

A. ALFANI (*)

INDAGINI PRELIMINARI
SULLA DINAMICA DELL'ACCUMULO DELLO ZOLFO
NELLE FOGLIE DI ALCUNE GIMNOSPERME
ESPOSTE ALL'INQUINAMENTO URBANO (**)

Riassunto — Determinazioni del contenuto di zolfo e del rapporto S/N, effettuate durante la crescita delle foglie di cinque specie di Gimnosperme dell'Orto Botanico di Napoli, esposte all'inquinamento urbano, hanno evidenziato che: a) i periodi di massimo assorbimento della SO₂ non coincidono nelle specie studiate, b) *Araucaria angustifolia* e *Sequoiadendron giganteum* accumulano zolfo più velocemente di *Cryptomeria japonica*, di *Pinus canariensis* e di *Abies alba*. Il confronto fra esemplari di *A. alba* dell'Orto Botanico e del Monte Taburno, lontano da fonti inquinanti, ha evidenziato che i valori di zolfo sono simili nelle foglie molto giovani mentre al termine di un periodo di osservazioni di otto mesi, nell'Orto Botanico i valori di zolfo sono più che doppi rispetto a quelli del Monte Taburno.

Abstract — *First research on dynamics of sulphur content in leaves of some Gymnospermes exposed at the urban pollution.* Sulphur content and S/N ratio found during leaf development in five species of Gymnospermes growing in the Botanical Garden of Naples University, exposed at the urban pollution, evidenced different patterns of sulphur accumulation. The periods of greatest uptake of SO₂ in leaves did not coincide in the study species. *Araucaria angustifolia* and *Sequoiadendron giganteum* accumulated sulphur more quickly than *Cryptomeria japonica*, *Pinus canariensis* and *Abies alba*. The comparison between *A. alba* grown in the Botanical Garden and a control from the uncontaminated forest of Monte Taburno demonstrated at the start of leaf growth similar values of sulphur content, thereafter in the specimen of the Botanical Garden sulphur remarkably increased and in november was double than in the control from Monte Taburno.

Key words — Air pollution / Sulphur accumulation / Naples / Gymnospermes.

(*) Dipartimento di Biologia vegetale dell'Università di Napoli.

(**) Lavoro eseguito utilizzando fondi del Ministero della Pubblica Istruzione.

INTRODUZIONE

Piante esposte per lunghi periodi di tempo a basse concentrazioni di SO_2 assorbono questo inquinante e accumulano zolfo (GUDERIAN, 1977) riportando danni visibili in forma di peculiari necrosi. L'accumulo dello zolfo in forma inorganica determina un aumento del rapporto S/N (MALCOLM e GARFORTH, 1977) che è costante per ogni specie e geneticamente determinato.

Da alcuni anni le Gimnosperme che vivono nell'Orto Botanico dell'Università di Napoli, esposte all'inquinamento urbano, mostrano chiari segni di sofferenza. Precedenti ricerche (ALFANI *et Al.*, 1985) hanno evidenziato l'incidenza della SO_2 su queste piante. Infatti nelle foglie dell'*Abies alba* dell'Orto Botanico è stato riscontrato un tenore di zolfo e un rapporto S/N più che doppi rispetto a quelli determinati in esemplari della stessa specie viventi nella foresta del Monte Taburno, lontana da fonti inquinanti; inoltre nelle foglie necrotizzate di alcune Gimnosperme studiate, confrontate con foglie non necrotizzate della stessa pianta, sono stati trovati tenori di zolfo e rapporti S/N significativamente più alti.

Con questo lavoro si è voluto evidenziare la dinamica dell'accumulo dello zolfo durante la crescita delle foglie di cinque specie di Gimnosperme, attraverso determinazioni del contenuto di zolfo e del rapporto S/N, condotte sistematicamente nel corso del primo anno. I dati relativi alla dinamica dell'accumulo dello zolfo in *A. alba* sono stati confrontati con quelli trovati in esemplari della foresta del Monte Taburno. Per l'*Araucaria angustifolia* è stato fatto anche un confronto dell'accumulo di zolfo fra foglie di uno e due anni, con e senza necrosi.

MATERIALI E METODI

L'Orto Botanico dell'Università di Napoli, con una estensione di 12 ha è particolarmente esposto all'inquinamento urbano essendo situato nel centro cittadino, delimitato da strade ad intenso traffico e sorvolato più volte al giorno da aerei a bassa quota, a causa della vicinanza dell'aeroporto di Capodichino.

Tra le Gimnosperme che vivono nell'Orto Botanico e che mostrano danni visibili sono state studiate cinque specie: *Araucaria angustifolia* Kuntze, *Cryptomeria japonica* Don, *Abies alba* Mill., *Sequoiadendron giganteum* Bucholz, *Pinus canariensis* Smith.

I prelievi delle foglie sono stati effettuati a partire dalla fine di maggio 1984, quando le gemme fogliari erano aperte da alcuni giorni, e successivamente ogni due mesi circa, fino a febbraio 1985. Ad ogni prelievo le foglie sono state raccolte lungo tutto il perimetro della chioma, nella parte più bassa; sono state poi lavate con acqua deionizzata, seccate in stufa ad 80° C e finemente triturate fino ad ottenere un campione omogeneo.

Le analisi per la determinazione dello zolfo sono state seguite mediante il metodo turbidimetrico secondo STEINBERGS (1958). L'azoto è stato determinato mediante Kjeldhal.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati hanno evidenziato che in *Cryptomeria japonica* ed in *Pinus canariensis* (Fig. 1) si ha una prima fase in cui il tenore di zolfo nelle foglie aumenta poco, relativamente all'aumento che si verifica nel periodo tra settembre e novembre, sebbene nel pino, nel primo mese di osservazione, che corrisponde ai primi stadi di accrescimento degli aghi, l'accumulo dello zolfo è notevole. Nei mesi di dicembre e gennaio in *P. canariensis* si nota un aumento trascurabile, in *C. japonica* un decremento. Il rapporto S/N aumenta in relazione all'aumentato tenore dello zolfo (Fig. 1) allontanandosi dai valori normali che cadono nell'intervallo 0,025-0,035 quando lo zolfo e l'azoto sono espressi in grammo-atomi (DIJKSHOORN e VAN WIJK, 1967).

Diversa è la dinamica dell'accumulo dello zolfo in altre due specie studiate. In *Sequoiadendron giganteum*, ma soprattutto in *Araucaria angustifolia* (Fig. 2) un notevole accumulo di zolfo si verifica molto presto nello sviluppo delle foglie, raggiungendo valori elevati. Nell'araucaria il contenuto di zolfo misurato il 20 luglio è quasi doppio di quello iniziale, rimane poi più o meno costante per tutto il corso dell'anno. Nella sequoia, nel periodo giugno-agosto, il valore iniziale di zolfo quasi raddoppia; a questa prima fase di accumulo ne segue poi un'altra notevole a partire dalla fine di novembre. Il rapporto S/N inizialmente basso, in particolare nell'*A. angustifolia*, per l'elevato tenore di azoto, normale nei primi stadi di crescita delle foglie (BARRIEN e WOOD, 1939), si sposta verso valori elevati corrispondentemente al decremento del tenore di azoto e all'accumulo dello zolfo (Fig. 2). In queste due specie molto presto compaiono

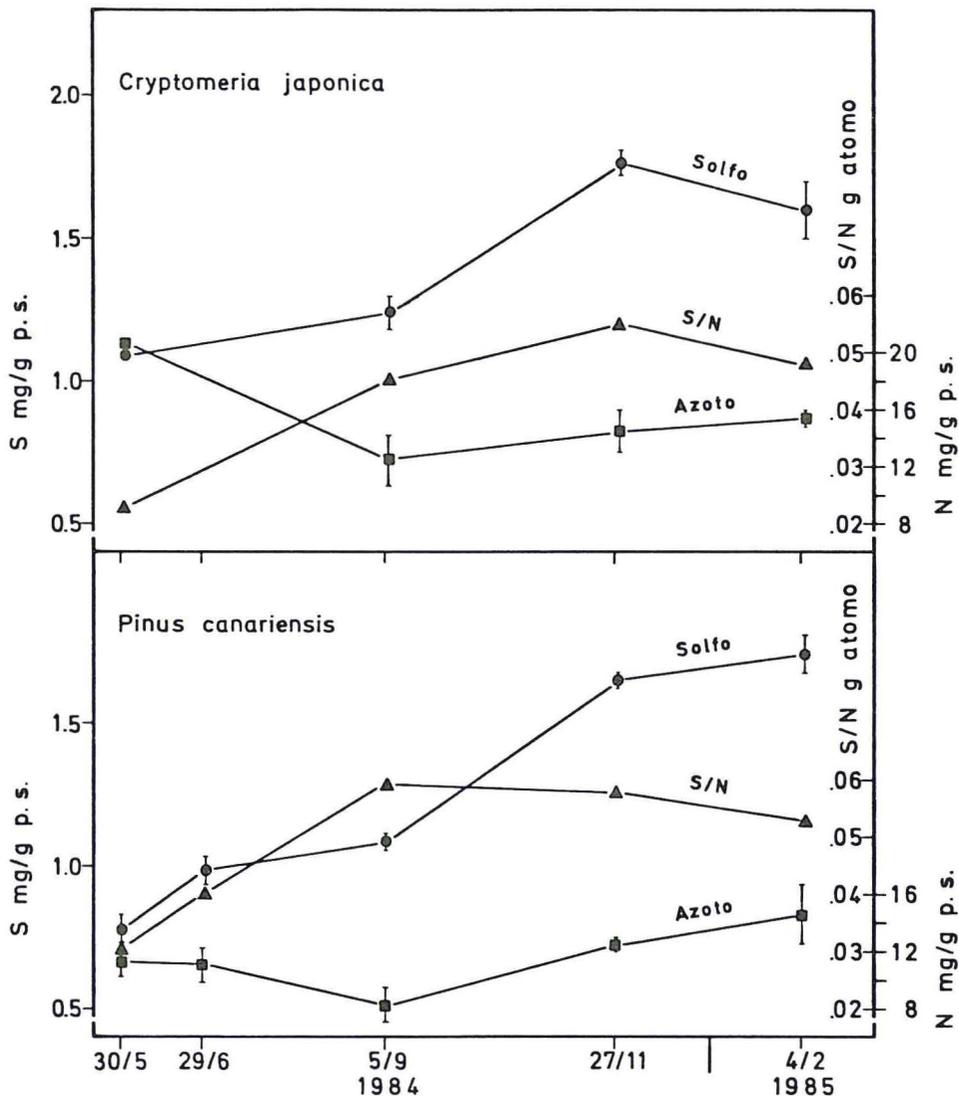


Fig. 1 - Variazioni del contenuto di zolfo e di azoto e del rapporto S/N durante la crescita delle foglie di *Cryptomeria japonica* e di *Pinus canariensis* dell'Orto Botanico di Napoli.

i primi danni visibili. Il 5 settembre le foglioline dell'araucaria e della sequoia mostravano alla punta già piccole necrosi puntiformi.

Nell'*A. angustifolia* l'apertura delle gemme si protrae per alcuni mesi, per cui sullo stesso ramo coesistono gemme in via di aper-

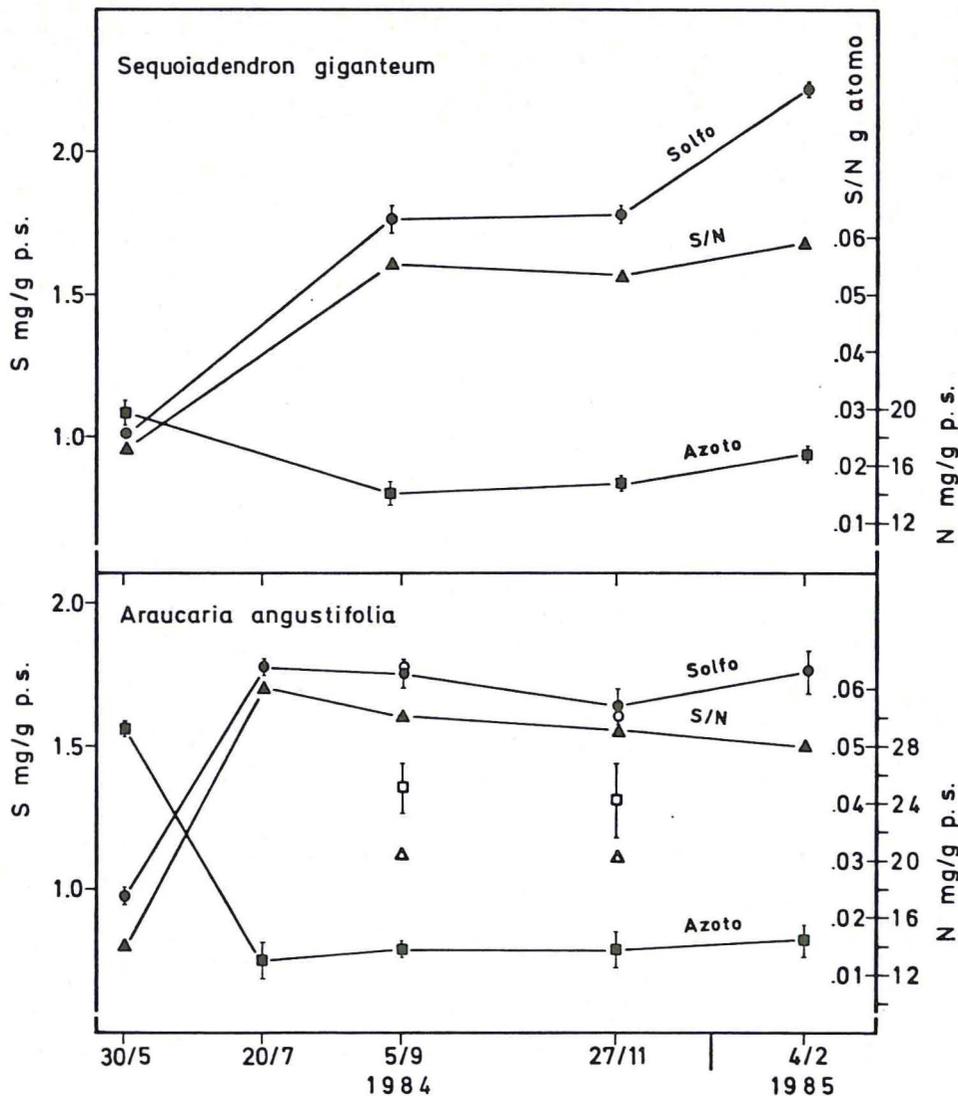


Fig. 2 - Variazioni del contenuto di zolfo e di azoto e del rapporto S/N durante la crescita delle foglie di *Sequoiadendron giganteum* e di *Araucaria angustifolia* dell'Orto Botanico di Napoli. Per *A. angustifolia* con i simboli vuoti sono riportati i valori determinati nelle gemme fogliari.

tura, foglie appena aperte e foglie di anni precedenti. È interessante notare che a fine luglio elevati tenori di zolfo sono stati misurati sia nelle giovani foglioline che nelle gemme (Fig. 2), segno evidente che la SO_2 o viene assorbita direttamente dalla gemma o, più ve-

rosimilmente, vi perviene per trasferimento dalle foglie più vecchie, come evidenziato da JENSEN e KOZLOWSKI (1975) e da GARSEED e READ (1977 c) con $^{35}\text{SO}_2$. Nonostante il notevole accumulo di zolfo nelle gemme, il rapporto S/N si mantiene su valori normali grazie al contenuto di azoto ancora notevolmente elevato (Fig. 2).

L'elevato tenore di zolfo, che nelle foglie di *A. angustifolia* viene raggiunto così velocemente, non subisce ulteriori incrementi nel corso della crescita delle foglie nemmeno nel secondo anno. Dal confronto effettuato per tre anni di seguito fra foglie di uno e due anni, le differenze del contenuto di zolfo non sono risultate significative (Fig. 3). Sono invece significative le differenze fra foglie con e senza necrosi dello stesso anno. VOGL e BORTITZ (1965) attribuiscono la maggiore capacità delle foglie mature di eludere l'assorbimento della SO_2 al più spiccato xeromorfismo. TAYLOR (1978) sostiene d'altra parte che la resistenza fogliare al flusso degli inquinanti atmosferici dipende dalle caratteristiche dello strato limite, dell'apparato stomatico, della cuticola e del mesofillo. Un più efficiente controllo della pianta sull'assorbimento della SO_2 dipende, quindi, verosimilmente da modificazioni intervenute a carico di queste componenti che determinano importanti caratteristiche morfo-funzionali delle foglie. Rimane comunque da chiarire perché certe foglie sulla stessa pianta e sullo stesso ramo accumulano zolfo in maggiore misura, riportando danni visibili, mentre altre, di età corrispondente, ne assorbono meno e non mostrano danni altrettanto gravi.

Il confronto fra l'*Abies alba* dell'Orto Botanico e quello del Monte Taburno (Fig. 4) mostra inizialmente, nelle foglioline appena aperte, un tenore di zolfo simile per le due stazioni; successivamente nell'abete dell'Orto Botanico si verifica un continuo aumento secondo lo stesso andamento osservato per il pino e per la criptomeria, e alla fine di novembre il contenuto di zolfo è all'incirca doppio di quello misurato contemporaneamente nell'abete del Taburno.

Nell'abete dell'Orto Botanico, nel corso delle osservazioni, contrariamente a quanto osservato nelle altre specie, si verifica un aumento dell'azoto; nonostante ciò il rapporto S/N risente dell'accumulo dello zolfo e si porta su valori superiori a quelli riscontrati nell'abete del Taburno (Fig. 4).

I dati ottenuti hanno evidenziato due diversi andamenti di accumulo dello zolfo. In *C. japonica* e *P. canariensis* (Fig. 1) le foglie, nel corso del primo anno, continuamente assorbono SO_2 , a partire dall'apertura della gemma fino alla piena maturità, accumulando gra-

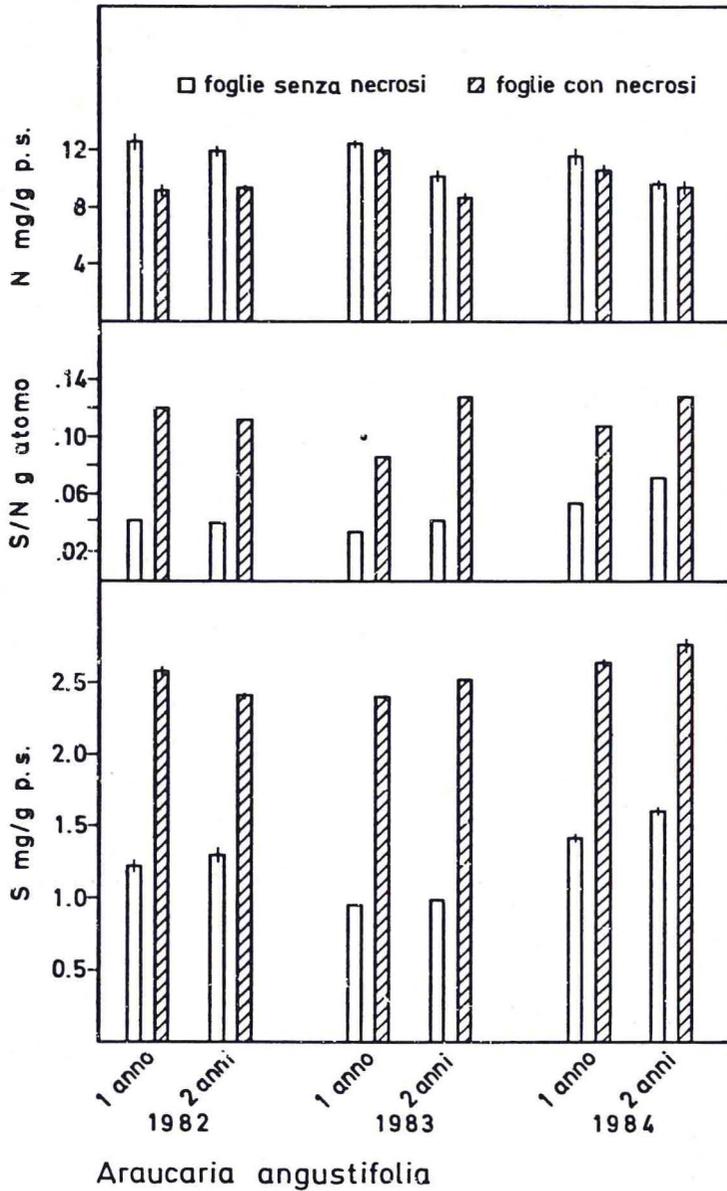


Fig. 3 - Valori del contenuto di zolfo e di azoto e del rapporto S/N determinati nel 1982, 1983 e 1984 nelle foglie di uno e due anni, con e senza necrosi, di *A. angustifolia* dell'Orto Botanico di Napoli.

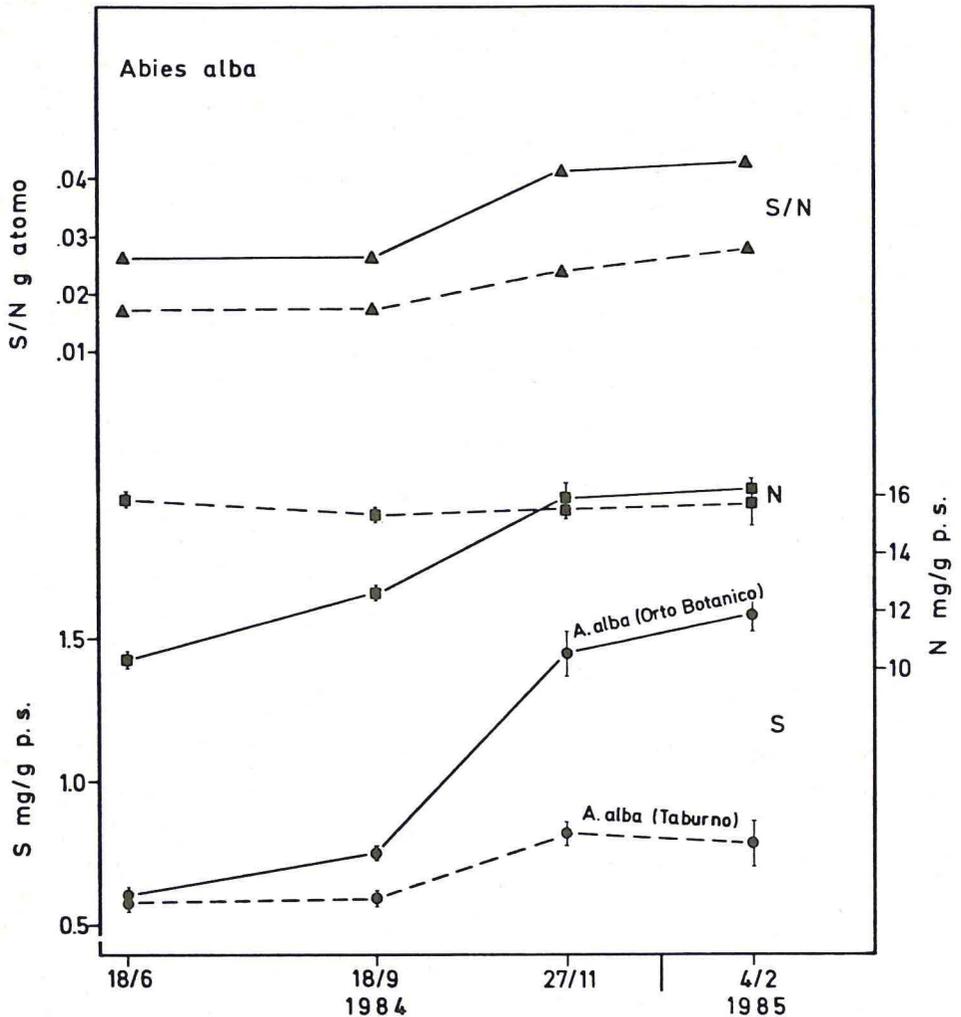


Fig. 4 - Confronto delle variazioni del contenuto di zolfo e di azoto e del rapporto S/N durante la crescita delle foglie in esemplari di *Abies alba* dell'Orto Botanico di Napoli e della foresta del Monte Taburno.

datamente lo zolfo che solo dopo alcuni mesi raggiunge valori elevati. In queste specie le necrosi compaiono piuttosto tardi e l'attività fogliare, almeno nei primi mesi, non dovrebbe essere significativamente compromessa.

In *A. angustifolia* e *S. giganteum*, invece, l'assorbimento della

SO₂ si verifica in misura rilevante nei primi stadi di sviluppo della foglia (Fig. 2), determinando molto presto un notevole accumulo di zolfo. In queste specie le necrosi fogliari compaiono precocemente, determinando la compromissione dell'apparato fogliare con effetti negativi sulla produttività della pianta.

Con molta probabilità queste due diverse velocità di assorbimento sono legate preminentemente a caratteristiche morfo-funzionali proprie delle specie studiate piuttosto che a fattori esterni, i quali sicuramente, comunque, influenzano i processi di scambio a livello fogliare come dimostrato da numerosi lavori condotti in condizioni controllate (NORBY e KOZLOWSKI, 1981). Per le varie specie studiate il massimo assorbimento è stato riscontrato in periodi dell'anno caratterizzati da diversi valori di temperatura, di luce e di disponibilità idrica, i principali fattori che incidono sull'assorbimento fogliare. Nell'araucaria il massimo assorbimento si verifica nei mesi di giugno e luglio; nel pino, nella criptomeria e nell'abete la massima velocità è stata riscontrata nel periodo settembre-novembre, nella sequoia invece proprio in questo periodo il tenore di zolfo rimane costante, il massimo accumulo si verifica, invece, nei periodi giugno-agosto e dicembre-gennaio (Figg. 1, 2).

La rilevante velocità di accumulo dello zolfo, nelle prime fasi di crescita delle foglie in sequoia e in araucaria, indicano una minore capacità ad evitare l'assorbimento della SO₂, ma non necessariamente una maggiore sensibilità. La sensibilità delle piante alla SO₂, secondo TAYLOR (1978) dipende anche da una maggiore o minore capacità della pianta ad evitare i danni, o a tollerare i danni attraverso meccanismi di riparazione o di compensazione.

In ricerche precedenti (ALFANI *et Al.*, 1985) l'araucaria e la criptomeria erano state indicate come specie con più bassa soglia biochimica di tolleranza in quanto non si riscontravano necrosi solo nelle foglie con basso tenore di zolfo, al contrario, erano state considerate ad elevata soglia biochimica di tolleranza la sequoia ed il pino che presentavano invece elevati tenori di zolfo anche nelle foglie non danneggiate.

In base a queste osservazioni, *Pinus canariensis*, che assorbe zolfo nelle foglie gradatamente nel corso del primo anno e che mostra una maggiore soglia biochimica di tolleranza, dovrebbe essere la specie meno sensibile fra quelle studiate. Al contrario l'*Araucaria angustifolia*, che accumula rapidamente lo zolfo e che presenta una bassa soglia biochimica, sarebbe la più sensibile.

RINGRAZIAMENTI

L'autore esprime un vivo ringraziamento alla Prof. Amalia Virzo De Santo per la lettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- ALFANI A., BARTOLI G., SANTACROCE R., FIORETTO A. (1985) - Incidenza dell'anidride solforosa su sei specie di Gimnosperme nell'Orto Botanico dell'Università di Napoli. *Atti del II Congresso S.It.E.* (in stampa).
- BARRIEN B.S., WOOD J.G. (1939) - Studies on the sulphur metabolism of plants II. The effect of nitrogen supply on the amounts of protein sulphur, sulphate sulphur and on the value of the ratio of protein nitrogen to protein sulphur at different stages during the life cycle of the plant. *New Phytol.*, **38**, 257-264.
- DIJKSHOORN W., VAN WIJK A.L. (1967) - The sulphur requirements of plants as evidenced by the sulphur-nitrogen ratio in the organic matter: a review of published data. *Plant and Soil*, **26**, 129-157.
- GARSED S.G., READ D.J. (1977 c) - The uptake and metabolism of $^{35}\text{SO}_2$ in plants of differing sensitivity to sulphur dioxide. *Envir. Pollut.*, **13**, 173-186.
- GUDERIAN R. (1977) - Air pollution: phytotoxicity of acid gases and its significance in air pollution control. In Ecological studies, Eds Billings W.D., Golley F., Lange O.L. and Olson J.S., vol. 22. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- JENSEN K.F., KOZLOWSKI T.T. (1975) - Absorption and translocation of sulphur by seedlings of four forest tree species. *J. Environ. Qual.*, **4**, 379-382.
- MALCOLM D.C., GARFORTH M.F. (1977) - The sulphur: nitrogen ratio of conifer foliage in relation to atmospheric pollution with sulphur dioxide. *Plant and Soil*, **47**, 89-102.
- NORBY R.J., KOZLOWSKI T.T. (1981) - Relative sensitivity of three species of woody plants to SO_2 at high or low exposure temperature. *Oecologia*, **51**, 33-36.
- STEINBERG A. (1958) - Sulphur determination in plants and wool by barium sulphate turbidity. In Colorimetric determination of nonmetals, Ed. Woltz D.F. Interscience, London, 294-295.
- TAYLOR G.E. (1978) - Plant and leaf resistance to gaseous air pollution stress. *New Phytol.*, **80**, 523-534.
- VOGL M., BÖRTITZ S. (1965) - Physiologische und biochemische Beiträge zur Rauchschadenforschung, 4 Mitt: Zur Frage der physiologischen und physikalisch bedingten SO_2 Resistenz von Koniferen. *Flora*, **155**, 347-352.

(ms. pres. il 20 marzo 1985; ult. bozze il 20 giugno 1986)