

## **Situazione sanitaria delle foreste del Trentino e stato della ricerca sul fenomeno della «moria del bosco»**

Il problema del deperimento delle foreste dovuto a deposito di sostanze inquinanti è stato affrontato, negli ultimi anni, un po' da tutti gli organismi e le amministrazioni competenti in materia di ambiente e foreste.

Nell'analisi di questo fenomeno si sono presentate notevoli difficoltà connesse soprattutto all'identificazione degli effetti dell'inquinamento sugli ecosistemi forestali, non essendo, i sintomi, sempre caratteristici e di facile quantificazione.

I quadri patologici non sono sempre evidenti e anche per il tipico lento processo di spogliazione degli aghi e delle foglie occorre valutare un insieme di fattori fisici e morfologici della pianta e della stazione.

A differenza dei danni da inquinamento localizzati nelle zone di grandi insediamenti industriali, originati essenzialmente da alte concentrazioni di anidride solforosa provenienti da fonti facilmente individuabili e facilmente riconoscibili nei loro effetti, il fenomeno del deperimento che si manifesta su grandi superfici anche molto distanti da fonti d'inquinamento avviene, secondo le ipotesi più accreditate, ad opera anche di minime concentrazioni di sostanze tossiche diffuse nell'aria che agiscono sull'ecosistema forestale, in un ampio arco di tempo ed assieme, con effetto sinergico.

Questo comporta una diminuzione di vitalità e una crescita disturbata delle foglie e dell'apparato radicale, quest'ultimo danneggiato anche dall'accumulo, per trasporto con l'acqua di pioggia, di metalli pesanti nel terreno; l'alterazione si riscontra soprattutto nella parte più minuta, i peli radicali, apparato responsabile per primo

dell'assunzione dal terreno dell'acqua e delle sostanze nutritive.

Questo indebolimento predispone la pianta ad una maggior ricettività nei confronti di agenti dannosi secondari, quali funghi ed insetti, ad una maggiore sensibilità nei confronti degli estremi climatici e quindi ad una perdita sempre più grande della superficie di assimilazione.

La pioggia, in questo processo inquinante, non è altro che un mezzo di trasferimento al suolo e alla vegetazione di sostanze presenti nell'aria; infatti, oltre al normale deposito in forma secca, per sedimentazione, delle particelle sospese nell'aria, queste ultime possono agire anche da nuclei di condensazione delle gocce di pioggia oppure essere trasportate al suolo per effetto meccanico dalle gocce di pioggia cadenti.

In questi casi il valore del pH dell'acqua di pioggia, indicatore del grado di acidità della stessa, si presenta inferiore al valore medio normale che è di 5,6, cioè più acida della reazione della pioggia cosiddetta «pura», per la presenza di elementi acidificanti quali acidi solforici e nitrici.

Per questo si parla di «piogge acide» ma non è ancora dimostrato che esse siano l'unica causa del deperimento del bosco; più sicuramente si può parlare di un fenomeno complesso di degenerazione della vegetazione per inquinamento atmosferico, dal quale è difficile discernere a quale componente spetti il ruolo maggiore.

\* \* \*

Nel 1985, grazie anche ad un'azione promossa dalla CEE nel quadro di azioni

preparatorie relative alla protezione delle foreste contro gli incendi e i depositi acidi, il Servizio Foreste, Caccia e Pesca della Provincia di Trento ha iniziato un'indagine per il campionamento sistematico dello stato sanitario delle foreste.

Il tipo di rilievo è stato impostato sulle norme previste dalla CEE, in modo da uniformare il più possibile i dati raccolti dai vari paesi europei, e sulla base delle metodologie per la classificazione dei danni messe a punto da Schröter per le indagini svolte nella Germania Federale.

Inoltre, il Servizio Foreste, Caccia e Pesca ha continuamente mantenuto con l'Università degli Studi di Firenze una stretta collaborazione che è andata via via intensificandosi a partire da un corso di formazione per i tecnici addetti ai rilievi in bosco, fino ad incaricare, con apposita convenzione, l'Università stessa, di analizzare organicamente tutti gli aspetti connessi al fenomeno considerato, per estendere così l'indagine oltre la semplice constatazione dello stato di salute dei boschi ed andare a determinare quali siano le cause della presenza di eventuali danni.

L'indagine è stata condotta su punti disposti secondo i vertici di un reticolo ideale con maglie di 4 chilometri di lato, analizzando in ciascuno di essi lo stato di salute delle 30 piante dominanti più vicine al punto prescelto.

Si sono valutati, nel 1985, 3838 soggetti sui quali sono stati fatti gli stessi rilievi negli anni successivi, mentre dal 1986 è stato ampliato il campione così da avere informazioni confrontabili su circa 6.200 individui.

Come principali parametri di deperimento sono stati considerati la defogliazione e la depigmentazione delle piante, considerando 4 classi di danno percentuale più una classe di piante morte in piedi (classe 0: 0+10%, classe 1: 11+25%, classe 2: 26+60%, classe 3: 61+99%, classe 4: 100%).

È opportuno precisare che, per porre in evidenza uno stato di deperimento del bosco da attribuirsi unicamente a cause non note e, nel caso, imputabili a inquinamento, sarebbe necessario depurare i dati rilevati dai danni dovuti a cause conosciute; considerando, perciò, il fatto che molto

spesso i sintomi macroscopici causati da numerosi inquinanti sono pressoché indistinguibili da quelli provocati da altri fattori, occorrerebbe procedere alla esclusione della possibilità che alla base delle manifestazioni osservate vi siano squilibri termici, idrici, attacchi parassitari o squilibri nutrizionali.

Ma visto che i sintomi provocati da diversi inquinanti sono spesso difficilmente distinguibili tra loro, i sintomi provocati da una sostanza possono differire anche significativamente in specie diverse e danni considerevoli possono realizzarsi anche in assenza di sintomi ben evidenti, si è deciso di condurre le valutazioni sulla defogliazione e la depigmentazione prescindendo dalla causa scatenante; inoltre non è sempre facile determinare l'agente responsabile di certe patologie anche perché l'altezza delle piante, la loro densità, il loro numero non consentono analisi particolareggiate sul loro grado di parassitizzazione da agenti biotici patogeni (funghi, virus, batteri, insetti...); così pur riportando in nota l'osservazione di attacchi di funghi e insetti che apparivano evidenti, si è determinato cumulativamente l'intensità del fenomeno, qualunque fosse l'agente responsabile. Per questo nell'indagine si parla genericamente di «stato sanitario delle foreste» e non specificatamente di piogge acide o di danni da inquinamento.

Oltre ad osservare se la diffusione del danno fosse in relazione con aree ad alta produzione di sostanze inquinanti o con la direzione dei venti dominanti provenienti da tali zone si è voluto più specificatamente valutare, anche mediante elaborazioni statistiche, quale rapporto esistesse fra l'intensità del danno e le condizioni climatico-stazionali in cui le piante vegetano. Così, sui punti oggetto dell'inventario, sono state rilevate caratteristiche morfologiche, pedologiche selvicolturali e geografiche arrivando a poter formulare, in alcuni casi, anche ipotesi diverse o aggiuntive a quella dell'inquinamento per giustificare lo stato di deperimento dei boschi.

\* \* \*

I risultati di questi primi anni di indagine, relativi alle piante confrontabili fra gli

anni 1985 e 1986 e fra gli anni 1986 e 1987, sono riportati nelle tabelle seguenti, ripartiti nelle classi di danno sopra citate. È da notare che le classi 0 e 1 vengono presentate anche congiuntamente in quanto, per la loro ridotta ampiezza (0-10%, 11-25%), risulta non sempre facile l'attribuzione attraverso stima, all'una o all'altra classe, del danno riscontrato sulla pianta; questa è una consuetudine adottata anche dagli altri paesi europei della CEE.

Un altro motivo a sostegno della citata aggregazione delle due classi, è la constatazione che le piante appartenenti alla

classe 1 sono piante sostanzialmente sane o quanto meno considerabili tali, dal momento che questo tipo di danno si nota frequentemente come effetto di variazioni stagionali o cicliche del clima e quindi rientranti di norma nei termini di una reversibilità.

Le tabelle 1 e 2 mostrano le percentuali di danno su tutte le piante rilevate e singolarmente per le 5 specie più rappresentate sul territorio trentino, relative al danno cumulato; quest'ultimo risulta dalla combinazione dei fenomeni di defogliazione e depigmentazione, l'entità dei quali è

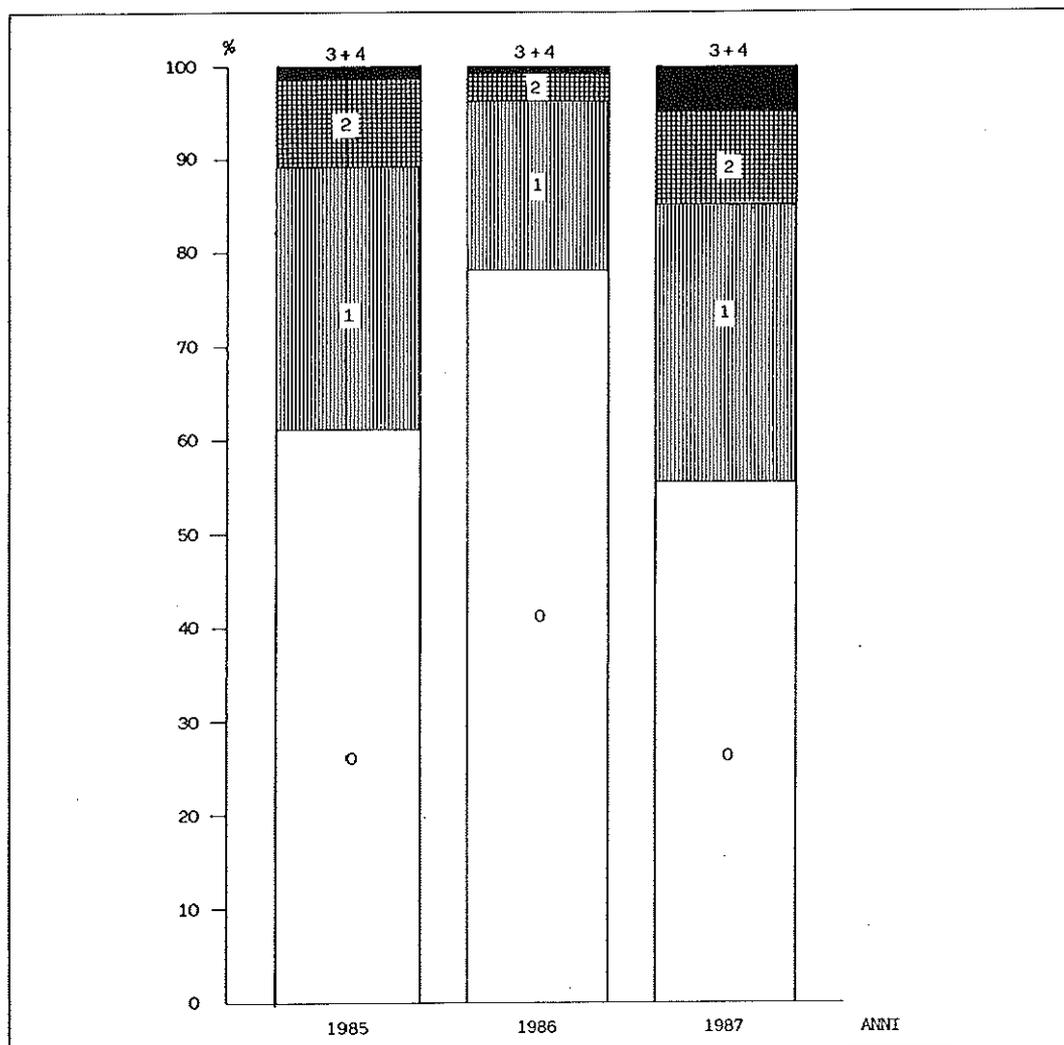


Figura 1 - Andamento del danno cumulato percentuale per il totale delle piante rilevate.

**Tabella 1 - Danno cumulato (defogliazione-depigmentazione) percentuale per il totale delle piante rilevate.**

Anno classe di danno					
	1985	1986	diff. % su 1985	1987	diff. % su 1986
0 (0-10%)	61,15	78,18	+ 17,03	55,51	- 22,67
1 (11-25%)	28,06	18,07	- 9,99	29,81	+ 11,74
0 + 1	89,21	96,25	+ 7,04	85,32	- 10,93
2 (26-60%)	9,43	2,86	- 6,57	10,13	+ 7,27
3 (61-99%)	1,36	0,78	- 0,58	4,39	+ 3,61
4 (100%)	-	0,11	+ 0,11	0,16	+ 0,05
2 + 3 + 4	10,79	3,75	- 7,04	14,68	+ 10,93

**Tabella 2 - Danno cumulato percentuale riunito in grosse classi (sane e malate) per le specie più rappresentative.**

Specie	Anno classe di danno					
		1985	1986	diff. % su 1985	1987	diff. % su 1986
<i>Abies alba</i>	0 + 1	68,85	90,91	+ 22,06	60,98	- 29,93
	2 + 3 + 4	31,15	9,09	- 22,06	39,02	+ 29,93
<i>Fagus sylvatica</i>	0 + 1	98,48	98,84	+ 0,36	90,78	- 8,06
	2 + 3 + 4	1,52	1,16	- 0,36	9,22	+ 8,06
<i>Larix decidua</i>	0 + 1	89,00	94,61	+ 5,61	82,53	- 12,08
	2 + 3 + 4	11,00	5,39	- 5,61	17,47	+ 12,08
<i>Picea abies</i>	0 + 1	91,87	96,95	+ 5,08	89,38	- 7,57
	2 + 3 + 4	8,13	3,05	- 5,08	10,63	+ 7,57
<i>Pinus sylvestris</i>	0 + 1	84,95	98,73	+ 13,78	82,63	- 16,10
	2 + 3 + 4	15,05	1,27	- 13,78	17,37	+ 16,10

**Tabella 3 - Distribuzione del danno cumulato (defogliazione-depigmentazione) percentuale nei diversi distretti forestali provinciali.**

I.D.F.	1985			1986			1987		
	0	1	2 + 3 + 4	0	1	2 + 3 + 4	0	1	2 + 3 + 4
CAVALESE	51,03	32,31	16,66	71,98	21,08	6,94	43,14	37,91	18,95
PRIMIERO	60,39	26,08	13,53	86,01	10,49	3,50	45,97	33,96	20,08
BORGO V.	39,39	41,21	19,40	84,09	13,64	2,27	65,35	24,69	9,95
PERGINE	54,67	34,00	11,33	71,18	25,35	2,78	60,40	31,44	8,17
TRENTO	34,43	44,91	20,66	90,71	8,33	0,96	57,99	22,79	19,21
CLES	65,29	25,49	9,22	84,23	10,38	5,39	58,03	25,36	16,60
MALE'	95,00	4,76	0,24	77,14	20,00	2,86	63,42	28,03	8,56
TIGNE	70,00	23,02	6,98	64,48	30,28	5,24	55,19	27,24	17,57
RIVA	75,56	20,56	3,88	83,24	15,64	1,12	58,53	23,41	18,05
ROVERETO	52,14	41,88	5,98	77,10	21,96	0,94	49,67	42,81	7,53
T O T A L E	61,15	28,06	10,79	78,18	18,07	3,75	55,51	29,81	14,68

stabilita in base alla percentuale di perdita delle foglie e alla percentuale di aghi o foglie ingiallite.

Di seguito, per avere un'idea della diffusione sul territorio del fenomeno, vengono riportate le percentuali di danno cumulato nei diversi distretti forestali, riunendo in un sol gruppo le classi relative alle piante sensibilmente danneggiate (Tab. 3 e Fig. 2).

Grazie ai dati raccolti e alle elaborazioni statistiche effettuate con la stazione SAS (*Statistical Analysis System*) del Servizio Foreste, Caccia e Pesca, si è potuto appurare la validità di alcune correlazioni fra i sintomi di deperimento e le caratteristiche ecologico-stazionali delle aree sede di rilievo.

Sintomi più evidenti appaiono su esposizioni calde (Sud e Ovest), su alti versanti o sulle dorsali e alle altitudini estreme, ma anche su suoli torbosi, in relazione cioè a fenomeni di stress idrico o a situazioni di anaerobiosi; esiste inoltre una certa correlazione anche col grado di maturità degli individui, del popolamento o del tipo di trattamento a cui questi sono sottoposti;

infine, le fasce altimetriche più basse presentano nuovamente un incremento dei danni, probabilmente perché i boschi di queste fasce sono più a contatto con zone urbanizzate e industriali o comunque maggiormente antropizzate, anche se l'intensità del rilievo non permette di valutare effetti di danni da inquinamento su scala locale.

Perciò, malgrado i primi studi degli autori tedeschi sul *Waldsterben* ritenessero che l'andamento del fenomeno non fosse in dipendenza delle differenze stazionali, climatiche e di altitudine, per la presenza contemporanea in grandi zone dalle caratteristiche anche molto diverse, le indagini svolte in questi anni sul territorio della provincia di Trento hanno invece messo in evidenza una certa correlazione fra il deperimento vegetativo e le condizioni stazionali, di giacitura, di substrato, di disponibilità idrica tanto che alcune ipotesi tendono a giustificare quasi totalmente il fenomeno con condizioni di stress idrico, non solo localizzate ma dovute anche a variazioni climatiche su vasta scala.

Resta comunque il fatto che tali varia-

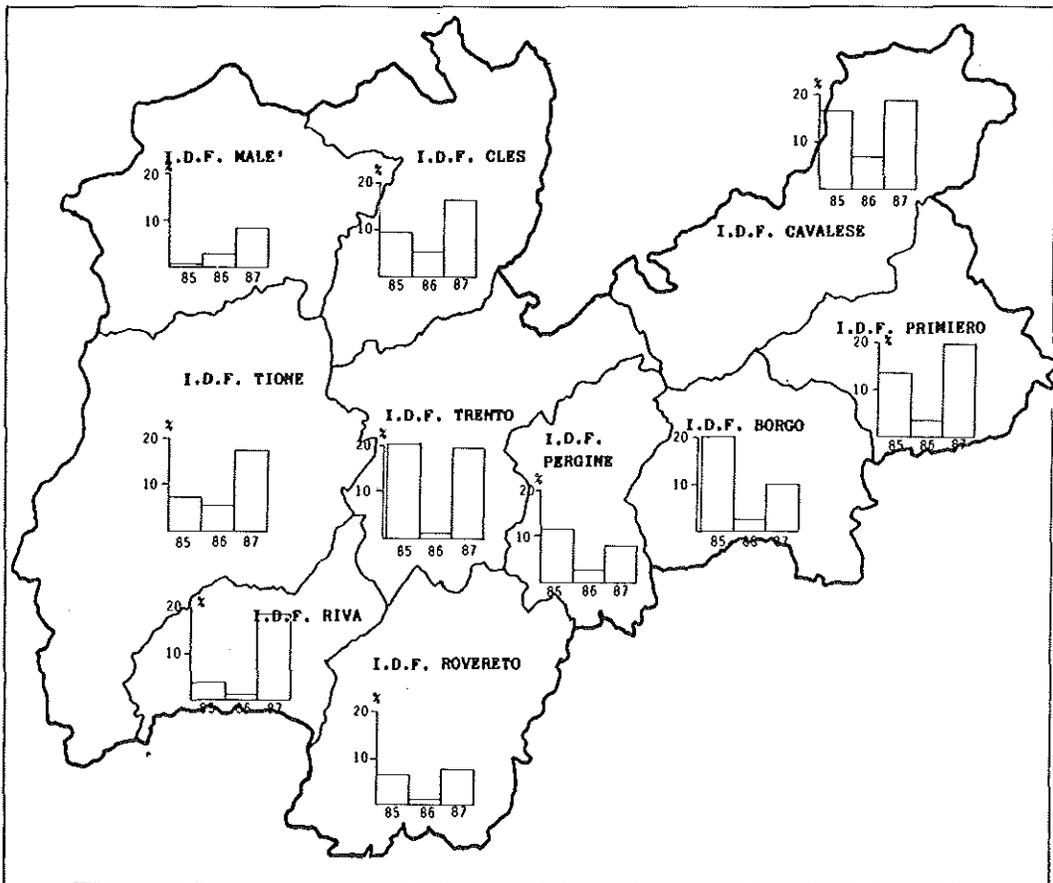


Figura 2 - Andamento del danno percentuale (classi 2+3+4) nei diversi distretti forestali provinciali.

zioni, di natura molto complessa, possono avere origine da inquinamento ambientale, quale causa di alterazione dei processi che presiedono alla circolazione atmosferica o da variazioni della composizione della radiazione termica e luminosa che perviene agli organismi autotrofi sulla terra e perciò causa di scompensi nei processi di fotosintesi, di evapotraspirazione e di respirazione.

I risultati di questa indagine che nel 1985 potevano apparire preoccupanti, ma che dovevano essere interpretati con le dovute precauzioni, vista la sperimentalità di questa prima fase dell'indagine, hanno fornito nel 1986 dei valori che rappresentavano in maniera sostanzialmente migliorata la salute delle foreste trentine, anche oltre le aspettative; era prevedibile un mi-

glioramento per un recuperato vigore delle piante forestali favorevolmente influenzate da una buona stagione vegetativa ma il salto qualitativo verificatosi è spiegato anche da un affinamento delle tecniche di rilievo.

Infatti, pur ammettendo una intrinseca debolezza del metodo per la soggettività del rilievo, è indubbio un affinamento dei tecnici rilevatori che in base all'esperienza precedente hanno potuto rettificare le valutazioni ed eliminare quegli aspetti che erroneamente venivano considerati rilevanti o influenti nella valutazione del dato.

Tra questi aspetti il polimorfismo delle chiome per diversità di quota, la momentanea modificazione dell'ambiente forestale dovuta a interventi di utilizzazione,

l'addugiamento delle chiome e relativa autopotatura.

Nel 1987, già dai primi rilievi, è apparso evidente che le cose sarebbero andate diversamente perché, se da una parte l'andamento climatico era favorevole all'accrescimento delle piante forestali, dall'altra, l'elevata umidità atmosferica associata alle elevate temperature della stagione estiva, agevolava l'insorgere di attacchi parassitari, anche di una certa entità, riscontrati poi in alcune stazioni; inoltre il faggio e in alcune zone il larice, ad una determinata quota, risultavano uniformemente e seriamente danneggiati da una gelata tardiva. Questi fenomeni, anche se ben localizzati, incidono notevolmente sul valore generale del danno a livello provinciale; è indubbio, comunque anche se i dati numerici lo evidenziano in modo forse esagerato, un peggioramento dello stato sanitario delle foreste nella stagione 1987, le cause note individuabili sono, oltre ai danni da gelo, attacchi di ruggine (*Chrysomixia*) sugli aghi più giovani della *Picea*, attacchi di *Lophodermium* e di *Evetria* sul pino silvestre, riscontrando inoltre un deperimento diffuso per cause non immediatamente evidenti ed imputabili anche ad inquinamento, che vede in prima fila, ormai da tempo, l'abete bianco.

Tutto ciò conferma la difficoltà di quantificare e giustificare il fenomeno ma attesta anche la validità di un metodo che, pur confermando i propri limiti dovuti alla soggettività dei rilievi, ha come fine e fornisce una reale analisi dell'andamento del fenomeno, in quanto osservato sugli stessi individui arborei e nello stesso periodo vegetativo in anni successivi.

Non è, invece, tecnicamente corretto, dato il tipo di indagine, considerare i dati ottenuti come espressione assoluta del danno.

L'impressione di alcuni settori dell'opinione pubblica che i danni alle foreste non siano poi di così grande rilevanza, molto spesso deriva dal fatto che, nella normale gestione del bosco, l'uomo interviene, con tagli colturali, a prelevare anche le piante che presentano un cattivo stato sanitario, qualunque sia la causa primaria o secondaria del loro stato di deperimento: ciò va-

le soprattutto dove i sintomi della malattia o gli attacchi parassitari conseguenti sono poco diffusi o interessano soggetti sparsi.

Del resto non bisogna neanche eccedere nella valutazione opposta in quanto, in qualsiasi bosco vicino alla naturalità, anche in perfetto equilibrio con l'ambiente, sono sempre esistiti individui sani, individui deperienti fino ad avere soggetti morti ancora in piedi e questo non solo per il naturale invecchiamento degli alberi ma anche per attacchi parassitari cui il bosco naturale è normalmente in grado di reagire.

Perciò, se si osservano individui arborei deperienti o morti nei nostri boschi, magari in zone di difficile accesso o dove non viene più effettuata una regolare selvicoltura, non possiamo immediatamente attribuire questo danno a precipitazioni acide o genericamente a fenomeni di inquinamento, ma si deve considerare che su tali soggetti o popolamenti possono aver agito un gran numero di fenomeni naturali di cui magari non sempre siamo a conoscenza.

\* \* \*

La ripetizione periodica dell'inventario sullo stato sanitario delle foreste trentine, con le metodologie adottate, consente, come abbiamo visto, di analizzare e tenere sotto controllo l'andamento del fenomeno; quest'inventario, base per le ricerche successive, proseguirà adottando, eventualmente, qualora la sperimentazione in atto desse risultati positivi, metodologie più razionali ed efficaci quale la ripresa di immagini in infrarosso falso-colore da elicottero a bassa quota.

Da qualche anno, inoltre, è in atto, in collaborazione con l'Università di Firenze, una serie di indagini volte a quantificare oggettivamente, studiare il fenomeno e ricercare possibili correlazioni causali del deperimento delle foreste.

Ciò avviene attraverso uno studio sui processi biologici del deperimento che si articola in diversi settori che portano avanti rilievi sulla produzione di semi, rilievi dendrocronologici, analisi anatomiche e istochimiche su foglie di *Picea abies* e

*Abies alba*, analisi sulle differenze nella composizione della microflora fra piante sane e malate e infine evidenziazione delle sintomatologie provocate da avversità notte, in aree sperimentali.

I primi risultati di questa fase dell'indagine mettono in rilievo, nelle foglie di abete rosso, delle alterazioni del sistema di microtubuli cerosi della camera prestomatica, importanti per il controllo della traspirazione e dell'assorbimento di sostanze gassose; nell'abete bianco delle alterazioni nella morfologia dei cloroplasti e nella struttura del floema. Inoltre, fra piante sane e piante malate si sono rilevate differenze nella composizione della microflora particolarmente nella rizosfera e nella fillosfera.

L'analisi svolta in Val di Fiemme sulla fruttificazione della *Picea*, che ha potuto usufruire del confronto con i dati raccolti per diversi anni nella foresta di Paneveglio, ha portato a pensare che, pur non potendo escludere il fenomeno della moria del bosco nelle peccete della valle, l'influenza degli agenti inquinanti, per quanto riguarda il seme, sia eventualmente piuttosto modesta; infatti la qualità e la quantità sono ancora a livelli normali, in sintonia con i fattori stazionali e con la fisiologia della pianta, mentre le segnalazioni bibliografiche denunciano che la forte presenza di inquinanti determina una vera e propria patologia della fruttificazione.

Lo studio dendrocronologico ha preso in considerazione principalmente il rilievo e la datazione di eventuali fenomeni di brusco decremento o ripresa della crescita radiale delle piante, anche mediante costruzione di curve temporali di accrescimento. Ogni singola specie presenta dei gruppi di anni in cui i fenomeni di riduzione dell'accrescimento, pur essendo presenti solo su circa la metà dei campioni, sono più intensi e coincidono con alcune delle rilevazioni compiute sul territorio svizzero per le stesse specie. I gruppi di anni relativamente più interessati sono: 1913-15, 1923-25, 1935-36, 1951-53 per l'Abete bianco e 1921-25, 1935-37, 1952-55, 1965-69, 1976-80 (max) per l'abete rosso.

Sembra perciò che la riduzione di accre-

scimento non sia un fenomeno generale, sia in vari casi temporaneo e non sia comunque limitato a questi ultimi anni, anche se nell'abete bianco tende ad essere più massiccio a partire dagli anni '60.

Altri campi d'azione della medesima ricerca sono volti ad un confronto fra struttura morfologica di piante sane e malate per definire alcuni caratteri discriminanti; un'indagine chimico-analitica tende ad individuare l'eventuale presenza di fattori di inquinamento nei tessuti radicali e fogliari.

A completamento, ma di fondamentale importanza, è l'assunzione sempre più specifica e dettagliata di informazioni circa l'acqua di prima pioggia e dei parametri ricavabili dalle relative analisi; tale lavoro, affidato alla Stazione Sperimentale di S. Michele A/A, non ha finora messo in evidenza valori del pH che si discostino sostanzialmente da quello accettato come assoluto per le acque meteoriche.

Data la complessità e la diversità dei problemi affrontati con queste ricerche non è ancora possibile trarre delle conclusioni precise e definitive anche se emergono aspetti interessanti e validi soprattutto per ciò che concerne l'identificazione dei danni imputabili a fattori inquinanti.

Il prosieguo dell'azione intrapresa dalla Provincia potrà far emergere indicazioni più precise sullo stato di sofferenza della vegetazione forestale anche se appare chiaro, indipendentemente dal lavoro svolto finora, che la priorità dell'azione, sia tecnica che politica, deve essere indirizzata alla limitazione e riduzione di ogni forma di inquinamento, anche perché quando i danni si rendono manifesti, spesso è troppo tardi per porvi rimedio.

**Dott. Mauro Confalonieri**

Ispettore forestale

Servizio Foreste, Caccia e Pesca  
della Provincia Autonoma di Trento