

CARLO URBINATI,  
MARCO CARRER,  
TOMMASO ANFODILLO,  
STEFANO RENTO

# *Dendroecologia al limite superiore del bosco: dinamismi di accrescimento e fattori climatici\**

## **Introduzione**

Il limite superiore del bosco (*timberline*), nei suoi eterogenei assetti fisiogeografici, raramente si configura come una semplice linea di confine con le cenosi erbacee-arbustive (PIUSSI, 1992; MAYER & OTT, 1991; HOLTMEIER, 1993a). Esso costituisce prevalentemente un sistema ecotonale, la cui ampiezza varia da pochi metri ad alcuni chilometri (HOLTMEIER, 1993a) e che in ambiente alpino si interpone fra il bosco subalpino e le isolate "avanguardie" arboree che costituiscono il limite superiore degli alberi (*treeline*).

La scelta di fare ricerca in tali zone, oggi più che mai marginali dal punto di vista selvicolturale ed alpicolturale, è giustificata dalla presenza, come in altri sistemi di limite, di condizioni ambientali estreme<sup>1</sup> che rendono più evidenti le risposte degli organismi viventi all'azione di specifici fattori ecologici, in particolare climatici.

Sembra ormai appurato infatti che la brevità del periodo vegetativo sia uno dei fattori ambientali che maggiormente condiziona i processi di sviluppo nelle foreste d'alta quota (TRANQUILLINI, 1979). Vi sono poi altri fattori quali l'esposizione, la micromorfologia, la pendenza, i venti, la prolungata permanenza del manto nevoso, ecc. che, pure agendo localmente, rendono ulteriormente difficoltoso l'accrescimento degli alberi (PETERSON & PETERSON, 1994).

Alle difficoltà ambientali implicite al si-

stema, si aggiungono oggi le preoccupazioni sollevate dai mass-media, spesso con intenti puramente "terroristici", in merito a sconvolgimenti dei regimi climatici e delle conseguenti catastrofi ambientali. In un recente studio circa gli effetti del "global change" sulla vegetazione alpina vengono prefigurati, per i prossimi 30-50 anni, scenari bioclimatici e vegetazionali drammatici in relazione ad un aumento di temperatura, che secondo i diversi modelli di previsione, potrebbe essere fra i 2 e i 5 °C (OZENDA & BOREL, 1991). Tra gli effetti più evidenti vi sarebbe l'innalzamento di alcune centinaia di metri del limite superiore del bosco, la "mediterraneizzazione" del piano montano e subalpino, la scomparsa di specie vegetali.

Uno studio più approfondito dell'ecologia delle *timberline*, attuali e pregresse, può pertanto contribuire significativamente alla comprensione dei complessi dinamismi bioclimatici ed alla interpretazione della loro natura. È infatti opportuno stabilire se si tratta solo di normali fluttuazioni, intrinseche a qualunque sistema eterogeneo, o invece di pericolosi effetti dell'azione, spesso distruttiva, dell'uomo.

L'azione antropica millenaria sugli

\* La ricerca è finanziata con fondi M.U.R.S.T. (ex 40%).

<sup>1</sup> Una definizione molto esplicativa delle dinamiche bio-fisiche caratteristiche delle cenosi d'alta quota è quella di "Kampfzone" (zona di battaglia) coniata nella lingua tedesca.

ecosistemi alpini implica la considerazione di altri aspetti di importanza non secondaria in questo contesto, quali l'interferenza con i fattori ecologici e la conseguente difficoltà interpretativa delle dinamiche spazio-temporali del limite del bosco. L'abbassamento avvenuto rispetto alle condizioni postwürmiane (quantificabile in un range compreso fra 150-400 m) riflette infatti gli effetti sinergici di antropizzazione e clima.

Un efficace studio della *timberline*, finalizzato alla definizione delle modificazioni ambientali avvenute, deve essere pertanto affrontato in modo pluridisciplinare e integrato (fig. 1). In tal modo i risultati potranno costituire un sistema di riferimento per qualunque intervento gestionale volto al miglioramento della funzionalità di questi ecosistemi.

In un simile contesto l'analisi dendroecologica (ed in particolare quella den-

droclimatologica) assume una rilevante importanza diagnostica, soprattutto se associata ad una approfondita conoscenza della fisiologia delle specie più rappresentative.

### Obiettivi delle indagini

Sono stati integrati due metodi di ricerca differenti, uno di tipo sincronico con procedure tipicamente dendrocronologiche per un'analisi delle dinamiche auxologiche pregresse, l'altro di tipo analitico, volto alla comprensione di particolari aspetti della fisiologia dell'accrescimento.

In sintesi si è proceduto 1) all'analisi dei dinamismi cronologici e spaziali del limite superiore del bosco, in area vasta, e alla determinazione dei fattori respon-

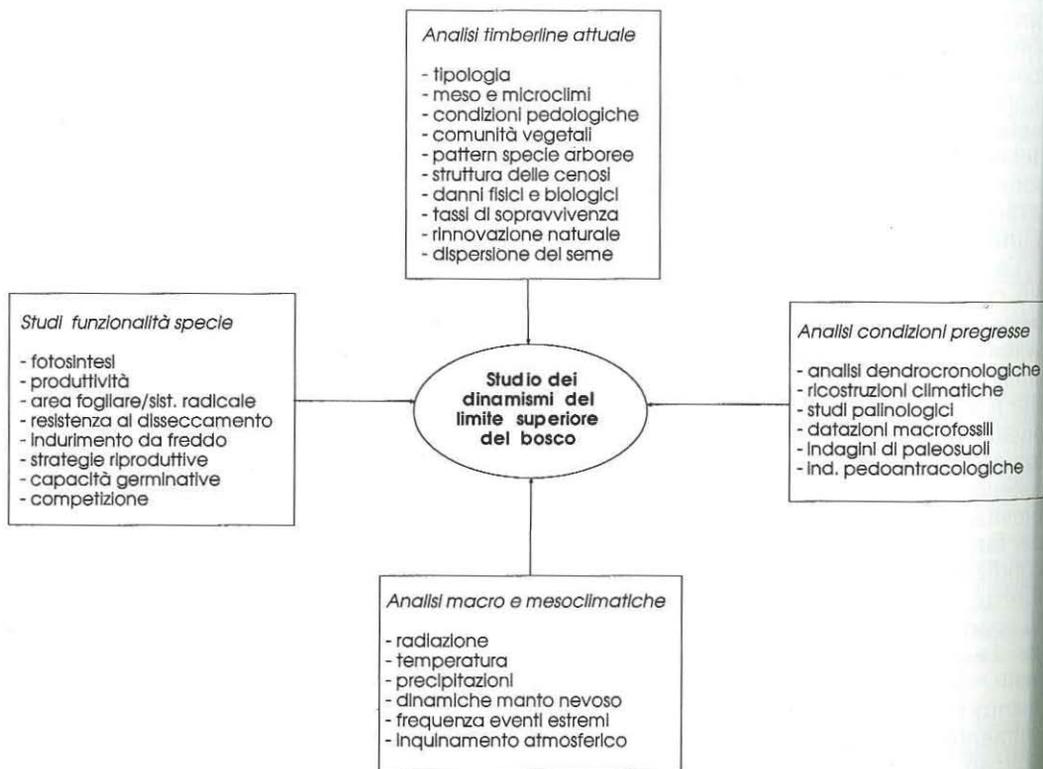


Fig. 1 - Sistema integrato per analisi multidisciplinare sulle cenosi del limite altitudinale superiore (da Holtmeier 1993b, modificato).

sabili delle oscillazioni altitudinali e 2) all'analisi puntuale delle risposte adattative di alcuni individui arborei della *timberline* all'azione dei fattori climatici mediante il monitoraggio in continuo dei processi fisiologici di accrescimento durante un'intera stagione vegetativa.

Le aree di indagine si trovano nella valle del Boite, fra i comuni di San Vito di Cadore e di Cortina d'Ampezzo, ad altitudini comprese fra 2100 e 2300 m (foto 1)<sup>2</sup>. La disponibilità di locali, mezzi e personale del Centro Studi per l'Ambiente Alpino dell'Università di Padova a San Vito di Cadore è stata fondamentale nella buona riuscita delle diverse fasi del lavoro.

### **Analisi dei dinamismi cronologici e spaziali**

Sono stati impiegati criteri operativi diversi in relazione alla natura dei processi da studiare ed al livello di dettaglio desiderato:

- I) la componente cronologica dei dinamismi è stata infatti analizzata, ad ampia scala geografica, con un sistema di aree campionarie non delimitate, a carattere dinamico e adattabili alle diverse caratteristiche delle cenosi indagate;
- II) lo studio della componente spaziale, in ambito più ridotto, ha richiesto invece la perimetrazione di un'area di saggio permanente entro la quale sono state effettuate le diverse analisi biometriche ed auxometriche.

Nel primo caso è stata utilizzata una metodologia di analisi predefinita<sup>3</sup> e che prevede l'esecuzione di *transect* lungo un gradiente altitudinale compreso fra il margine superiore del bosco (*timberline*)



Foto 1 - Cenosi di *timberline* sotto la Croda da Lago (Cortina d'Ampezzo). Sullo sfondo il Becco di Mezzodi.

ed il limite superiore degli alberi isolati (*treeline*). In ogni ambito ritenuto rappresentativo, all'interno di aree virtuali ecologicamente omogenee, sono stati eseguiti carotaggi su 10-15 individui dominanti di ognuna delle diverse specie presenti e censita la presenza di rinnovazione naturale.

I *transect* sono stati percorsi in aree analoghe ma caratterizzate da diverse condizioni fisiografiche (esposizione, geomorfologia e pendenza) proprio per valutare il trend di diffusione delle specie e delle loro risposte auxologiche.

I campioni legnosi raccolti dopo opportuna levigatura sono stati sottoposti sia alle procedure standard di analisi quantitativa su dati mediati (misurazione degli anelli e relative sincronizzazione e standardizzazione delle cronologie ottenute) sia qualitativa sulle singole serie (analisi delle brusche riduzioni di crescita, ricerca di anelli e anni caratteristici (*event year* e *pointer year*) individuabili grazie alla presenza di particolari irregolarità anatomiche: anelli da gelo, anelli incompleti, rapporto legno primaticcio/tardivo, abbondanza di canali resiniferi, ecc.). I risultati di tali analisi non sono ancora disponibili.

Nel secondo caso gli obiettivi posti erano 1) individuare alcuni dei principali fattori ecologici in grado di influenzare, a livello microstazionale, l'evoluzione di un popolamento forestale d'alta quota e 2) interpretazione dei meccanismi di azione.

A tale scopo era necessario individua-

<sup>2</sup> Come è noto, nelle Alpi Orientali e soprattutto nelle Dolomiti il limite superiore del bosco si trova a quote inferiori rispetto alle Alpi Occidentali o Centrali, soprattutto per la particolare struttura geomorfologica della montagna.

<sup>3</sup> È un protocollo procedurale definito da un gruppo di lavoro nazionale per l'attivazione di un progetto di ricerca sui dinamismi recenti del limite superiore del bosco denominato "Dendrolimite" (Motta, Nola, Pignatelli, Urbinati, 1993 non pubblicato)

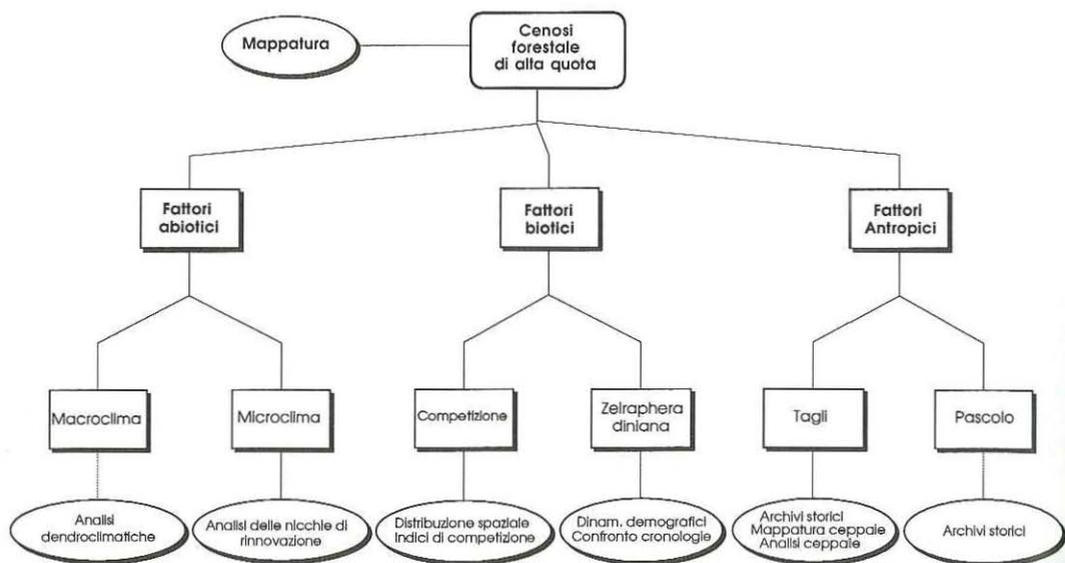


Fig. 2 - Fattori ecologici prevalenti nell'evoluzione delle cenosi di timberline in ambiente dolomitico e metodi utilizzati e/o previsti per le loro analisi.

re una foresta subalpina con determinati requisiti che hanno reso difficoltoso il reperimento. La cenosi infatti doveva essere preferibilmente ubicata oltre i 2000 m di quota, avere composizione mista, struttura ben definita, buone condizioni vegetative, presenza di individui plurisecolari ed un tasso ridotto di utilizzazioni. Dopo un'accurata indagine preliminare è stata localizzata un'area idonea nel Comune di Cortina d'Ampezzo, gruppo della Croda da Lago, che probabilmente costituisce uno degli esempi più rappresentativi della provincia di Belluno. Le indicazioni ricevute dalle Regole d'Am-

pezzo escludevano in quella zona l'effettuazione di tagli significativi almeno dal secondo dopoguerra<sup>4</sup>.

All'interno della cenosi sono stati topograficamente definiti il perimetro di un'area di saggio (di circa 1 ha) e la posizione e quota di tutti gli individui arborei (n. 582) aventi altezza uguale o superiore a 1.30 m in essa contenuti.

Per una ricostruzione di dettaglio della micromorfologia del territorio sono stati topografati oltre 200 punti a terra, soprattutto in corrispondenza di soluzioni di continuità della copertura, di dossi o depressioni del suolo (tab. 1).

Per tutti i soggetti mappati sono state misurate: l'altezza dendrometrica, il diametro a 1.30 m e i parametri morfometrici della chioma; si sono inoltre prelevate due carote legnose a 1.30 m per le piante dove questo prelievo era possibile e una sola carota al colletto per i soggetti

Superficie (mq.)	8500			
Quota min	2076.5			
Quota max	2111.3			
Esposizione	Nord			
Pendenza	45%			
Piante mappate	Totali	Larice	Cembro	Picea
	582	420-72.2%	131-22.5%	31-5.3%
Punti quotati	202			

Tab. 1 - Alcuni parametri morfometrici e compositivi rilevati nella cenosi.

<sup>4</sup> Dall'analisi di alcune ceppaie rilevate, questo arco di tempo può probabilmente essere esteso sino all'inizio del XIX secolo. Ciò costituisce un'importante elemento poiché, ad eccezione di sporadici tagli di singole piante, la cenosi si troverebbe, da quasi due secoli in condizioni evolutive paranaturali.

	Numero campioni	Anni	Ampiezza media (mm)	Deviazione standard	Auto-correlazione	Sensibilità media
Larice	57	479	0.732	29.5	0.569	0.319
Cembro	20	354	1.026	30.4	0.875	0.114
Picea	14	400	0.578	26.3	0.752	0.178

Tab. 2 - Principali parametri dendrocronologici rilevati nella cenosi.

di ridotte dimensioni.

## Risultati

L'evoluzione di una cenosi arborea dipende da una molteplicità di fattori il cui studio presenta, molto spesso, non solo delle difficoltà nella loro precisa individuazione ma anche nella chiara definizione delle relazioni causali. Ciò in con-

seguenza sia di fenomeni di interazione tra i vari fattori considerati, sia per la presenza di eventi perturbativi, associati a varie forme di intervento antropico, che sovente mascherano, deviano o modificano la naturale evoluzione dell'ecosistema stesso.

In fig. 2 sono rappresentati i probabili fattori determinanti l'evoluzione del popolamento in esame e, sinteticamente, alcuni dei metodi utilizzati o da utilizzare per la loro analisi quali-quantitativa.

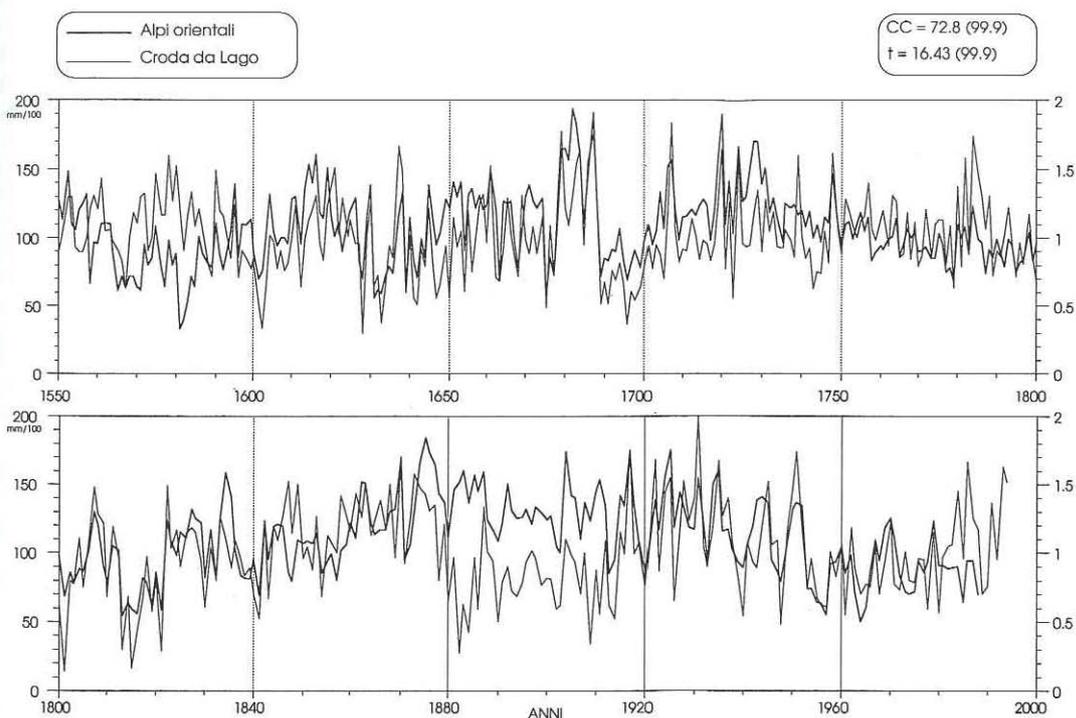


Fig. 3 - Confronto fra la cronologia del larice di Croda da Lago e quella di riferimento delle Alpi orientali (Bebber). In alto a destra sono riportati i valori del coefficiente di coincidenza (CC) e del t di Student (t) con relativa significatività statistica.

Relativamente allo studio dendroclimatico sono già state sviluppate delle cronologie medie relative alle tre specie (*Larix decidua* Mill., *Picea abies* Karst., *Pinus cembra* L.) presenti nell'area in esame (tab. 2), interdateate con le principali cronologie di riferimento esistenti in letteratura per le Alpi orientali o per aree macroclimaticamente simili (BEBBER, SIEBENLIST-KERNER, ecc.) (fig. 3).

Le curve medie sono state elaborate ed indicizzate con il software ARSTAN (COOK & HOLMES, 1984). Con standardizzazioni successive si giunge ad una modellizzazione autoregressiva dalla quale si ottengono le serie residuali, cioè "depurate" di alcuni fattori di variabilità, sulle quali sono state avviate le analisi dendroclimatiche.

Si sono ottenute, preliminarmente, funzioni di risposta (figg. 4 a,b e 5 a,b) che evidenziano la correlazione esistente tra gli indici di accrescimento e le temperature mensili minime e massime. Vista l'importan-

za autocorrelativa, cioè l'effetto inerziale del clima sui ritmi e le modalità incrementali, le funzioni di risposta sono state calcolate sia per l'anno di riferimento (Y) sia per l'anno precedente ad esso (Y-1).

Si può osservare come le temperature del periodo vegetativo (giugno-agosto) risultino fondamentali per la formazione dell'anello legnoso; è peraltro evidente una differenziazione di risposta tra le diverse specie.

L'accrescimento radiale di larice e picea sembra essere favorito da elevate temperature massime e minime di giugno e luglio dell'anno in corso. Non si osservano effetti significativi relativamente alle temperature dell'anno precedente.

La crescita del pino cembro oltre ad essere positivamente influenzata dalle temperature massime di giugno, luglio e agosto, appare favorita anche da quelle del periodo vegetativo precedente.

Da notare, sempre nel cembro, anche l'influenza negativa delle temperature

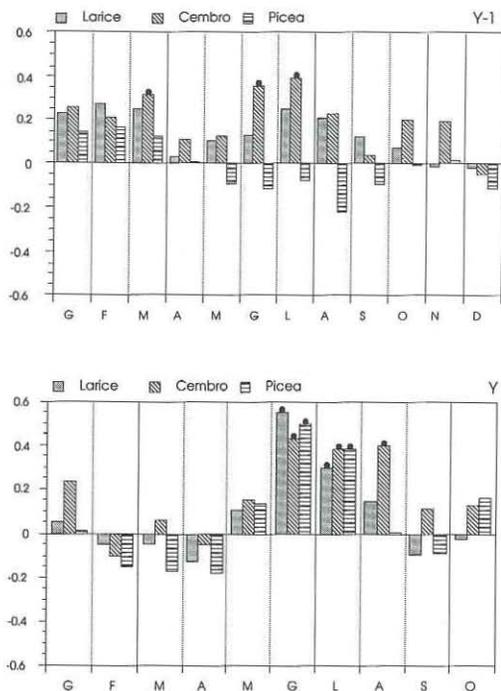


Fig. 4 a, b - Correlazioni tra le cronologie residuali specifiche e le medie delle temperature massime mensili per l'anno in corso (Y) e l'anno precedente (Y-1) la formazione dell'anello. Con il simbolo • sono indicati i valori significativi per  $P < 0.05$ .

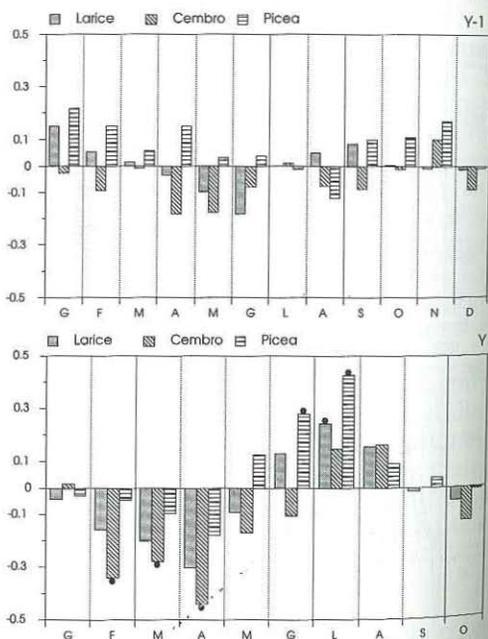


Fig. 5 a, b - Correlazioni tra le cronologie residuali specifiche e le medie delle temperature minime mensili per l'anno in corso (Y) e l'anno precedente (Y-1) la formazione dell'anello. Con il simbolo • sono indicati i valori significativi per  $P < 0.05$ .

minime di febbraio, marzo e aprile dell'anno in corso.

Quest'ultimo effetto, cioè la riduzione delle ampiezze anulari in corrispondenza di temperature minime di febbraio e marzo meno rigide, potrebbe interpretarsi come una conferma delle esigenze microtermiche della specie. Climi invernali non sufficientemente freddi potrebbero determinare un aumento di respirazione dal fusto, tali da ridurre nella stagione vegetativa la potenzialità auxologica delle piante. Nel cembro infatti è stata osservata una elevata attività respirativa del fusto (anche se mancano riferimenti specifici al periodo tardo-invernale), la cui entità è stata quantificata intorno al 18.5% della fotosintesi lorda in un anno (HAVRANEK, 1981; HÄSLER, 1992).

Relativamente al mese di aprile, che evidenzia valori più elevati di correlazione, al fenomeno sopra descritto potrebbe sovrapporsi o sostituirsi l'effetto dello scioglimento del manto nevoso. In formazioni subalpine delle North Cascade (USA) correlazioni negative fra accrescimento e temperature primaverili sono state interpretate come conseguenza dello stress idrico che viene indotto durante lo scioglimento della neve, che ha l'effetto di raffreddare il suolo e di inibire l'assorbimento radicale (PETERSON & PETERSON, 1994).

Non si sono rilevate invece correlazioni significative con i valori di precipitazioni mensili ad indicare che tale fattore, sia durante il periodo invernale, in forma nevosa, sia durante il periodo vegetativo in forma di acqua disponibile, sembra avere un ruolo secondario, rispetto alla temperatura, nel processo auxologico.

Le elaborazioni dendroclimatiche, come quella sopra esposta, consentono di evidenziare il segnale comune, attribuibile al macroclima, presente nelle cronologie individuali. Viste con un'altra ottica esse permettono di eliminare il "rumore", cioè la variabilità generata da diversi fattori "di disturbo" che agiscono a livelli inferiori e che dipendono dal microclima, dalla competizione inter- ed intraspecifica e dalle caratteristiche delle nicchie occupate dai singoli individui.

Con la prosecuzione di questo studio si cercherà invece proprio di evidenziare

l'azione di tali fattori "minori" e di determinarne la loro distribuzione spaziale. Si cercherà quindi di separare e quantificare i differenti apporti, registrati nelle seriazioni anulari, delle due componenti macro- e microclima e di analizzare l'importanza della micromorfologia del territorio, del livello di competizione al quale è sottoposto un individuo o della classe sociale, nel determinare un certo tipo di risposta climatica.

Grazie alla precisa riproduzione tridimensionale dell'area campione sarà infatti possibile associare, per ognuna delle centinaia di posizioni misurate, un determinato segnale climatico ed i relativi parametri dendromorfometrici e dendrocronologici propri dell'individuo considerato.

Fra i fattori biotici, considerando che il popolamento è composto per oltre il 70% di larice, è stata posta particolare attenzione nell'evidenziare eventuali pullulazioni di *Zeiraphera diniana* Guen.. Dalle elaborazioni effettuate risulta che l'azione del tortricide non riveste una grande rilevanza a quelle quote e comunque non presenta quella ciclicità di esplosioni demografiche che gli è caratteristica alle quote inferiori; risultano invece solo attacchi isolati con frequenza episodica. Dall'analisi comparata<sup>5</sup> tra le cronologie medie delle tre specie arboree presenti nell'area si evidenziano unicamente sei possibili gradazioni nell'arco di due secoli e tutte collocate in epoca antecedente al 1850.

Infine, a completamento dell'analisi e a conferma dei risultati ottenuti, sarebbe auspicabile utilizzare, come fonte di informazioni relative all'azione antropica (utilizzazioni, pascolo, ecc.), il materiale storico contenuto negli archivi storici delle Regole di Ampezzo. La secolare prassi di registrazione dettagliata delle attività silvo-pastorali esercitata nei territori della comunità potrebbe fornire

<sup>5</sup> Trattasi di un confronto che si esegue fra la cronologia della specie colpita (*host*) e quelle delle specie ecologicamente consociate o affini che generalmente non risentono dell'azione di un determinato fitofago (*non host*).

utili indizi per ricostruire gli usi pregressi di molte zone d'alta quota ed eventuali importanti utilizzazioni boschive. In relazione a quest'ultima attività, indicazioni più puntuali potranno essere dedotte dall'analisi dendrocronologica, attualmente in atto, delle ceppaie mappate nell'area di saggio.

### Analisi dei dinamismi intrannuali

L'obiettivo primario di questa seconda fase della ricerca, come già ricordato, è quello di una più precisa conoscenza della fisiologia dell'accrescimento e di individuare i fattori maggiormente coinvolti nel processo di formazione dell'anello annuale. Era quindi necessario predisporre un sistema di monitoraggio dei fattori climatici e delle risposte funzionali degli individui arborei durante la stagione vegetativa.

La prima stagione di rilevamenti si è protratta dal 26 maggio al 22 ottobre 1995 in un sito ubicato a 2085 m s.l.m., in località Cinque Torri (Cortina d'Ampezzo) dove sono stati scelti due larici e due abeti rossi di età compresa fra 35 e 40 anni.

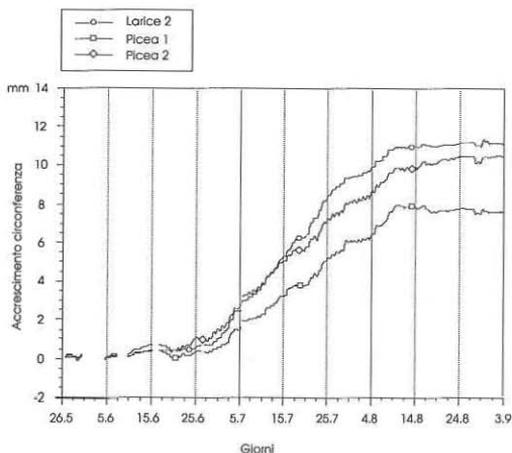


Fig. 6 - Accrescimento in circonferenza di tre individui arborei nel periodo 26.5-3.9.1995 in località Cinque Torri (BL) a quota 2085 m s.l.m. Le soluzioni di continuità dipendono da dati mancanti o aberranti. La registrazione è proseguita fino a 26.10, ma le curve non variano se non per piccole oscillazioni intorno al massimo.

La strumentazione utilizzata consisteva in una piccola stazione meteorologica per il rilevamento dei principali parametri climatici<sup>6</sup> e in una serie di sensori appositamente predisposti per la misurazione di parametri fisiologici, tutti controllati da un Data-Logger (CAMPBELL CR10) che registrava le misure con una scansione temporale di 15 minuti.

Su ogni individuo arboreo sono stati poi collocati i seguenti sensori:

- 3 fascette dendrometriche (*dendrometer band*), una delle quali sul fusto a m 1.30 e due sui rami, in direzione nord e sud. Ognuna di queste è composta da una bindella metallica, una molla ed un potenziometro. Quest'ultimo traduce in variazioni di resistenza le dinamiche dimensionali dello xilema. La risoluzione del sistema è nell'ordine del centesimo di millimetro.
- 8 termocoppie, per la misurazione della temperatura dei diversi organi epigei dell'albero (fusto, rami, aghi) in diverse posizioni.
- 3 sensori di flusso di linfa (uno sul fusto e due sui rami in siti corrispondenti ai dendrometri) che consentono la determinazione della densità del flusso di linfa e l'andamento della dinamica traspirativa (GRANIER, 1985).

### Risultati

La notevole quantità di dati raccolti ne ha finora consentito l'elaborazione di una piccola parte. Anche dai primi e parziali risultati è però possibile delineare l'andamento generale del processo di accrescimento, confermando alcune importanti relazioni fra accrescimento e fattori climatici, la cui significatività dovrà essere successivamente confermata con opportune procedure di analisi.

<sup>6</sup> Temperatura dell'aria (°C), umidità relativa dell'aria (%), potenziale idrico dell'acqua nel suolo (bar), pioggia (mm), radiazione globale (W/m<sup>2</sup>), radiazione fotosinteticamente attiva (μmol/m<sup>2</sup>/sec), velocità del vento (m/sec), direzione del vento (° N).

L'inizio della formazione xilematica nelle due specie è praticamente sincrono e databile al 20 giugno; in precedenza gli strumenti hanno registrato solo lievi variazioni della circonferenza dei fusti (fig. 6).

Sono stati inoltre osservati, durante l'intero periodo di misurazione, altri dinamismi, prevalentemente dovuti alla variazione di tensione xilematica indotta dalla traspirazione nei diversi momenti della giornata, e caratterizzati da precisi pendolarismi diurno-notturni (fig. 7). Se si considerano infatti gli accrescimenti nel brevissimo periodo (nell'ordine di uno o più giorni), le curve corrispondenti sono costituite da una componente "virtuale" di natura ciclica ed una reale di natura progressiva, che è quella che dà luogo all'incremento legnoso *sensu strictu*. Uno degli obiettivi della ricerca in atto consiste proprio nell'esatta definizione delle due componenti.

L'accrescimento procede a ritmi elevati per circa 50 giorni, determinando la quasi completa formazione dell'anello nella prima decade di agosto, momento in cui, forse anche a causa di una diminuzione di circa 10 °C delle temperature diurne, si osserva l'evidente rallentamento o l'arresto della dinamica auxologica. L'incremento corrente di circonferenza, nei 3 individui considerati, è compreso fra 7 e 10.5 mm circa, con differenze intra- ed interspecifiche.

Da notare la diversa fisionomia delle curve nelle due specie: più sinusoidale nell'abete rosso mentre nel larice è scalare (fig. 8). È necessario verificare se il maggiore spessore della corteccia del larice agisce da sistema "buffer" impedendo di osservare le caratteristiche oscillazioni, oppure se sussiste un problema tecnico relativo allo scorrimento della bindella del dendrometro sulla corteccia del larice.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Sui fusti, in corrispondenza della zona di collocazione dei dendrometri, la superficie della corteccia è stata prima leggermente levigata per diminuirne la scabrosità (avendo cura di non causare secrezioni di resina) e poi trattata con del silicone spray per diminuire ulteriormente l'attrito della bindella.

## Conclusioni

I risultati sopra esposti costituiscono un contributo preliminare relativo alla ricerca in atto al limite superiore del bosco nelle Alpi orientali. Maggior spazio è stato invece riservato alla presentazione della tipologia dell'indagine ed alla descrizione dei metodi impiegati o previsti per il proseguimento dei lavori. L'integrazione di metodologie dendroecologiche e fisiologiche costituisce un evento nuovo, almeno limitatamente agli studi su ecosistemi forestali delle Alpi italiane. Le analisi dei dinamismi incrementali degli individui e delle cenosi arboree possono

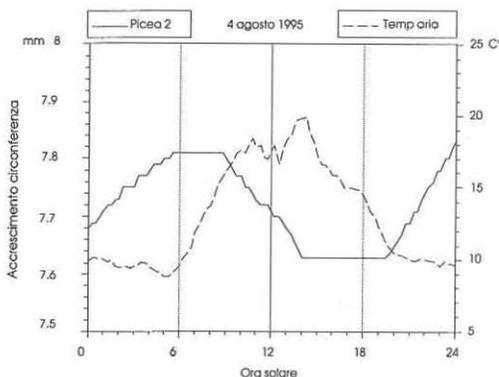


Fig. 7 - Variazioni di circonferenza del fusto di picea e andamento della temperatura dell'aria nell'arco di una giornata. Il fenomeno è attribuibile alla variazione di tensione xilematica indotta dalla traspirazione.

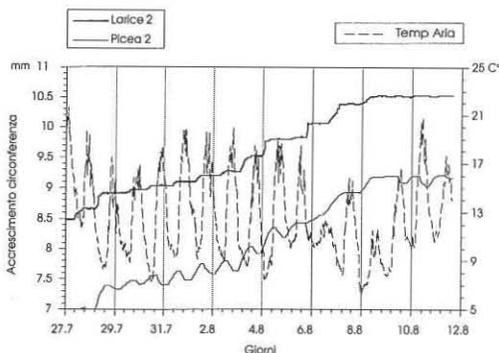


Fig. 8 - Dinamismi di accrescimento dei fusti di larice e picea in funzione della temperatura dell'aria registrati fra il 27.7 ed il 12.8.1995.

fornire essenziali indicazioni utili sia alla comprensione dei fenomeni pregressi sia alla conferma di eventuali trend individuati dalle analisi fisiologiche. Queste ultime, grazie all'elevato livello di dettaglio, consentono a loro volta di interpretare più efficacemente le relazioni esistenti fra alberi e fattori ambientali.

Con le funzioni di risposta, per esempio, sono state osservate elevate correlazioni fra temperature estive e accrescimento; con i dati orari e giornalieri disponibili sarà possibile individuare la componente termica (temperature diurne, notturne, ecc.) che esplica l'azione preponderante sulla dinamica di accrescimento.

Altre importanti informazioni giungeranno dall'elaborazione delle misure sui flussi di linfa, sia per stimare le dinamiche traspirative<sup>8</sup>, sia per approfondire le interazioni fra il sistema acqua e la formazione dell'anello, che con le funzioni di risposta non sono risultate significative.

Infine anche i processi auxologici dei rami, finora abbastanza sconosciuti, potranno essere analizzati con maggiore chia-

rezza, nel tentativo di individuare eventuali dipendenze o analogie con quelli dei fusti.

Esistono quindi tutti i presupposti necessari per la continuazione della ricerca, sia per l'elaborazione dei dati relativi a questa prima annata, sia per la reiterazione delle analisi di campo in altre stazioni della *timberline* ampezzana e cadorina.

**Ringraziamenti.** Un caloroso ringraziamento al dott. Giuseppe Sala, Carmen Filoso, Fausto Fontanela e Roberto Menardi del Laboratorio di Ecologia del Centro Studi Ambiente Alpino di San Vito di Cadore per il prezioso supporto logistico e tecnico offerto nei diversi momenti del lavoro. Si desidera inoltre ringraziare: le Regole d'Ampezzo per aver consentito l'esecuzione dei lavori nell'ambito dei propri territori: Modesto e Monica Alverà, gestori del Rifugio Palmieri a Croda da Lago, per la paziente e squisita ospitalità fornita.

**dott. Carlo Urbinati  
dott. Marco Carrer,  
dott. Tommaso Anfodillo  
dott. Stefano Rento**

Università di Padova, Agripolis  
Dipartimento Territorio e Sistemi Agro Forestali  
I-35020 Legnaro (PD)

## BIBLIOGRAFIA

COOK E.R. & HOLMES R.L., 1984 - *Users manual for program ARSTAN*. Laboratory of Tree-Ring Research, The University of Arizona, Tucson.

GRANIER A., 1985 - *Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres*. Ann. Sc. For. 42: 193-200.

HÄSLER R., 1992 - *Ecophysiological investigations on Cembran pine at timberline in the Alps: an overview*. In Atti dell'International Workshop on Subalpine Stone Pines and their environment: the status of our knowledge" St. Moritz (CH): 61-66.

HAVRANEK W.M., 1981 - *Stammatmung, Dickenwachstum und Photosynthese einer Zirbe (Pinus cembra) an der Waldgrenze*. Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien. 142: 443-467.

HOLTMEIER F.K., 1993a - *The upper timberline: ecological and geographical aspects*. In: Anfodillo T. & Urbinati C. (eds.) - *Ecologia delle foreste d'alta quota*, Atti del XXX Corso di Cultura in Ecologia, Università degli Studi di Padova: 1-26.

HOLTMEIER F.K., 1993b - *Timberlines as indicators of climatic changes: problems and research needs*. In: Frenzel B. (ed.) - *Oscillations of the Alpine and Polar Tree Limits in the Holocene*. Special Issue: ESF Project European Paleoclimate and Man 4. Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York: 211-222.

MAYER H. & OTT E., 1991 - *Gebirgswaldbau Schutzwaldpflege*. Fischer Verlag, Stuttgart-New York. 587 pp.

OZENDA & BOREL, 1991 - *Les conséquences écologiques possibles des changements climatiques dans l'Arc alpin*. Rapport Futuralp N.1, ICALPE. 49 pp.

PETERSON D.W. & PETERSON D.L., 1994 - *Effects of climate on radial growth of subalpine conifers in the North Cascade Mountains*. Can. J. For. Res. 24: 1921-1932.

PIUSSI P., 1992 - *Carta del limite potenziale del bosco in Trentino*. Provincia Autonoma di Trento. Servizio Foreste, Caccia e Pesca. 69 pp.

TRANQUILLINI W., 1979 - *Physiological ecology of the Alpine timberline*. Springer Verlag, Berlin. 131 pp.

<sup>8</sup> Da una prima analisi sembra che le piante siano fortemente "accoppiate" all'atmosfera, ossia che la traspirazione dipenda strettamente dal deficit di pressione di vapore.