí a i., obr. 2); ten je smerom ďalej od mora vystriedaný spravidla smrekom [*Picea excelsa* (Lam.) Link.], ku ktorému sa práve vo vysokých a masívnych pohoriach (Tatry, Retezat v Južných Karpatoch a i.) družil limba (*Pinus cembra* L.). V centrálnej časti Álp so zvýšenou kontinentalitou hornú hranicu lesa tvorí limba so smrekovcom (*Larix decidua* Mill.), kým v okrajových pohoriach Álp, najmä v sev. časti, ju tvorí smrek.

S rastúcou nadmorskou výškou v najvyšších lesných stupňoch spravidla však sa zväčšuje výskyt blokovísk, sutín, rôznych skalných foriem a iných povrchových útvarov s nedostatkom jemnozeme, zabraňujúcich rozvoj lesa, takže v pohoriach s glaciálnym reliéfom edafický typ (obr. 3) hranice lesa (limitujúcim faktorom pre les je nedostatok jemnozeme) býva veľmi častý, bežnejší než klimatický, spôsobený nedostatkom tepla.

V pohoriach s dostatočným množstvom zrážok hodne znižujú hornú hranicu lesa aj činitele s mechanickými účinkami, ako lavíny, mury, strže apod. Lavíny vystupujú ako výrazný činiteľ, stláčajúci hornú hranicu lesa hlboko (miestami aj o 400—500 m) nadol, najmä v súčinnosti s človekom (Alpy, Belanské Tatry, Západné Tatry, Prašivá a i.), ktorý odstránil les a kosodrevinu, takže hladké zatravnatené plochy poskytujú dobré sklzné plochy pre skazonosné lavíny. V dávno osídlených oblastiach jedným z najdôležitejších činiteľov pre vznik hraníc lesa a stromu sa čoraz viac stáva človek.

Ďalšiu veľmi rozšírenú skupinu lesných a stromových hraníc zapríčiňuje suchosť. Nemusí ísť vždy len o malé úhrny zrážok, ktoré limitujú rozvoj lesa a stromu, ale aj o ich rozdelenie v priebehu roka, pričom až podstatnú úlohu môžu hrať iné klimatické činitele (najmä vysoké teploty). Napr. kým výška ročných úhrnov zrážok dosťahuje na južnom Slovensku na rozvoj mezofilných lesov (hrabo-dubových), v Severnej Amerike v oblasti prerií táto suma zrážok stačí len pre rozvoj lesostepi až stepi.

Hranice lesa, zapríčinené nedostatkom vody, patria k najrozšírenejším a najviac zastúpeným typom lesných hraníc na Zemi vôbec, pretože lemujú zónu tropických lesov, ako aj zóny lesov miernych pásem. Hoci ide o veľmi dlhé úseky, predsa sotva sa najdú miesta, kde by sa dala študovať prirodzená hranica lesa na hraniciach suchých oblastí, pretože ide o oblasti s relatívne priaznivými podmienkami a osídlenie a spravidla oddávna obývané. Veľké plochy porastené trávnatými porastami, prípadne s ojedinelými tromami, ktoré

kedysi boli považované za prirodzené, vznikli činnosťou človeka na lesných pôdach. Mnohé africké savany by dnes pokrýval hustý les, ak by neboli sústavne vypaľované. Ohradené a pred požiarmi chránené pokusné plochy napr. v západoafrických savanách prekvapujúco rýchlo zarastajú lesom. Aj Ilanos vo Venezuele sú podmienené ohňom. Argentínske pampy, okrajové pásma severoamerických prérií a stepí v SSSR by zarástli lesom, ak by sa na nich nepáslo (Ellenberg 1966).

Lokálne však môže vzniknúť hranica lesa, zapríčinená nedostatkom vody, aj v miernom pásme, v zóne mezofilných lesov. Ide o miesta s plytkou pôdnou pokrývkou, ktorá v lete najmä za dlhšie trvajúcich anticyklonálnych situácií ľahko preschne, takže lesné porasty sa na nich neudržia. Napr. na štrkových laviciach s podzemnou vodou hlboko pod povrchom a s tenkou vrstvou jemnozeme, na nivách väčších riek nachádzame bezstromovú suchobytnú vegetáciu, pretože štrkové uloženiey zabraňujú kapilárnemu vzlianiu podzemnej vody a skromný obsah vody, ktorý sa viaže na plytkú vrstvu jemnozeme, v suchom lete (najmä v kontinentálnych oblastiach) rýchle klesne pod minimum, potrebné pre existenciu lesa. Podobná situácia môže vzniknúť aj na výslnných svahoch s plytkými vysychavými pôdami na suchých vápencových, dolomitových a vulkanických substrátoch v oblasti nížin a ich okrajov. Takéto společenstvá so silno zastúpenými lesostepnými až stepnými elementami sú však extrazonálnymi javmi, podmienenými najmä extrémnymi pôdnymi pomermi. Tak je tomu aj na južnom Slovensku a na ostatných miestach v ČSSR, o ktorých sa neraz píše, že ležia v zóne (myslí sa bioklimatickej) stepí. Ak by južné Slovensko ležalo v bioklimatickej zóne stepí, potom by aj rastlinstvo na chrbtoch, svahoch, plošinkách rôznych substrátov s hlbšími pôdami muselo mať stepný charakter; vegetácia na spomenutých miestach je však mezofilná.

Z klimatických činiteľov rozvoju lesa a stromu môže zabraňovať vietor v súčinnosti s inými činiteľmi. Vietor na otvorených a silno veterných morských pobrežiach zrnkami piesku a vo vysokých polohách nad hornou hranicou lesa zase snehovými kryštalkami, ktoré vlečie po povrchu snehovej pokrývky, poškodzuje najmä vrcholové vetvy a zabraňuje výškovému rastu. Napr. v našich pohoriach nad klimatickou hranicou lesa všeobecne stretávame rozložené smrečky, ktoré sotva presahujú (alebo len málo) úroveň kosodreviny, pričom ich dĺžkové prírastky do výšky kosodreviny môžu byť relatívne veľké, dosťajúce pre vývoj stromu. Napr. v jeseni 1967 sme na j.-jz. svahu Patrie (Vysoké Tatry) vo výške 1807 m n. m., tj. asi 80 m nad klimatickou hranicou lesa, na malom smrečku, učupenom v kosodrevine, namerali ročný prírastok vrcholovej vetvy až 17 cm, čo nenasvedčuje skutočnosti, že nedostatok tepla nie je tu limitujúcim faktorom pre rast stromu. Ako možno usúdiť zo susedných smrečkov, ktorých vrcholové vetvy sa dostali nad úroveň kosodreviny, avšak boli čoskoro zničené, poškodzovanie vetrom a snehom a suchosťou zmrazu v polohách vysoko nad klimatickou (termickou) hranicou lesa predstavuje základného činiteľa, obmedzujúceho rast stromu do výšky.

S hranicami lesa a stromu stretávame sa aj na morských pobrežiach v dôsledku silného zasolenia pôd (Ellenberg 1966), ako aj na okrajoch stojatých a tečúcich vôd, kde krajne nepriaznivo pôsobí nedostatok kyslíka v hornej časti koreňového systému.

Rozvoj lesa a stromu môžu zabraňovať a jeho hranicu zapríčiniť aj živé organizmy. Ak vyčleníme z nich človeka, pretože jeho činnosť sa pod-

statne líši od prírodných činiteľov a budeme o nej hovoriť osobitne, môžeme označiť hranice lesa a stromu ako biologické. Ide najmä o divo žijúce zvieratá, ktoré ohryzom lesných drevín môžu zamedzovať rozvoj stromu a lesa a zapríčiniť jeho hranicu, čo je v porovnaní s ostatnými typmi lesných a stromových hraníc vcelku zriedkavým zjavom.

Podľa niektorých autorov existenciu lesa môžu zabraňovať aj iné rastlinné spoločenstvá, čím zapríčiňujú vznik biologickej hranice lesa. Otázka je dosť zložitá, pretože rozvoj lesa ťažko môžu limitovať bylinné a krovinné spoločenstvá, s výnimkou štádií zmladenia sa v najmladších štádií rastu stromov. Napr. Sokołowski (1928) tvrdí, že nízky priebeh lesnej hranice (okolo 1500 m n. m., tj. aspoň 200 m pod klimatickou - termickou hranicou lesa) na rozsáhlých úsekoch južných svahov Vysokých Tatier spôsobujú bujné porasty kosodreviny, ktoré zabraňujú lesu vystúpiť až na jeho klimatickú hranicu, a preto aj spomenuté prípady označuje ako biologická hranica lesa. Skutočnosť je však celkom iná. Vo výškach 200 m pod klimatickou hranicou lesa narastú smreký veľkých rozmerov (až 30 m), ktoré svojimi korunami zatienia a udusia svetlomilné kroviny kosodreviny, pričom kosodrevina je pre mladé smrečky, vzniklé zo semena, viac osožná svojou ochranou než škodlivá. V prípadoch, ktoré spomína Sokołowski, ide o zníženie hornej hranice lesa človekom, inde nepriaznivými pôdnymi pomerami, prípadne vetrom a kombináciou spomenutých činiteľov. V konkurenčnom boji so smrekom kosodrevina sa môže uplatniť až vysoko nad hornou hranicou lesa, ako poukážeme na to až ďalej.

U doteraz preberaných lesných a stromových hraníc išlo o limitujúci vplyv prírodných činiteľov, tedy o druhy, resp. typy prirodzených hraníc lesa a stromu. Tie však sa doteraz zachovali len na málo miestach, pretože ich ovplyvnil človek. Preto v podstatnej miere na Zemi máme dočinenia s umelými lesnými a stromovými hranicami, ktoré sú vyvinuté v najrozmanitejších variantách, odrážajúcich najmä stupeň devastácie prírodnej vegetácie a daných prírodných podmienok.

## 2. Problém delimitácie hranice lesa a hranice stromu

Les ako rastlinná formácia má mnoho charakteristických črt, ktorými sa líši od nelesných formácií. Nebudeme sa tu všetkými zaoberať (lesná klíma, dynamika lesa apod.), obmedzíme sa len na tie najzákladnejšie. Les je stromovitý porast o určitom zápoji a určitej rozlohe. Kritériá, podľa ktorých sa jednotlivé spomenuté znaky lesa posudzujú, sú rôzne u rôznych autorov. Preto sa obmedzíme len na tie, ktoré s naším problémom bezprostredne súvisia, a to sú zápoj korún a výška stromov.

Les predstavuje väčšie množstvo stromov, rastúcich v tesnom susedstve. Ich koruny sa môžu tak dotýkať, že pozorovateľovi v poraste zakrývajú celú oblohu (tj. plný zápoj, označený číslom 1,0), alebo ich styk môže byť voľnejší (označujeme ho číslom menším než 1,0). Vypadávaním stromov z lesného porastu pri nedostatočnom ich dopĺňaní lesný porast sa presvetľuje, dochádza k znižovaniu zápoja korún a k rozpadu lesa na skupiny stromov až samostatne rastúce stromy. Za les považujeme najčastejšie stromový porast s minimálnym zápojom korún 0,5.

Pre odlišenie kra od stromu z praktických dôvodov sa spravidla berie ako kritérium jeho výška. Niektorí autori považujú za strom jedince o minimálnej výške 8 m (Fekete, Blattny 1914, Sokołowski 1928 ai.), iní zase 5 m (Brock-

mann-Jerosch 1919, Plesník 1956 a i.), prípadne ešte menej. Ellenberg (1963 a 1966) považuje za stromy už tie jedince, ktoré v miernom a studenom pásme presahujú normálnu snehovú pokrývku, tj. výšku asi 2 m.

Tieto základné pojmy sme spomenuli preto, aby sme mohli jasnejšie zaujať stanovisko k otázke, či existujú na Zemi oddelene klimatická hranica lesa a klimatická hranica stromu a či spolu splývajú.

Tam, kde v oblasti hranice lesa a stromu nie sú rovnomerne vyvinuté pôdne podmienky, takže sa striedajú miesta s dobre vyvinutou a miesta s nedostatočne vyvinutou pôdnou pokrývkou (napr. v oblasti periglaciálnych blokovísk apod.), dochádza k rozpadu súvislého lesa na ostrovy až skupiny stromov, pretože stromové jedince na miestach s nedostatkom jemnozeme sa nemôžu vyvinúť. V takom prípade dochádza k vzniku hranice lesa, oddelenej od hranice stromu, pretože vzdalovaním sa jedincov od hranice lesa (smerom od súvislého lesa) stromy sa znižujú a čoraz viac nedobúdajú krovitý habitus, postupne sa meniac v kry. V takýchto prípadoch niet sporu o delimitáciu lesnej a stromovej hranice.

Iná je situácia na klimatickej hranici lesa a stromu na miestach s priaznivou, rovnomerne vyvinutou pôdnou pokrývkou. V súčasnej dobe sú dva protichodné názory na delimitáciu klimatickej hranice lesa a stromu: jedni (ide o podstatnú väčšinu autorov, zaoberajúcich sa hornou hranicou lesa) tvrdia, že k rozpadu lesného porastu môže dôjsť aj v dôsledku klimatických podmienok (klimatické príčiny uvoľnenia zápoja však hlbšie neanalyzujú), čím dochádza k oddeleniu hranice lesa a hranice stromu, druhí zase hovoria, že klimatická hranica lesa a klimatická hranica stromu splývajú.

Scharfetter (1938) usudzuje, že kde môže rásť jeden strom, môže ich rásť aj viac, ak nebráni jeho rastu človek a jeho zvieratá. V súlade s týmto tvrdením niektorí autori (Ellenberg 1963 a 1966, Schiechtl 1966) dochádzajú k záveru, že samotným zhoršovaním sa klimatických podmienok dochádza síce k zmenšovaniu výšky lesných porastov, avšak nie k ich rozpadu. V dôsledku toho zapojené lesné porasty prechádzajú až do krovinatých foriem, takže splýva hranica lesa s hranicou stromu. Ellenberg (1963 a 1966) to dokladá príkladmi najmä z hornej hranice lesa v argentínskych Andách (a Schiechtl 1966 obrázkom z Patagónie), kde klimatickú hranicu lesa tvorí *Nothofagus pumilio*.

Veľmi dobré životné podmienky lesa (dostatok tepla, vlhky, živín) vyhovujú mnohým druhom, preto drevinné zloženie takýchto lesov býva veľmi pestré, bohaté. Zhoršené životné podmienky vylučujú mnoho druhov, takže porasty na lesnej a stromovej hranici bývajú druhovo monotónne, zložené zo stromov jedného alebo len niekoľkých málo druhov.

Všetky jedince toho istého druhu sú svojím spôsobom individuálne založené. Preto krajne nepriaznivé podmienky nebudú znášať rovnako všetky jedince, v dôsledku čoho aj v lesnom poraste, zloženom zo stromov jedného druhu môže dôjsť k selekcii. Ako však reaguje lesný porast na takúto situáciu?

Vezmime si ako príklad úvahy hranicu lesa, resp. stromu, zapríčinenú suchom. Pri laickom pohľade by sa mohlo zdať, že skromný obsah vody v pôde nemôže uživiť väčší počet husto vedľa seba rastúcich stromov, v dôsledku čoho dôjde k vypadávaniu jedincov a rozpadu zapojeného porastu. Ak sa však na lesný porast pozeráme ako na celok, na jednotku s autoregulačným systémom, schopným reagovať na vonkajšie podnety a prispôbovať sa zmenám životných podmienok, potom sa selekcia jedincov javí v inom svetle. Ak by

totiž v lesnom poraste bol taký systém, že skromné množstvo vlhky by vyčerpali niekoľkí silní jedinci na úkor ostatných, ktorí by museli vypadnúť, potom by sa porast musel rozpadnúť. Nepriaznivému vplyvu susedného suchého bezlesia by napokon padli za obe aj spomenuté silnejšie jedince. Porast preto sa snaží vytvárať také opatrenia, ktoré mu pomáhajú ako celku prekonať nepriaznivé podmienky. V danom prípade bude sa snažiť udržať si zápoj korún a chrániť si tak stratu vlhky, teda udržiavaním si vlastnej fytoклímy. Dá sa predpokladať, že pri zhoršení vlhkosťných pomerov zmenší sa výška porastu a zmení sa jeho habitus. Slabšie jedince, ktoré vypadnú, porast si nahradí (za predpokladu normálnej miery zmladzovania) spravidla silnejšími (v porovnaní s vypadnutými) jedincami, takže selekcia v takom prípade porast navonok môže posilniť. Tieto skutočnosti nám potvrdzujú mnohé príklady na plytkých vysychavých pôdach, kde dochádza ku krpateniu, prípadne až k prechodu do krovinatej formy lesných stromov na okraji porastu, ale nie k rozpadu lesa. Tak je tomu na miestach, kde sa lesné dreviny normálne zmladzujú a dochádza k intenzívnemu konkurenčnému boju medzi jednotlivými druhmi lesných drevín.

Iná je situácia na hraniciach lesa a stromu, kde z klimatických príčin zmladzovanie je pomalé. Napr. na klimatickej hranici lesa v našich pohoriach generatívne zmladzovanie lesných drevín je veľmi slabé. Semenné roky (u smreka) sú veľmi zriedkavé (raz za 8—12 rokov), vysoké procento semien stráca klíčivosť, semená ľahko zahŕňajú. Ničenie stromovitých jedincov vetrom, snehom, námrazou, suchosťou zo zimy [Michaelis 1932—1934] a inými nepriaznivými činiteľmi vo vysokých polohách v našich pohoriach je tak intenzívne, že jedince (smreka) sa dožívajú relatívne krátkého veku.

Vegetatívne rozmnožovanie smreka (zakorenением vetiev, stielčich sa po zemi) prebieha dobre tam, kde nič neprekáža dotyku prízemných vrstiev s pôdou. Je to napr. na holiach, prípadne aj v kosodrevine, avšak hlbšie pod klimatickou hranicou lesa, kde smrek dorastá väčších rozmerov, takže zatienením je schopný udusiť kosodrevinu. V polohách nad klimatickou hranicou lesa, kde najmä v dôsledku obrusu vetrom a snehom (obr. 4) nemôže vytvoriť väčšiu hustú korunu a zatlačiť kosodrevinu, dotyku smrekových vetiev s pôdou zabraňujú kosodrevinové vetvy. Preto takéto jedince po čase vyhynú, bez toho, že by udržal okupované miesto.

Veľmi sporadicky sa vyskytujúce mladé smrečky v starej súvislej kosodrevine nad klimatickou hranicou lesa prezrádzajú, že generatívne zmladenie je veľmi slabé a nestačí dopíňať parosty nad klimatickou (termickou) hranicou lesa tak, aby tu vznikli husté smrekové porasty. Z toho vyplýva možnosť rozpadu lesných porastov z klimatických dôvodov a delimitácie lesnej hranice od stromovej v našich pohoriach.

#### Literatúra

- AULITZKY H. (1962): Die Bodentemperaturverhältnisse an einer zentralalpiner Hanglage beiderseits der Waldgrenze. Teil II, III. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B. Band 11, Heft 3, s. 302—376.
- BROCKMANN-JEROSCH H. (1919): Baumgrenze und Klimacharakter. Beitr. z. Geobot. Landesaufnahme 6. Zürich.
- ELLENBERG H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Licht, s. 943.
- (1966): Leben und Kampf an den Baumgrenzen der Erde. Naturwissenschaftliche Rundschau Bd. 19, H. 4, s. 133—139.

- FEKETE L., BLATTNY T. (1914): Die Verbreitung der forstlich wichtigsten Bäume und Sträucher im Ungarischen Staate. I. Bd. Selmecbánya.
- IMHOFF E. (1900): Die Waldgrenze in der Schweiz. Diss. Bern. Gerland's Beiträge zur Geophysik. Bd. V, Heft 3, Leipzig.
- MAREK R. (1910): Beiträge zur Klimatographie der oberen Waldgrenze in den Ostalpen. Peterm. Mitt. 56. Jahrgang, I. Halbband, s. 63—69.
- MICHAELIS P. (1932—1934): Ökologische Studien an der alpinen Baumgrenze, I., Ber. deutsch. bot. Gesellschaft 50, s. 31—42; II., Beitr. bot. Centralblatt 52 B, s. 310—332; III. a IV., Jb. wiss. Bot. 80, s. 169—247 a 337—362.
- PLESNÍK P. (1956): Horná hranica lesa v Krivánskej Malej Fatre. Lesnícky časopis, roč. II, č. 2, s. 97—123.
- (1959): Die obere Waldgrenze in den Westkarpaten. Wissenschaftliche Zeitschrift d. M. Luther Univ. Halle — Witt., Math.-Nat. VIII/2, s. 153—179.
- (1965): Niektoré rozdiely medzi hranicou lesa na Bjelašnici, na Trnavskom gozde gozde a v Západných Karpatoch. Geografski pregled, sv. VIII—IX, s. 27—38.
- SCHARFETTER R. (1938): Das Pflanzen-leben der Ostalpen, s. 1—419. Wien.
- SCHIECHTL H. M. (1966): Physiognomie der Waldgrenze im Gebirge. Allgemeine Forstzeitung, 77. Jahrg., Fol. 6., s. 105—113.
- SOKOŁOWSKI M. (1928): O górnej granicy lasu w Tatrach. Kraków.
- SVOBODA P. (1952): Život lesa. Praha.
- TROLL C. (1959): Die tropischen Gebirge. Bonn.
- TURNER H. (1958): Maximaltemperaturen oberflächennaher Bodenschichten an der alpinen Waldgrenze. Wetter und Leben 10, s. 1—12.

1. Obrusovanie smrečkov snehovými kryštalkami, vlečenými vetrom po vrchu snehovej pokrývky. Úplaz (Krivánska Malá Fatra).



2. Buk na hornej hranici lesa. Bjelašnica (neďaleko Sarajeva).







3. Edafický typ hornej hranice lesa na pleistocénnych blokoviskách. Stežky (Vysoké Tatry).

4. Smrečky nad hornou hranicou lesa silno trpia vetrom a snehom a suchosťou zmrazu. Bielovodská dolina (Vysoké Tatry).  
(Foto 1—4 P. Plesník.)

