

Il Progetto TraSFoRM



Interventi selvicolturali
e indicatori ambientali
in cedui quercini
dell'Umbria



Unione
Europea



Regione
dell'Umbria



La presente pubblicazione riporta i risultati prodotti nell'ambito del Progetto **Individuazione di forme appropriate di trattamento selvicolturale per il mantenimento ed il recupero di foreste degradate**, cofinanziato dalla Commissione Europea con il codice 97.60.IT.008.0

Responsabile del Progetto.

Dott. Adriano Giusti

Coordinatore del Progetto.

Dott. Francesco Grohmann

Forma raccomandata di citazione.

FERRETTI M., FRATTEGANI M.,
GROHMANN F., SAVINI P. (a cura di) 2002
"Il Progetto TraSFoRM".
Regione dell'Umbria, pp. 96

Ringraziamenti.

Tutti i *partner* intendono ringraziare per l'assistenza logistica e la cortesia dimostrate la signora Annunziata Casagrande ed il signor Domenico Magnanelli

Editore.

Regione dell'Umbria
Direzione regionale Attività produttive, Servizio programmazione forestale, faunistico-venatoria ed economia montana
Centro Direzionale Fontivegge - 06124 Perugia
Sito www.regione.umbria.it
E-mail agrimontane@regione.umbria.it

Coordinamento editoriale.

Silvia Bruschini, Compagnia delle Foreste

Progetto grafico e impaginazione.



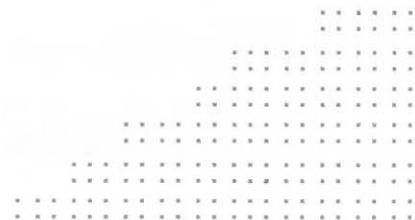
Compagnia delle Foreste
Via P. Aretino, 8 - 52100 Arezzo
Tel./Fax 0575.370846

Sito www.compagniadelleforeste.it

E-mail posta@compagniadelleforeste.it

Stampa. Tipolitografia Petrucci Corrado & C.
S.n.c. - Città di Castello (PG)

Per informazioni. Regione dell'Umbria - Direzione regionale Attività produttive, Servizio programmazione forestale, faunistico-venatoria ed economia montana - Centro Direzionale Fontivegge - 06124 Perugia
E-mail agrimontane@regione.umbria.it



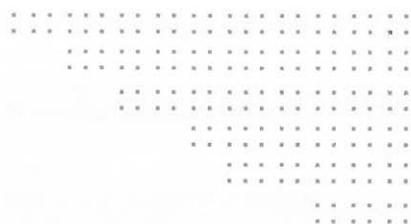
Il Progetto TraSFoRM

Interventi selvicolturali e indicatori ambientali
in cedui quercini dell'Umbria

Il Progetto TraSFoRM

Interventi selvicolturali e indicatori ambientali
in cedui quercini dell'Umbria

a cura di Marco Ferretti, Mauro Frattegiani,
Francesco Grohmann, Paola Savini



Rapporto esecutivo del Progetto
**Individuazione di forme appropriate
di trattamento selvicolturale per il
mantenimento ed il recupero
di foreste degradate**

Autori.

Amorini Emilio - *Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo*

Apruzzese Antonella - *Dipartimento di Biologia Vegetale e Biotecnologie Agroambientali, Università degli Studi di Perugia*

Bianconi Moira - *Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena, bianconi@unisi.it*

Borghini Francesca - *Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena, borghini@unisi.it*

Bussotti Filippo - *Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Firenze, filippo.bussotti@unifi.it*

Cantiani Paolo - *Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo*

Cozzi Alberto - *LINNAEA ambiente S.r.l., via G. Sirtori, 37 - 50137 Firenze, a.cozzi@linnaea.org*

Fabbio Gianfranco - *Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo*

Ferretti Marco - *consulente di: Regione dell'Umbria, Perugia, ferrettimarco@interfree.it*

Fratteggiani Mauro - *consulente di: Regione dell'Umbria, Perugia*

Gravano Elisabetta - *Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Firenze*

Grohmann Francesco - *Regione dell'Umbria, Perugia*

Leonzio Claudio - *Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena, leonzio@unisi.it*

Ludovisi Alessandro - *Dipartimento di Biologia Vegetale e Biotecnologie Agroambientali, Università degli Studi di Perugia*

Maccherini Simona - *Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena, maccherini@unisi.it*

Nicoletti Giacomo - *Dipartimento di Biologia Vegetale e Biotecnologie agroambientali, Università degli Studi di Perugia*

Tedeschi Vanessa - *ItaliAmbiente S.r.l., via della Pace 13 - 01100 Viterbo*

Tirone Giampiero - *ItaliAmbiente S.r.l., via della Pace 13 - 01100 Viterbo*

Sarti Cinzia - *LINNAEA ambiente S.r.l., via G. Sirtori, 37 - 50137 Firenze c.sarti@linnaea.org*

Savini Paola - *consulente di: Regione dell'Umbria, Perugia*

Vale Francesco - *Dipartimento di Biologia Vegetale e Biotecnologie Agroambientali, Università degli Studi di Perugia*

Venanzoni Roberto - *Dipartimento di Biologia Vegetale e Biotecnologie Agroambientali, Università degli Studi di Perugia*

Enti partecipanti.

Regione dell'Umbria

*Direzione regionale Attività produttive, Servizio programmazione forestale, faunistico-venatoria ed economia montana
Centro Direzionale Fontivegge - 06124 Perugia
Sito www.regione.umbria.it
E-mail agrimontane@regione.umbria.it*

Università di Perugia

*Dipartimento di Biologia vegetale e Biotecnologie agroambientali
Borgo XX Giugno, 74 - 06121 Perugia
E-mail rvenanzo@unipg.it*

Istituto Sperimentale per la Selvicoltura

*V.le S. Margherita, 80 - 52100 Arezzo
E-mail issar@ats.it*

Comunità Montana Alto Chiascio

Via G. Matteotti - 06024 Gubbio (PG)

Comunità Montana Alto Tevere Umbro

Via Pomerio S. Girolamo - 06012 Città di Castello (PG)

Comunità Montana Amerino e Croce di Serra
Via V. Emanuele - 05025 Guardea (TR)

Comunità Montana Monte Peglia e Selva di Meana
Via Principe Umberto - 05010 San Venanzo (TR)

Comunità Montana Monte Subasio
Via N. Sauro - 06030 Valtopina (PG)

Comunità Montana Monti Martani e del Serano
Via dei Filosofi - 06049 Spoleto (PG)

Comunità Montana Monti del Trasimeno
Via S. Bonaventura - 06100 Perugia

Comunità Montana Valnerina
Via Manzoni - 06046 Norcia (PG)

Premessa..... 13

1

Trattamenti selvicolturali per il recupero e mantenimento di foreste degradate: il progetto TraSFoRM
F. Grohmann, M. Ferretti, M. Frattegiani, P. Savini..... 15

2

La trasparenza delle chiome di *Quercus cerris* L. e *Q. pubescens* Willd. in alcuni complessi forestali dell'Umbria nel periodo 1992-2001
M. Ferretti, F. Grohmann, P. Savini..... 21

3

Il disegno sperimentale del progetto TraSFoRM
P. Cantiani, M. Ferretti, M. Frattegiani, F. Grohmann, P. Savini..... 29

4/1

Principali valutazioni sulle dinamiche floristico-vegetazionali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale
A. Apruzzese, A. Ludovisi, G. Nicoletti, F. Vale, R. Venanzoni 37

4/2

Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale
E. Amorini, P. Cantiani, G. Fabbio..... 45

4/3

Principali valutazioni sulla trasparenza delle chiome degli alberi in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale
M. Ferretti, S. Maccherini, P. Savini..... 53

4/4

Principali valutazioni sugli scambi di CO₂ tra suolo e atmosfera in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento culturale in Umbria

V. Tedeschi, G. Tirone..... 59

4/5

Principali valutazioni sulla composizione chimica e sulla morfologia fogliare di piante di roverella e cerro in aree sottoposte a diverso trattamento culturale

F. Bussotti, E. Gravano, F. Borghini, C. Leonzio, M. Bianconi, S. Maccherini..... 65

4/6

Principali valutazioni sull'intercettazione delle precipitazioni in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento culturale in Umbria

C. Sarti..... 73

4/7

Effetti dei trattamenti su stato e tendenze a breve termine delle aree sperimentali: una sintesi delle principali evidenze

M. Ferretti, F. Grohmann, M. Frattegiani, P. Savini..... 79

5

Sintomi fogliari attribuibili ad ozono nel sito sperimentale TraSfoRM (Umbria) nel periodo 1999-2002 - Sintesi

A. Cozzi, S. Maccherini, M. Ferretti..... 87

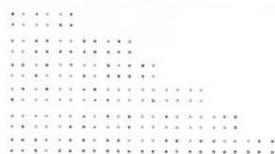
6

Il progetto TraSfoRM: sintesi dei risultati

M. Ferretti, M. Frattegiani, F. Grohmann, P. Savini..... 93

Premessa

GIANPIERO BOCCI
Assessore regionale all'Agricoltura
Foreste, Caccia e Pesca



Con la conclusione del progetto TraSFoRM si aggiunge un altro importante tassello alla serie di attività realizzate per garantire il miglioramento e la tutela del patrimonio forestale regionale.

Come indicato nel Piano Forestale, approvato nel 1999 dal Consiglio regionale, la complessità e le molteplici funzioni degli ecosistemi forestali richiedono la messa in campo di un ampio ventaglio di azioni diversificate, ognuna delle quali costituisce un elemento fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi prefissati. La tutela del patrimonio non si esaurisce infatti con la predisposizione di razionali documenti di programmazione e di idonei strumenti legislativi, ma richiede anche l'approfondimento delle conoscenze sul funzionamento degli ecosistemi forestali ed il costante monitoraggio dello stato di salute dei boschi. Per questo motivo la Regione dell'Umbria ha da sempre affiancato all'ordinaria attività amministrativa, la promozione e la realizzazione di progetti sperimentali e di ricerca cercando di utilizzare nel migliore dei modi tutti gli strumenti finanziari messi a disposizione dallo Stato e dall'Unione europea in materia forestale.

Questo lavoro testimonia come la conoscenza degli ecosistemi boschivi richieda indagini complesse ed articolate che solo l'approccio multidisciplinare può assicurare. In questo quadro va sottolineata positivamente la collaborazione reciproca instauratasi fra un ampio numero di specialisti nell'ambito di un unico disegno progettuale. Pertanto, un ringraziamento va a tutti gli enti ed istituti che a diverso titolo hanno fattivamente contribuito ed in particolare ai ricercatori e professionisti che hanno offerto il loro prezioso contributo di conoscenze per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Amministratori di risorse forestali ed ambientali, tecnici, studenti e tutti coloro che si interessano di ambiente e boschi troveranno sicuramente informazioni utili e spunti di riflessioni nel materiale presentato in questo volume.

L'auspicio è che quanto realizzato non si esaurisca con la presente pubblicazione ma che costituisca la base per ulteriori sviluppi ed approfondimenti nel quadro di una sempre maggiore attenzione alla conservazione e sviluppo sostenibile delle risorse forestali ed alle attività ad esse collegate.

Trattamenti selvicolturali per il recupero e mantenimento di foreste degradate: il progetto TraSFoRM

F. Grohmann
M. Ferretti
M. Frattegiani
P. Savini

Regione dell'Umbria • Perugia

Abstract. *SILVICULTURAL TREATMENTS FOR THE MAINTENANCE AND RECOVERY OF DAMAGE FORESTS: THE TRASFORM PROJECT. Forests are subjected to a variety of stressors that may impact forest health. Management practices should take into account their potential impact on forest health in order to ensure long-term sustainability. Early investigations carried out in Umbria revealed that forest condition varies in time and space. The need for continuous monitoring was reported. At the same time, two other different issue becomes important: the need to explore different silvicultural treatments for the oak coppices in Umbria; and the need to assess the actual and potential impact of stressors like air pollution. All together, the three issue mentioned above (monitoring of forest condition, investigation about suitable management practices and effects of air pollution) were organized in the project TraSFoRM. This paper reports about the project, its aims, features and cooperations and introduce the content of the present volume.*

Key words. *Coppice, environmental indicators, Italy, management, oaks, Umbria (Italy).*

Riassunto. Le foreste sono soggette a numerosi stress ambientali che ne condizionano lo stato vegetativo e l'evoluzione. L'effettuazione di interventi colturali deve quindi anche considerare le condizioni dei boschi, cercando di migliorarne lo stato complessivo e/o arginare fenomeni di deperimento. Una serie di indagini svolte nella prima metà degli anni 90 aveva evidenziato condizioni vegetative diversificate che richiedevano un controllo costante. Allo stesso tempo, si sono concretizzate due diverse esigenze: la necessità di esplorare possibili tecniche alternative nel trattamento dei boschi cedui di quercia (un'importante frazione del patrimonio forestale umbro) e la necessità di raccogliere informazioni sui potenziali fattori ambientali di stress (come l'inquinamento atmosferico) in grado di avere un impatto sulle condizioni degli ecosistemi forestali. L'insieme di queste esigenze (mantenimento di un sistema di monitoraggio delle condizioni dei boschi, studio di metodi alternativi di trattamento, indagini su possibili fattori di stress) è stato organizzato nel progetto "Individuazione di forme appropriate di trattamento selvicolturale per il mantenimento ed il recupero di foreste degradate" (TraSFoRM). In questo capitolo se ne delineano gli scopi, i tratti essenziali e le cooperazioni e viene illustrato il contenuto del presente volume.

Parole chiave. Ceduo, indicatori ambientali, Italia, querce, selvicoltura, Umbria.

Garantire la tutela e la stabilità dei popolamenti forestali è uno degli obiettivi principali della politica forestale della Regione dell'Umbria. Per questo motivo alla fine degli anni '80 sono state avviate diverse indagini finalizzate sia a conoscere in maggiore dettaglio le caratteristiche qualitative del patrimonio forestale, in particolare con la realizzazione della carta forestale regionale e dell'inventario forestale regionale (REGIONE DELL'UMBRIA, 1999a), che a monitorarne le condizioni (REGIONE DELL'UMBRIA, 1999b).

Con l'approvazione del Piano Forestale Regionale (PFR) (REGIONE DELL'UMBRIA, 1999c) per il decennio 1998-2007, l'Amministrazione regionale ha

soddisfatto l'esigenza di dotarsi di uno strumento programmatico di settore con valenza strategica in grado di orientare nel medio-lungo periodo l'azione concreta nel settore forestale. Il primo obiettivo guida individuato dal PFR è la "tutela e miglioramento del patrimonio forestale" nell'ambito del quale il monitoraggio dello stato di salute degli ecosistemi forestali è una delle attività di primaria importanza.

In questo quadro le azioni istituite nell'ambito dell'"European Union Scheme on the Protection of Forests against Atmospheric Pollution" (Reg. CEE 3528/86 e seguenti) hanno costituito un supporto fondamentale per la realizzazione di indagini

aventi al contempo valore sia conoscitivo che sperimentale, consentendo di acquisire importanti informazioni sulle condizioni dei boschi dell'Umbria. Tali attività hanno permesso di mettere a punto sistemi di monitoraggio e di analizzare tecniche di intervento selvicolturale che oltre a fornire importanti strumenti operativi e di indirizzo hanno costituito validi spunti per l'attivazione di altri filoni di indagine. In particolare, il sistema di sorveglianza attivato con il Progetto 1992-96 "Analisi di metodologie integrate per la misurazione dei danni cagionati alle foreste in ambiente sub-mediterraneo ed appenninico" (sigla 92.60.IT.010.0) ha permesso di individuare l'esistenza di un diffuso stato di sofferenza delle querce, apparentemente aggravatosi tra il 1992 e il 1994, con probabili relazioni con condizioni stagionali ed età degli alberi, suggerendo la possibile influenza sia di fattori connessi al trattamento ed al governo dei boschi, sia di agenti biotici che abiotici (REGIONE DELL'UMBRIA, 1999b). L'esigenza di sorvegliare lo stato dei boschi, e di indagare in maggior dettaglio i fattori potenzialmente in grado di condizionarlo, hanno promosso la preparazione di un nuovo progetto. Contestualmente, la riconosciuta importanza del bosco ceduo tra le risorse forestali dell'Umbria (circa 160.000 ha di cedui a prevalenza di cerro ed altre querce caducifoglie; REGIONE DELL'UMBRIA, 1999a), ha consigliato di orientare il progetto proprio verso i cedui. Su queste considerazioni è nato quindi il progetto "Individuazione di forme appropriate di trattamento selvicolturale per il mantenimento ed il recupero di foreste degradate" (acronimo: **TraSFoRM**) co-finanziato dall'Unione Europea sotto il codice 97.60.IT.008.0 (FERRETTI *et al.*, 1999). Le tecniche selvicolturali applicate nel progetto TraSFoRM hanno costituito un importante punto di partenza per l'ideazione e la realizzazione del progetto SUMMACOP (Sustainable and Multi-function Management of COPpice in Umbria; AA.VV., 2002), cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito dello strumento *Life*-ambiente, con il quale è stato promosso l'adeguamento dei tradizionali criteri di gestione del bosco ceduo in relazione ai nuovi benefici richiesti dalla società (riconducibili ai concetti di sostenibilità, multifun-

zionalità e flessibilità), tenendo conto anche della fattibilità tecnica ed economica degli interventi (FRATTEGANI *et al.*, 2001).

Scopi

Il Progetto Regionale 1997-2001 (successivamente prorogato al 2002) "Individuazione di forme appropriate di trattamento selvicolturale per il mantenimento ed il recupero di foreste degradate" si propone di **(1)** mantenere un sistema di sorveglianza delle condizioni delle specie quercine decidue in Umbria, **(2)** individuare, sperimentare e verificare tecniche colturali mirate a favorire il miglioramento dei boschi degradati di specie quercine (essenzialmente: cerro e roverella), **(3)** evidenziare possibili effetti diretti dei contaminanti atmosferici. TraSFoRM ha quindi lo scopo di:

- riprendere e continuare la raccolta di dati sulla rete di monitoraggio estensivo già attiva nel periodo 1992-1995,
- compiere un'analisi dei *Database* esistenti riguardanti: stato delle chiome, meteorologia e geo-pedologia in modo da isolare probabili fattori collegati al deperimento utili alla definizione dei blocchi sperimentali (es.: precipitazioni, suoli);
- individuare possibili trattamenti selvicolturali applicabili a titolo sperimentale;
- individuare il disegno sperimentale;
- installare i *plot* sperimentali e di controllo;
- rilevare le condizioni ecologiche mediante misure e valutazioni in sito di vari indicatori di risposta (*response*);
- effettuare i trattamenti previsti;
- monitorare l'evoluzione dei trattamenti sperimentali nei singoli blocchi mediante misure qualitative di appositi indicatori di risposta;
- mantenere un sistema di sorveglianza regionale dello stato dei boschi a quercia in modo da permettere la diagnosi precoce di cambiamenti complessivi dello stato delle querce;
- valutare l'influenza dei vari trattamenti effettuati;
- valutare l'eventuale presenza di effetti diretti dei contaminanti atmosferici, con particolare riguardo all'ozono (O₃).

Struttura

Il progetto è essenzialmente diviso in quattro sezioni (Figura 1.1):

1. monitoraggio estensivo delle specie quercine decidue, diretto a "mantenere un sistema di sorveglianza regionale dello stato dei boschi a quercia in modo da permettere la diagnosi precoce di eventuali cambiamenti". I risultati ottenuti da questa sezione di progetto, unitamente a quelli della precedente serie di osservazioni (1992, 1994, 1995) sono presentati da FERRETTI *et al.* (2002a).
2. identificazione ed effettuazione di interventi selvicolturali, da compiersi in seguito ad "una dettagliata analisi dei Database esistenti principalmente riguardanti lo stato delle chiome, meteorologia, geo-pedologia, in modo da isolare probabili fattori collegati al deperimento". La selezione del sito sperimentale, le caratteristiche dei *plot* sperimentali e dei trattamenti sono illustrati da CANTIANI *et al.* (2002).
3. monitoraggio degli effetti dei trattamenti, attraverso la definizione e la valutazione/misurazione di appositi indicatori di risposta. Gli indicatori di risposta considerati sono illustrati da CANTIANI *et al.* 2002, mentre i risultati ottenuti per ciascun indicatore sono riportati da vari Autori (AMORINI *et al.*, 2002; APRUZZESE *et al.*, 2002; BUSSOTTI *et al.*,

2002; FERRETTI *et al.*, 2002b; SARTI, 2002; TEDESCHI e TIRONE, 2002). Una sintesi dei risultati è fornita da FERRETTI *et al.* (2002c).

4. biomonitoraggio di effetti degli inquinanti atmosferici sulle specie forestali presenti nell'area di studio. Questo studio ha dato priorità alla valutazione dei sintomi da ozono sulla vegetazione spontanea ed i risultati sono esposti da Cozzi *et al.* (2002).

Partners

Al Progetto partecipano diversi Enti ed Istituzioni: la Regione dell'Umbria, le Comunità Montane dell'Umbria, l'Università di Perugia, l'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo più una serie di consulenti esterni nominati sia dalla Regione che dall'Università di Perugia.

Ruolo della Regione dell'Umbria

Il Servizio programmazione forestale, faunistico-venatoria ed economia montana della Regione dell'Umbria ha avuto il compito di eseguire la progettazione e coordinare lo sviluppo del Progetto, individuare le professionalità necessarie al suo svolgimento, proporre le metodologie, favorire i contatti tra i vari soggetti coinvolti, assicurare la documentazione necessaria alle Comunità

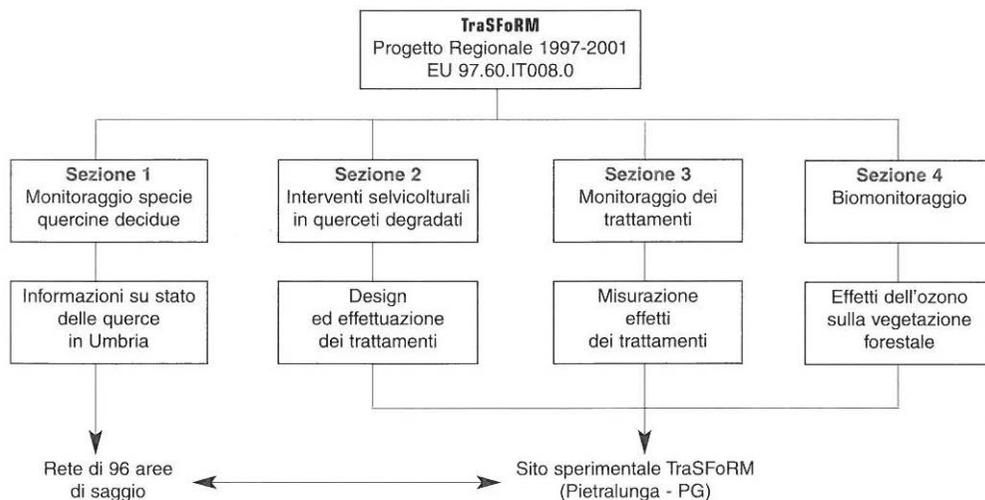


Figura 1.1 – Sezioni, relative finalità ed ambito territoriale di applicazione di TraSFoRM.

Montane e provvedere alla diffusione dei risultati. Il Servizio ha (i) organizzato annualmente i corsi di intercalibrazione ed effettuato i controlli di campagna relativi alla Sezione 1 del progetto, (ii) contribuito a selezionare il sito sperimentale ed installare i *plot* (Sezione 2), (iii) contribuito alla martellata (Sezione 2), eseguito le valutazioni sulle chiome degli alberi nei *plot* sperimentali (Sezione 3) e fornito ai vari *partner* e/o consulenti gli *input* per la redazione dei rapporti periodici e per l'elaborazione dei dati (Sezione 3 e 4).

Ruolo delle Comunità Montane

Le Comunità Montane (Alto Chiascio, Alto Tevere Umbro, Amerino e Croce di Serra, Monte Peglia e Selva di Meana, Monte Subasio, Monti Martani e del Serano, Monti del Trasimeno, Valnerina) hanno rappresentato un elemento essenziale per lo svolgimento del Progetto. Esse sono state direttamente coinvolte nell'esecuzione dei rilievi per il monitoraggio delle specie quercine decidue (Sezione 1, FERRETTI *et al.*, 2002a) ed a questo fine hanno partecipato ai corsi di intercalibrazione annuali. Le Comunità Montane Alto Tevere Umbro e Valnerina hanno contribuito all'esecuzione degli interventi selvicolturali nel sito sperimentale di Pietralunga (Sezione 2). La collaborazione della Comunità Montana dell'Alto Tevere Umbro è stata utile nelle fasi di abbattimento, allestimento ed esbosco, nonché nel campionamento precipitazioni (SARTI, 2002), mentre il contributo della Comunità Montana della Valnerina ha riguardato la fase di esbosco.

Ruolo dell'Università di Perugia

Il Dipartimento di Biologia vegetale e Biotecnologie Agroambientali dell'Università di Perugia ha avuto il compito di seguire l'evoluzione dei soprassuoli sottoposti al trattamento mediante un apposito monitoraggio degli effetti (Sezione 3) e la valutazione dei possibili sintomi da ozono (Sezione 4). Ciò ha coinvolto la misurazione e valutazione di una serie di indicatori (vegetazione, chimica del suolo e delle foglie, indici fogliari, afflussi meteorici), attività espletata sia direttamente che attraverso consulenti (APRUZZESE *et al.*,

2002; BUSSOTTI *et al.*, 2002; Cozzi *et al.*, 2002; SARTI, 2002; TEDESCHI e TIRONE, 2002).

Ruolo dell'Istituto Sperimentale di Selvicoltura di Arezzo

L'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo è stato l'ente responsabile per la definizione dei trattamenti (Sezione 2, CANTIANI *et al.*, 2002), le misurazioni dendro-auxometriche e le stime sulla rinnovazione nelle aree sperimentali interessate dagli interventi (Sezione 3, AMORINI *et al.*, 2002). In questo contesto, l'Istituto ha eseguito anche misurazioni di *Leaf Area Index* e stime della biomassa asportata durante gli interventi.

Conclusioni

Le attività avviate nel 1992 con il progetto "Analisi di metodologie integrate per la misurazione dei danni cagionati alle foreste in ambiente sub-mediterraneo ed appenninico" hanno trovato naturale proseguimento con il progetto TraSFORM che, oltre a dare continuità alle indagini già avviate (che hanno così coperto un decennio intero), ha consentito di realizzare il monitoraggio degli effetti di diversi tipi di trattamento selvicolturale, attraverso la definizione e la valutazione/misurazione di appositi indicatori di risposta.

Il Progetto TraSFORM ha voluto quindi dare continuità al sistema regionale di sorveglianza dello stato dei boschi a prevalenza di querce caducifoglie (essenzialmente: cerro e roverella), in modo da permettere la diagnosi precoce di eventuali cambiamenti, e di individuare, sperimentare e verificare tecniche colturali mirate a favorire il miglioramento dei boschi degradati di specie quercine situati in condizioni ecologiche distinte e sottoposti a livelli differenti di stress ambientali. I risultati, che crediamo interessanti, sono esposti nei vari capitoli di questo volume.

Riteniamo importante segnalare che il sito sperimentale del progetto TraSFORM è localizzato in prossimità dell'area UMB1 della rete CON.ECO.FOR. (Reg. UE 1091/94) e, pertanto, le indagini condotte possono rappresentare una valida integrazione e approfondimento agli studi realizzati su quest'ultima area, aggiungendo al moni-

toraggio di un ecosistema indisturbato il controllo su una zona limitrofa sottoposta a perturbazioni di origine antropica. Una immediata cooperazione si è infatti realizzata con lo scambio di informazioni riguardante livelli di ozono e sintomi fogliari ad esso attribuibili (Cozzi *et al.*, 2002). La Regione dell'Umbria, anche in considerazione dei risultati emersi, ha pieno interesse a non disperdere le esperienze e le conoscenze acquisite nello svolgimento del progetto TraSFoRM e quindi a mantenere attive le indagini di monitoraggio delle aree.

Ringraziamenti. Molte persone hanno attivamente contribuito a questo progetto. Tra tutti si ricordano i tecnici e le maestranze delle Comunità montane, per il contributo offerto durante le campagne di rilevamento e la realizzazione degli interventi, l'Istituto Ambiente Italia, per i dati sull'ozono forniti, ed il Ministero delle Politiche Agricole e Forestali per il supporto tecnico-amministrativo prestato.

Bibliografia

- AA.VV., 2002 - **Gestione sostenibile e multifunzionale dei boschi cedui: il progetto Summacop – Esperienze, attività e risultati.** Regione dell'Umbria, Perugia, 196 pp.
- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002 - **Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 45-52.
- APRUZZESE A., LUDOVISI A., NICOLETTI G., VALE F., VENANZONI R., 2002 - **Principali valutazioni sulle dinamiche floristico-vegetazionali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 37-43.
- BUSSOTTI F., GRAVANO E., BORGHINI F., LEONZIO C., BIANCONI M., MACCHERINI S. 2002 - **Principali valutazioni sulla composizione chimica e sulla morfologia fogliare di piante di roverella e cerro in aree sottoposte a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 65-71.
- CANTIANI P., FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 - **Il disegno sperimentale del progetto TraSFoRM.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 29-36.
- COZZI A., MACCHERINI S., FERRETTI M., 2002 - **Sintomi fogliari attribuibili ad ozono nel sito sperimentale TraSFoRM (Umbria) nel periodo 1999-2002-Sintesi.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 87-92.
- FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 1999 - **TraSFoRM - Un progetto per la valutazione della risposta di querceti decidui a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** Atti S.I.S.E.F. 2,3-8.
- FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002a - **La trasparenza delle chiome in *Quercus cerris* L. e *Q. pubescens* Willd. in alcuni complessi forestali dell'Umbria nel periodo 1992-2001.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 21-28.
- FERRETTI M., MACCHERINI S., SAVINI P., 2002b - **Principali valutazioni sulla trasparenza delle chiome degli alberi in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 53-58.
- FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002c - **Il progetto TraSFoRM: sintesi dei risultati.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 93-95.
- FRATTEGANI M., GROHMANN G., SAVINI P., 2001 - **Innovazione e gestione dei boschi cedui: il progetto Summacop.** Sherwood, 71: 5-9.
- GROHMANN F., FERRETTI M., FRATTEGANI M., SAVINI P., 2002 - **Trattamenti selvicolturali per il recupero e mantenimento di foreste degradate: il progetto TraSFoRM.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 15-19.
- REGIONE DELL'UMBRIA, 1999a - **Inventario Forestale Regionale.** Supplemento ordinario n.1 al Bollettino Ufficiale n.22 del 21 Aprile.
- REGIONE DELL'UMBRIA, 1999b - **Analisi di metodologie integrate per la misurazione dei danni cagionati alle foreste in ambiente sub-mediterraneo ed appenninico.** Relazione finale. 137 pp.
- REGIONE DELL'UMBRIA, 1999c - **Piano Forestale Regionale per il decennio 1998-2007.** Pp. 76 + annessi.
- SARTI C., 2002 - **Principali valutazioni sull'intercettazione delle precipitazioni in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 73-78.
- TEDESCHI V., TIRONE G., 2002 - **Principali valutazioni sugli scambi di CO₂ tra suolo e atmosfera in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 59-64.

La trasparenza delle chiome di *Quercus cerris* L. e *Q. pubescens* Willd. in alcuni complessi forestali dell'Umbria nel periodo 1992-2001

M. Ferretti
F. Grohmann
P. Savini

Regione dell'Umbria • Perugia

Abstract. OAK CONDITION IN SELECTED FOREST DISTRICTS IN UMBRIA OVER THE PERIOD 1992-2001. The condition of two oaks species (*Quercus cerris* L., n: 560; *Q. pubescens* Willd., n: 1363) were monitored over the period 1992-2001 in Umbria (central Italy). Data were processed to investigate trends in explained, unexplained and total crown transparency. The proportion of trees with transparency >25% increases. Explained crown transparency increases significantly, although slightly, in most of the forest districts examined and under most of site conditions. Insects were reported as the main cause. Unexplained crown transparency remains almost unchanged, although individual forest districts show significant changes. Total crown transparency increases significantly, especially at low elevation, slight slopes and under transitory crop condition.

Key words. Oaks, tree condition, trend, Umbria (Italy).

Riassunto. Nel periodo 1992-2001 sono state monitorate le condizioni di cerro (*Quercus cerris* L., n: 560) e roverella (*Q. pubescens* Willd., n: 1363) in Umbria. I dati sono stati analizzati per investigare le tendenze della trasparenza totale, spiegabile e non spiegabile. La proporzione di alberi con trasparenza >25% aumenta. La trasparenza spiegabile aumenta significativamente, anche se di poco, nella maggior parte delle condizioni stazionali ed in molte delle foreste esaminate. Gli insetti sono stati riportati come la causa più frequente di trasparenza. La trasparenza non spiegabile rimane in genere invariata, anche se occasionalmente alcune foreste hanno mostrato cambiamenti significativi. Complessivamente, la trasparenza totale aumenta significativamente, sia per il cerro che per la roverella, specialmente alle quote più basse, nelle pendenze meno accentuate e nei boschi in conversione.

Parole chiave. Condizione degli alberi, querce, tendenze, Umbria.

Il monitoraggio delle condizioni degli alberi è parte integrante delle attività di sorveglianza dello stato delle foreste sviluppatesi in Europa negli ultimi 20 anni (LORENZ *et al.*, 2002) sulla base delle convenzioni e dei processi internazionali (p.e. la Convenzione UN/ECE sull'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza; processo di Helsinki) (INNES, 1993). In accordo ai programmi internazionali, le attività di monitoraggio delle foreste sono in corso in Italia a livello nazionale (ALLAVENA *et al.*, 2001; FERRETTI, 2000; MOSELLO *et al.*, 2002) e regionale (FERRETTI, 1994a, b). In questo contesto, su iniziativa della regione dell'Umbria, a partire dal 1992 sono state effettuate indagini estensive sulle condizioni dei boschi

nelle aree forestali demaniali e nei parchi regionali. In una prima fase sono state svolte 3 indagini (1992, 1994, 1995) i cui risultati sono stati sintetizzati da FERRETTI *et al.* (1999). Con il progetto TraSFoRM è stata avviata una nuova serie di indagini, portata avanti negli anni 1998, 1999, 2000 e 2001 e mirata alle specie quercine decidue, la definizione delle cui condizioni in rapporto ai fattori culturali costituisce un settore importante del progetto (GROHMANN *et al.*, 2002). Un'indagine estensiva sullo stato delle querce in Umbria ha quindi scopi diversi: se il più evidente è quello di fornire informazioni sul loro stato nelle foreste esaminate, occorre anche considerare l'importanza di poter definire le condizioni di base (*baseline*

condition) delle querce in Umbria in modo da avere un riferimento a quanto rilevabile nelle aree sperimentali di Pietralunga (Sezione di progetto 4), dove vengono confrontate diverse forme di trattamento culturale.

Materiali e metodi

Base campionaria dell'indagine

Il disegno campionario (basato su una triade di punti di riferimento) è descritto in dettaglio da CLAUSER *et al.* (1988). Gli alberi (diametro a 1,30 m >7,5 cm) erano stati a suo tempo selezionati in Aree di Saggio (AdS) distribuite secondo una maglia campionaria "base" di riferimento di 2x2 km in varie aree forestali, che, complessivamente, coprono 83.864 ha (Figura 2.1; Tabella 2.1). Per i complessi di Monte Cucco e Subasio la maglia è stata intensificata ad 1x1 km. Tutte le AdS contengono da un minimo di 10 ad un massimo di 30 alberi scelti in maniera da evitare quegli individui la cui chioma non fosse visibile (CENNI *et al.*, 1995b). Per le indagini condotte nel periodo 1998-2001 è stato considerato il sottocampione di alberi afferenti alle AdS in cui cerro e/o roverella rappresentassero almeno il 75% degli alberi campione. Per le elaborazioni qui presentate sono stati considerati solo gli alberi comuni ai rilievi dal 1992 al 2001: il campione comune esaminato è quindi formato esclusivamente da 2 specie: cerro (560 alberi) e roverella (1.363 alberi) (Tabella 2.1).

Metodo di rilevamento e procedure di assicurazione di qualità (QA)

I metodi di rilevamento sono illustrati in dettaglio nel manuale di campagna utilizzato dai tecnici

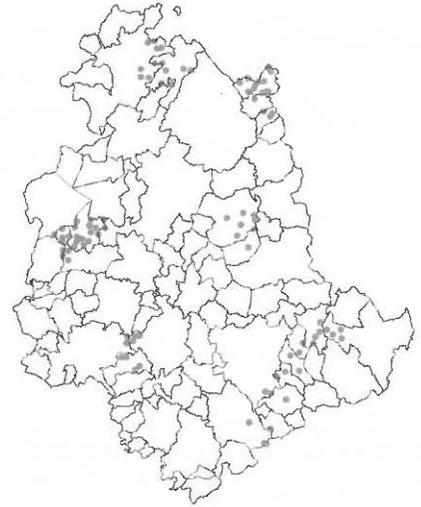


Figura 2.1 - Distribuzione delle aree di saggio per la valutazione delle condizioni delle querce in Umbria.

delle Comunità Montane nei precedenti rilievi del 1992, 1994-1995 (CENNI *et al.*, 1995b) e successivamente nel periodo 1998-2001. Il rilevamento è basato su una valutazione visiva dello stato degli alberi attraverso una serie di indicatori. Dettagli su indicatori ed indici sono riportati nei precedenti rapporti (CENNI *et al.*, 1995a, 1996; FERRETTI *et al.*, 1999), ed in numerose pubblicazioni (INNES, 1990, 1993; FERRETTI, 1994a, b).

Per ogni indagine annuale è stato adottato un programma di controllo di qualità dei dati basato su 4 fasi: armonizzazione, *training*, intercalibrazione e controllo. Ogni anno sono stati svolti corsi di formazione (armonizzazione) con esercizi di verifica (*training* ed intercalibrazione).

| Area forestale | Superficie (ha) | Quota min-max (m slm) | Cerro | Roverella | Totale |
|----------------|-----------------|-----------------------|------------|--------------|--------------|
| Alto Tevere | 9.628 | 522-850 | 172 | 145 | 317 |
| Coscerno Aspra | 30.000 | 300-1684 | 18 | 349 | 367 |
| Monte Cucco | 9.437 | 500-1566 | 75 | 136 | 211 |
| Nera Piediluco | 3.700 | 200-644 | 2 | 58 | 60 |
| Subasio | 6.300 | 200-1.290 | 56 | 143 | 199 |
| Tevere | 10.250 | 200-500 | 73 | 134 | 207 |
| Trasimeno | 14.549 | 200-800 | 164 | 398 | 562 |
| Totale | 83.864 | 200-1684 | 560 | 1.363 | 1.923 |

Tabella 2.1 - Aree forestali esaminate e composizione del campione comune tra il 1992 ed il 2001.

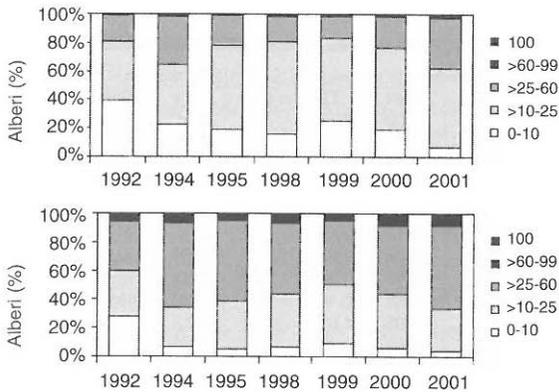


Figura 2.2 - Frequenza di alberi per varie classi di TT: cerro (in alto) e roverella (in basso).

Successivamente, sono stati effettuati controlli di campagna. Complessivamente, nel periodo 1992-2001 sono state rivalutate da un osservatore indipendente 95 aree di saggio, con una media di controlli superiore quindi al 10% per anno. I risultati indicano che - mediamente - le differenze tra rilevatore e controllo nella valutazione della trasparenza totale (TT) sono $\pm 5\%$ (media per area di saggio). Occasionalmente, le differenze possono raggiungere valori elevati ($>10\%$): in genere ciò accade nel caso di deviazioni sistematiche. E' stata notata una tendenza a sottovalutare la trasparenza attribuibile alle cause spiegabili (TCN) ed a sopravvalutare la trasparenza attribuibile a cause non spiegabili (TCNN).

Elaborazione dei dati e presentazione dei risultati

Le elaborazioni sono centrate sulla trasparenza della chioma (spiegabile, non spiegabile e totale). Dato che il disegno campionario dell'indagine è basato su un protocollo standardizzato, ma non su un campionamento probabilistico, le elaborazioni hanno riguardato la statistica descrittiva dei valori di TCN, TCNN e TT ai vari anni e lo studio delle tendenze 1992-2001. Per ciascun anno e specie sono state calcolate le frequenze di alberi appartenenti alle categorie di trasparenza della chioma solitamente usate nei rapporti internazionali (sistema categoriale): classe 0: 0-10%; classe I: $>10-25\%$; classe II: $>25-60\%$; classe III: $>60-99\%$;

classe IV: 100% (pianta morta). Sono stati poi calcolati i valori della mediana per ciascuna area di saggio e strato di informazione disponibile: specie, anno, forma di governo e trattamento, quota, pendenza ed esposizione. I trend temporali (in totale e per strato) sono stati analizzati mediante *route regression* (ELZINGA *et al.*, 2001). La *route regression* è basata sul calcolo dei valori di pendenza della retta di regressione calcolata per ciascuna area di saggio (*route*) regredendo i valori di trasparenza sugli anni. Questo permette di calcolare media e varianza delle pendenze e costruire l'intervallo di confidenza al livello definito di probabilità (valore adottato $P = 95\%$) utilizzando il corrispettivo valore di t per test a due code.

Risultati e discussione

Le condizioni complessive secondo il sistema categoriale

Tra i criteri e gli indicatori per la Gestione Forestale Sostenibile (GFS), nell'ambito del criterio 2 ("mantenimento della salute e vitalità degli ecosistemi forestali"), il cambiamento della frequenza di alberi con trasparenza totale $>25\%$ negli ultimi 5 anni è uno degli indicatori proposti per valutare la sostenibilità della gestione forestale. Per il cerro, si assiste ad una progressiva diminuzione della frequenza di alberi nella classe di trasparenza più bassa ed un aumento (seppure irregolare) nelle classi di trasparenza $>10-25\%$ e $>25-60\%$ (Figura 2.2). In particolare, nel periodo 1998-2001, la frequenza di alberi con trasparenza totale $>25\%$ aumenta nettamente, passando da 17,9 a 34,6%.

Per la roverella, si può osservare un peggioramento tra il 1992 ed il 1994, un successivo miglioramento fino al 1998 ed un nuovo peggioramento dal 1999 al 2001 (Figura 2.2). Nel periodo 1998-2001, la frequenza di alberi con trasparenza $>25\%$ aumenta, passando da 56,6 a 66,3%. Tale aumento è esclusivamente imputabile alla variazione tra il 2000 ed il 2001.

| Fattore considerato | | Cerro | | | Roverella | | | | |
|------------------------|----------------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|
| | | n ads | TCN | TCNN | TT | n ads | TCN | TCNN | TT |
| Area forestale | Totale | 58 | 0,45 | -0,02 | 0,11 | 86 | 0,45 | -0,03 | 0,07 |
| | Alto Tevere | 12 | -0,26 | 1,07 | 0,71 | 11 | -0,06 | 1,12 | 0,78 |
| | Coscerno Aspra | 5 | 1,95 | -1,71 | -1,36 | 18 | 1,16 | -1,50 | -0,34 |
| | Monte Cucco | 9 | 1,01 | -1,67 | -0,68 | 13 | 0,82 | -1,07 | -0,36 |
| | Nera Piediluco | 1 | NC | NC | NC | 3 | 0,61 | 0,60 | 0,83 |
| | Subasio | 4 | 0,51 | 0,12 | 0,49 | 7 | 0,31 | 0,42 | 0,26 |
| | Tevere | 8 | 1,08 | 0,23 | 1,21 | 9 | 1,79 | -0,24 | 1,33 |
| | Trasimeno | 16 | 1,27 | -0,15 | 0,96 | 24 | 1,53 | -0,19 | 1,46 |
| Governio e trattamento | Ceduo composto | 13 | 0,96 | -0,35 | 0,46 | 20 | 1,38 | -0,20 | 1,22 |
| | Ceduo in conversione | 5 | -0,18 | 1,06 | 1,05 | 5 | 0,13 | 1,46 | 1,46 |
| | Ceduo invecchiato | 4 | 0,25 | 0,62 | 0,48 | 3 | 0,00 | 0,50 | 0,71 |
| | Ceduo matricinato | 23 | 0,55 | -0,66 | -0,16 | 43 | 0,88 | -0,62 | 0,12 |
| | Ceduo semplice | 5 | 2,93 | -0,54 | 0,67 | 5 | 2,74 | -1,43 | 1,26 |
| | Fustaia | 3 | 1,99 | 1,96 | 3,80 | 6 | 0,86 | 0,13 | 0,57 |
| Quota | 250-350 | 11 | 0,60 | 0,42 | 0,27 | 19 | 1,31 | -0,35 | 1,06 |
| | >350-450 | 11 | 0,66 | 0,09 | 0,00 | 17 | 1,21 | -0,16 | 0,85 |
| | >450-550 | 15 | 0,43 | 0,31 | 0,22 | 17 | 1,17 | -0,71 | 0,27 |
| | >550-650 | 6 | 0,36 | 0,18 | 0,13 | 9 | 0,99 | -0,33 | 0,49 |
| | >650-750 | 7 | -0,01 | -0,07 | 0,07 | 13 | 0,34 | 0,28 | 0,46 |
| | >750-1100 | 5 | 0,19 | 0,16 | 0,16 | 10 | 0,83 | -0,79 | 0,01 |
| Esposizione | N (>315°-45°) | 13 | 0,62 | -0,37 | 0,12 | 15 | 0,85 | -0,24 | 0,48 |
| | E (>45°-135°) | 13 | 0,65 | -0,33 | 0,23 | 25 | 1,28 | 0,01 | 1,11 |
| | S (>135°-225°) | 11 | 1,54 | -0,12 | 1,28 | 17 | 1,20 | -0,75 | 0,47 |
| | O (>225°-315°) | 15 | 0,80 | -0,01 | 0,24 | 24 | 0,78 | -0,42 | 0,26 |
| | Piano | 3 | 0,48 | -0,34 | -0,10 | 4 | 0,81 | -0,56 | 0,20 |
| Pendenza | 0-15% | 15 | 1,03 | -0,34 | 0,52 | 18 | 1,42 | -0,47 | 0,83 |
| | >15-30% | 7 | 0,73 | 0,43 | 0,91 | 13 | 0,88 | 0,22 | 0,98 |
| | >30-45% | 10 | 0,32 | -0,13 | 0,07 | 21 | 0,83 | -0,14 | 0,62 |
| | >45-60% | 13 | 0,66 | 0,12 | 0,80 | 18 | 1,04 | -0,46 | 0,50 |
| | >60-130% | 10 | 1,46 | -0,99 | -0,33 | 15 | 0,92 | -0,80 | 0,02 |

Legenda: NC - non considerato.

Nota: La somma delle singole voci può non essere uguale al totale riportato in prima riga a causa della mancanza di alcuni dati nelle schede di rilievo.

Tabella 2.2 – Sintesi dell'analisi *route regression*: per ogni fattore considerato e per ciascuna specie vengono riportati il numero di aree di saggio ed il valore del coefficiente b (pendenza) dell'equazione di regressione lineare semplice. I valori positivi indicano un aumento nel tempo, valori negativi una diminuzione. In grassetto: valori significativi ($P < 0,05$).

Le condizioni complessive secondo la trasparenza mediana

La trasparenza mediana è stata calcolata per TCN, TCNN e TT e per ciascun *plot* ed anno. I valori della mediana di ciascuna combinazione *plot**anno sono stati utilizzati per ottenere l'equazione di regressione della trasparenza in funzione degli anni per ciascun *plot*. Successivamente, le singole tendenze sono state analizzate raggruppandole per strati (es. fasce di quota, aree forestali di appartenenza,..) in modo da evidenziare eventuali tendenze significative ($P=0,05$) e dove tali tendenze si manifestano. La Tabella 2.2 riporta una sintesi dei risultati ottenuti, descritti brevemente di seguito.

La condizione per specie

In generale, la distribuzione dei valori di TCN e TCNN sono significativamente diversi tra le due specie (test Kolmogorov-Smirnoff, $P < 0,01$), con valori mediani superiori nella roverella.

Nel cerro, i valori mediani di TCN aumentano significativamente ($P=0,05$) (Tabella 2.2) nel periodo esaminato, ma rimangono comunque su valori bassi (mediana: 5%). La mediana di TCNN è più alta, ma si mantiene entro i limiti dello stato di attenzione (<25%) e non mostra tendenze significative. I valori mediani di TT mostrano un *trend* crescente ($P=0,05$) tra il 1992 ed il 2001, passando da 15 a 25%.

Nella roverella, TCN mostra una tendenza significativa ($P = 0,05$) (Tabella 2.2), passando da 0 a 10%. I cambiamenti più forti sono concentrati tra il 1994 ed il 1995 e tra il 2000 ed il 2001. L'andamento della TCNN è invece più irregolare: dopo un massimo nel 1994, i valori mediani diminuiscono e negli anni successivi tornano sui livelli del 1992. Tra il 2000 ed il 2001 si assiste ad un nuovo aumento. La TT riflette i due andamenti appena descritti e mostra un lieve, anche se statisticamente significativo, aumento, essenzialmente concentrato tra il 1992-1994 e 1999-2001.

Le condizioni per area forestale

L'evoluzione della trasparenza delle chiome nelle varie aree forestali è sintetizzata in Tabella 2.2. Per il cerro, gli episodi più intensi di TCN avvengono tutti nei rilevamenti successivi al 1998. La TCN aumenta significativamente ($P = 0,05$) in molte delle aree forestali esaminate. Il valore mediano più elevato, ed il più cospicuo aumento (+15%) sono stati rilevati nelle aree del Tevere nel 2001. L'andamento della TCNN è più complesso. La media dei valori mediani di TCNN è compresa tra 10% (Tevere) e 18% (Alto Tevere), ma, a differenza della TCN, le tendenze individuano sia significative riduzioni (Monte Cucco, Coscerno Aspra), sia significativi aumenti (Alto Tevere) sia, infine, andamenti non significativi.

Complessivamente, nel periodo considerato, la TT varia tra valori minimi (media delle mediane) di 16% (Tevere) e 22% (Monte Cucco). L'andamento temporale evidenzia due casi di peggioramento significativo e due di miglioramento significativo. In particolare, il peggioramento è avvenuto nei complessi del Tevere (+20% essenzialmente dovuto all'aumento dei valori di TCN) ed Alto Tevere (+10% dovuto all'aumento dei valori di TCNN).

Per la roverella, i valori più elevati di TCN sono stati riscontrati nelle aree del Tevere, Trasimeno e Monte Cucco. I valori di TCN aumentano nel periodo 1998-2001 ed il valore annuale più elevato è stato riscontrato nell'area del Tevere nel 2001. Le tendenze mostrano significativi aumenti di TCN in tutte le aree forestali esaminate ad eccezione dell'Alto Tevere e del Subasio. I valori più elevati di

TCNN sono mediamente riscontrati nell'Alto Tevere (25,8%) ed i più bassi al Subasio (15%). Le tendenze riguardanti TCNN sono di varia natura, anche se prevalgono le diminuzioni (Coscerno, Monte Cucco, Tevere) rispetto agli aumenti (Alto Tevere). Complessivamente, la TT evidenzia una variabilità compresa tra il 21,1% di Nera Piediluco ed il 35,4% del Trasimeno. Le tendenze indicano un significativo aumento della TT al Trasimeno, essenzialmente guidato dall'aumento della TCN.

Le condizioni per forma di governo e trattamento

La Tabella 2.2 riporta la sintesi dell'evoluzione dei valori di TCN, TCNN e TT nel periodo 1992-2001 in funzione della forma di governo e trattamento. Esistono numerose analogie tra le tendenze di cerro e roverella. Per entrambe le specie è osservabile un aumento significativo ($P = 0,05$) della TCN nel ceduo matricinato e ceduo composto. La roverella mostra una tendenza significativa all'aumento di TCN anche nel ceduo semplice.

Anche la TCNN mostra tendenze simili tra cerro e roverella (Tabella 2.2). Le tendenze sono in genere non significative, con la sola eccezione del ceduo in conversione, e del ceduo matricinato, la cui TCNN diminuisce. Può essere interessante notare che la categoria ceduo in conversione è stata rilevata solo nell'area forestale dell'Alto Tevere, una zona dove sia cerro che roverella hanno mostrato significative tendenze al peggioramento. Le tendenze dei valori di TT indicano un aumento complessivo della trasparenza della chioma in quasi tutte le categorie colturali esaminate. Tuttavia, tale andamento è significativo solo nel ceduo composto (cerro e roverella) e ceduo in conversione (solo roverella) ed è essenzialmente dovuto all'aumento della componente non spiegabile dei valori di trasparenza.

Le condizioni in funzioni degli aspetti stagionali

Altitudine

Complessivamente, i valori mediani di TCN e TCNN nel periodo 1992-2001 sono simili per varie

fasce di quota. Tuttavia, analizzando i trend 1992-2001, sono osservabili alcune caratteristiche interessanti (Tabella 2.2). Nel cerro, la TCN aumenta significativamente ($P = 0,05$) negli alberi localizzati alle quote inferiori a 350 m slm, tutte situate nell'area forestale del Trasimeno. La TCNN mostra tendenze significative alle quote 250-350 m slm e 450-550 ($P = 0,05$), situazioni in cui si ha anche un'aumento significativo della TT.

Nella roverella, la TCN aumenta significativamente ($P = 0,05$) negli alberi localizzati sotto i 650 m e sopra gli 750 (Tabella 2.2). Gli aumenti di TCN sono più elevati nella fascia di quota più bassa (250-350 m slm). Nessuna tendenza significativa è invece evidente per la TCNN. La TT aumenta significativamente nei *plot* situati sotto i 450 m slm.

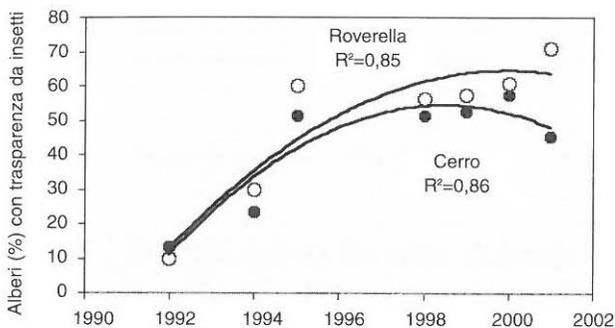
Esposizione

Sia per il cerro che per la roverella le condizioni complessive migliori sono state rilevate nelle stazioni in piano e le condizioni peggiori nelle esposizioni da Est a Sud ($>45^\circ-225^\circ$). In dettaglio, nel cerro TCN e TCNN sono più elevate nelle esposizioni a Sud; nella roverella, TCN e TCNN sono più elevate nelle esposizioni ad Est. A queste esposizioni corrispondono anche i maggiori tassi d'incremento annuale per la TCN (Tabella 2.2), peraltro risultati significativi anche per altre esposizioni a conferma del diffuso aumento dell'azione di agenti identificabili di danno.

Pendenza

Per il cerro, i valori più elevati di TCN, TCNN e TT si ritrovano nelle condizioni di maggiore pendenza. Per la roverella, non sono evidenti comportamenti particolari: i valori di TCN, TCNN e TT sono distribuiti senza regolarità di sorta tra le varie classi di pendenza.

Analizzando le tendenze per ciascuna classe di pendenza (Tabella 2.2), si nota un'aumento significativo ($P = 0,05$) dei valori di TCN, particolar-



Legenda: cerchi vuoti = roverella; cerchi pieni = cerro.

Figura 2.3 - Frequenza (%) di alberi con trasparenza della chioma attribuibile (tutta od in parte) all'azione degli insetti. Le due curve rappresentano polinomi di secondo ordine.

mente frequente nella roverella, più raro nel cerro. I valori di TCNN, al contrario non mostrano mai andamenti significativi, con la sola eccezione della classe di pendenza più elevata nella roverella. La TT aumenta significativamente solo nelle stazioni a bassa pendenza.

Il ruolo di insetti e funghi

Insetti e funghi sono gli agenti di danno più frequentemente rilevati sulle piante esaminate e ad essi è stata attribuita in maniera quasi esclusiva la TCN rilevata. Tuttavia, anche tra insetti e funghi esiste una considerevole diversità di frequenza di casi positivi: nel periodo esaminato, gli effetti dell'azione dei funghi sono stati identificati (senza tuttavia riportare il nome del patogeno) su meno del 3% dei cerri e del 6% delle roverelle. Viceversa, l'azione degli insetti (nella maggioranza dei casi processionaria) è stata rilevata in percentuali spesso superiori al 50%, con una netta tendenza all'aumento dal 1992 al 2001 (Figura 2.3). Occorre considerare che l'andamento rappresentato in Figura 2.3 può essere soggetto ad una distorsione dovuta ad una crescente esperienza dei rilevatori ed ad una loro maggiore attenzione nella valutazione dei sintomi attribuibili agli insetti. D'altra parte, i controlli di campagna hanno invece evidenziato che esiste una tendenza alla sottostima della trasparenza attribuibile agli insetti.

Conclusioni

Le condizioni di cerro e roverella sono state esaminate mediante 7 indagini successive negli anni 1992, 1994, 1995, 1998, 1999, 2000 e 2001. In totale, considerando il campione comune 1992-2001 di 1923 alberi sono state condotte 13461 osservazioni per ciascuna variabile osservata, tra cui la trasparenza della chioma attribuibile a cause evidenti (TCN) e quella non spiegabile (TCNN). Su queste due variabili, e sulla loro somma, la trasparenza totale (TT), sono state condotte le elaborazioni riportate in questo contributo. I dati sono stati riferiti sia secondo il sistema categoriale (categorie diseguali di trasparenza) che secondo i valori mediani.

I principali risultati relativi al periodo esaminato sono:

- la roverella è in condizioni complessive peggiori del cerro, sia per quanto riguarda la TCN che la TCNN;
- per entrambe le specie, la TCN aumenta significativamente. Questo aumento è essenzialmente determinato dagli attacchi di defogliatori riscontrato negli ultimi anni in varie aree forestali della regione. Il ruolo di una maggiore accuratezza diagnostica da parte dei rilevatori negli ultimi anni di rilievo non può essere escluso, anche se le risultanze dei controlli di qualità evidenziano - semmai - una tendenza alla sottostima di TCN. A conferma delle generalità dell'aumento di TCN, esso è stato registrato in diverse aree forestali, categorie colturali, classi di pendenza ed esposizione. Nel cerro l'aumento è confinato alle quote più basse, mentre nella roverella è diffuso a praticamente tutte le quote;
- per entrambe le specie, la TCNN mostra in genere *trend* non significativi: fanno eccezione il cerro e la roverella nell'Alto Tevere (aumento), il cerro e la roverella nel Coscerno ed al Monte Cucco (diminuzione) e la roverella nel complesso del Tevere (diminuzione). In genere, nel periodo esaminato, la TCNN aumenta alle quote tra i 650 ed i 750 m e nei cedui in conversione, mentre diminuisce nei cedui matricinati. Nel cerro la TCNN aumenta alle quote <450 m slm senza distinzione tra categorie di esposizione e pendenza. Nella

roverella la TCNN diminuisce nelle pendenze più elevate;

- nel complesso, sia per il cerro che per la roverella, si assiste ad un aumento significativo dei valori di TT, evidente nei cedui in conversione, alle quote più basse e nelle classi di pendenza <15%. In particolare, per il cerro i valori di TT aumentano significativamente presso l'Alto Tevere ed il Trasimeno e diminuiscono significativamente presso i complessi del Monte Cucco e del Coscerno Aspra. Per la roverella, l'aumento significativo è presso il complesso del Trasimeno.

Un dato importante, in quanto incorporato negli indicatori di GFS è l'andamento della proporzione di piante con trasparenza >25% negli ultimi 5 anni. Considerando il periodo 1998-2001, si assiste ad un aumento di questa proporzione in entrambe le specie, ma nettamente più marcato nel cerro. I risultati conseguiti indicano quindi una dinamica delle condizioni delle specie quercine che varia in maniera diversa a seconda delle condizioni stazionali e colturali. Negli ultimi anni il ruolo degli agenti causali riconoscibili, ed in primo luogo degli insetti, appare assumere una certa rilevanza. Se questo testimonia una buona efficienza del sistema di monitoraggio nell'identificare e localizzare fenomeni emergenti, rappresenta anche una conferma della necessità di mantenere un servizio permanente di sorveglianza delle foreste.

Ringraziamenti. I risultati esposti in questa sezione sono basati su dati raccolti in campagna da numerosi colleghi il cui lavoro e la cui collaborazione sono stati essenziali per la buona riuscita dell'indagine. Vogliamo quindi ringraziare i tecnici delle Comunità Montane (Alto Chiascio, Alto Tevere Umbro, Amerino e Croce di Serra, Monte Peglia e Selva di Meana, Monti Martani e del Serrano, Monte Subasio, Spoleto, Monti del Trasimeno, Valnerina) che hanno operato nel progetto con professionalità e disponibilità. Si ringrazia il direttore del Parco regionale del Monte Subasio per l'ospitalità concessa durante i corsi di intecalibrazione per le campagne di rilevamento delle condizioni delle querce negli anni 1998, 1999, 2000 e 2001.

Bibliografia

- ALLAVENA S., ISOPI R., PETRICCIONE B., POMPEI E. (a cura di), 2001 - **Programma nazionale integrato per il controllo degli ecosistemi forestali**. Secondo rapporto - 2000. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, Direzione generale delle Risorse Forestali, Montane ed Idriche, Corpo Forestale dello Stato: 167 pp.
- CENNI E., FERRETTI M., GALEOTTI L., 1995a - **Condizione degli alberi nei complessi forestali dell'Alto Tevere, Coscerno Aspra, Monte Cucco, Nera Piediluco, Subasio, Tevere, Trasimeno. Rapporto 1994**. Regione dell'Umbria, Area Operativa Agricoltura e Foreste, Ufficio Foreste ed Economia Montana, 46 pp.
- CENNI E., COZZI A., FERRETTI M., BUSSOTTI F., 1995b - **Valutazione delle condizioni degli alberi. Manuale di campagna per le aree di Livello I**. Regione Toscana, Dipartimento Agricoltura e Foreste, Servizio 5, Sviluppo Agricolo e Forestale: pag.126.
- CENNI E., FERRETTI M., PALLICCA P., 1996 - **Condizione degli alberi nei complessi forestali dell'Alto Tevere, Coscerno Aspra, Monte Cucco, Nera Piediluco, Subasio, Tevere, Trasimeno. Rapporto 1995**. Regione dell'Umbria, Area Operativa Agricoltura e Foreste, Ufficio Foreste ed Economia Montana: 48 pp.
- CLAUSER F., BOTTACCI A., BROGI L., BUSSOTTI F., CENNI E., FERRETTI M., GELLINI R., GROSSONI P., SCHIFF S., 1988 - **Danni forestali di nuovo tipo. Inventario sul Demanio regionale della Toscana e su foreste di particolare interesse regionale**. Quaderni di Toscana Notizie, 3: pp.51.
- ELZINGA CL., SALZER DW., WILLOUGHBY JW., GIBBS JP., 2001 - **Monitoring plant and animal population**. Blackwell Science, Malden, Massachusetts, USA: 337 pp.
- FERRETTI M., 1994a - **La valutazione dello stato dei boschi come esperienza integrata di monitoraggio ambientale**. In: Gasparo, D., e Zappa, L., (a cura di), Atti del seminario: Organismi come Bioindicatori Ambientali, Trieste, Italy, November 4, 1994: 133-157.
- FERRETTI M. (a cura di), 1994b - **Mediterranean Forest Trees - A Guide for Crown Assessment**. CEC/UN-ECE, Bruxelles, Geneva, 17 pp + annessi fotografici.
- FERRETTI M. (a cura di), 2000 - **Integrated and Combined (I&C) evaluation of intensive monitoring of forest ecosystems in Italy - Concepts, Methods and First Results**. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Special Issue, anno 1999, 3: 156 pp.
- FERRETTI M., CENNI E., COZZI A., 1999 - **Condizione degli alberi in Umbria nel periodo 1992-1995**. In: Regione dell'Umbria (a cura di) - **Analisi di metodologie integrate per la misurazione dei danni cagionati alle foreste in ambiente sub-mediterraneo**. Progetto regionale 1992-96. Relazione finale: 9-27.
- GROHMANN F., FERRETTI M., FRATTEGANI M., SAVINI P., 2002 - **Trattamenti selvicolturali per il recupero e mantenimento di foreste degradate: il progetto TraSForM**. In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P. (a cura di) (2002) - **Il Progetto TraSForM**: 15-19.
- INNES J.L., 1990 - **Assessment of Tree Condition**. Forestry Commission Field Book 12. HMSO London.
- INNES J.L., 1993 - **Forest Health: Its Assessment And Status**. Commonwealth Agricultural Bureau, Wallingford, 677 pp.
- INNES J. L., BOSWELL R. C., 1990 - **Reliability, presentation, and relationships among the data from inventories of forest condition**. Can. J. For. Res., 20: 790-799.
- INNES J. L., LANDMANN G., METTENDOR B., 1993 - **Consistency of observation of forest tree defoliation in three european countries**. Environmental Monitoring and Assessment 25: 29-40.
- LORENZ M., MUES V., BECHER G., SEIDLING W., FISCHER R., LANGOUCHE D., DURRANT D., BARTELS U., 2002 - **Forest condition in Europe. Results of the 2001 large-scale survey**. EC and UN/ECE, Brussels, Geneva: 99 ps + annexes.
- MOSELLO R., PETRICCIONE B., MARCHETTO A., 2002 - **Long-term ecological research in Italian forest ecosystems**. Journal of Limnology, 61 (suppl. 1): 162 pp.

Il disegno sperimentale del progetto TraSFoRM

P. Cantiani⁽¹⁾
 M. Ferretti⁽²⁾
 M. Frattegiani⁽²⁾
 F. Grohmann⁽²⁾
 P. Savini⁽²⁾

(1) Istituto Sperimentale per la Selvicoltura • Arezzo

(2) Regione dell'Umbria • Perugia

Abstract. *THE EXPERIMENTAL DESIGN OF THE TraSFoRM PROJECT. Coppicing with release of individual standards is the most frequent silviculture treatments for the oak forests in Umbria, central Italy. The aim of the project TraSFoRM is to compare the usual individual standard release practice with a release by clusters of standards. To accomplish this task, an experimental site was selected within which experimental plots were installed and the experiment carried out. This paper reports about the (i) criteria used to select the site, (ii) the experimental design, (iii) the characteristic of the plots, (iv) the treatments applied and (v) the response indicators adopted to monitor the effects of treatments.*

Key words. *Coppice, deciduous oaks, experimental design, Umbria (Italy).*

Riassunto. La ceduzazione con matricinatura semplice è la forma di trattamento più diffusa per i cedui di quercia in Umbria. Lo scopo del progetto TraSFoRM è quello di comparare la tradizionale matricinatura semplice con una matricinatura per gruppi. Per questo scopo è stato condotto uno studio in un sito sperimentale. Questo articolo riferisce su (i) metodi di selezione del sito, (ii) disegno dello studio, (iii) caratteristiche dei *plot* sperimentali, (iv) trattamenti applicati e (v) gli indicatori di risposta adottati per valutare gli effetti dei trattamenti.

Parole chiave. Ceduo, disegno sperimentale, querce decidue, Umbria.

I boschi cedui di specie quercine decidue costituiscono una grossa parte del patrimonio forestale dell'Umbria, rappresentando circa il 51% dell'intera superficie forestale regionale. Attualmente, la forma più diffusa di trattamento di questi boschi è rappresentata dalla matricinatura semplice. Negli ultimi decenni, numerosi documenti internazionali hanno proclamato l'importanza di valutare i sistemi di gestione forestale considerando le necessità di tutela ambientale e soprattutto il ruolo delle foreste sul bilancio globale del carbonio e sul mantenimento della biodiversità. Sulla base di tali documenti è divenuta particolarmente importante una valutazione oggettiva delle diverse forme di trattamento selvicolturale, aumentando di conseguenza la necessità di possedere dati di buona qualità per valutare la correttezza delle scelte gestionali (FERRETTI e CHERUBINI, 1998).

Scopo del progetto TraSFoRM è proprio quello di valutare comparativamente gli effetti indotti sull'e-

cosistema bosco sia dalla matricinatura semplice che da altri trattamenti, identificando nella matricinatura per gruppi il modello culturale realisticamente più proponibile tra quelli alternativi possibili (GROHMANN *et al.*, 2002; FAVERO, 1852; DE BERENGER, 1887; PERONA, 1891; PERRIN, 1954; CIANCIO *et al.*, 1983; PIUSSI, 1994).

In questo contributo vengono descritti i criteri di selezione del sito sperimentale, le caratteristiche dei *plot*, i trattamenti effettuati e gli indicatori successivamente utilizzati per valutare la risposta del sistema ai trattamenti.

Disegno complessivo

L'ipotesi iniziale mira a verificare se l'applicazione di trattamenti diversi in boschi degradati porti a risposte differenti dei diversi compartimenti dell'ecosistema bosco. L'opzione sperimentale adottata prevede di verificare gli effetti di trattamenti diversi sullo stesso materiale sperimentale (bosco degradato in condi-

zioni omogenee) e monitorarne gli effetti nel tempo, prima e dopo il trattamento, su aree trattate ed aree di controllo (FERRETTI *et al.*, 1999).

Dal punto di vista formale, la sperimentazione è classificabile come uno studio *Before-After Control-Impact* (BACI, STEWART-OATEN, 1996; SMITH, 2002; UNDERWOOD, 1994), cioè uno studio in cui vengono comparate le condizioni di una determinata entità ambientale prima e dopo un intervento, mantenendo comunque un controllo nelle stesse condizioni pre-intervento. In questa prospettiva, il trattamento viene considerato come un impatto di cui valutare gli effetti. Secondo i criteri di progettazione degli esperimenti (*Design of Experiments*, DOE, DE RISI, 1996; UNDERWOOD, 1994), occorre analizzare in dettaglio i requisiti statistici necessari per poter ottenere una progettazione robusta dell'esperimento in termini di repliche, numerosità campionarie, orizzonte temporale da indagare.

Purtroppo, in un ambiente naturale come quello dei boschi cedui umbri, esistono numerose limitazioni all'implementazione di un disegno sperimentale che soddisfi pienamente tutte le esigenze formali. In particolare, il reperimento di condizioni omogenee o circa-omogenee su scale spaziali adeguate risulta problematico. Lo schema sperimentale proposto è quindi un compromesso tra quanto desiderabile e quanto consentito dalla realtà forestale e dalle disponibilità finanziarie del progetto. Sono previsti due blocchi sperimentali (1, 2), con due trattamenti (A, B) e un controllo (C) per ciascun blocco. Le misurazioni sono state pianificate sia prima che dopo l'effettuazione degli interventi e riguardano una serie di indicatori riferiti alla componente arborea e alla fitocenosi nel suo complesso, alle caratteristiche bio-chimiche del sistema ed alle precipitazioni. Nella pratica, non tutte le misurazioni sono state effettivamente svolte prima e dopo l'intervento: i singoli contributi della sezione 4 di questo volume chiariranno cosa è stato fatto dalle varie indagini.

Selezione ed individuazione del sito sperimentale

Fase di selezione dell'area

La selezione del sito sperimentale è stata effet-

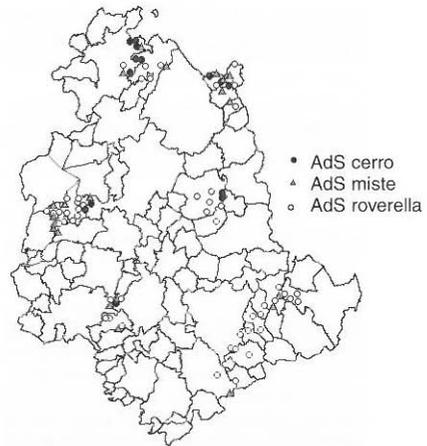


Figura 3.1 - Aree considerate per la selezione del sito sperimentale.

tuata sulla base di una serie di analisi preliminari e in particolare dei risultati derivati dall'analisi sulla condizione dei boschi e degli alberi nelle aree forestali demaniali e nei parchi regionali dell'Umbria (REGIONE DELL'UMBRIA, 1999). Sono state esaminate le caratteristiche delle aree di saggio (AdS) realizzate per tale scopo e sottoposte a rilievo negli anni 1992, 1994 e 1995. Dal campione iniziale di 200 AdS ne sono state selezionate 96, in cui la presenza di cerro e/o roverella risultasse superiore al 75% del numero di piante rilevate (FERRETTI *et al.*, 2002). Sono state successivamente escluse le AdS che mancavano di consequenzialità temporale per il triennio considerato, riducendo la selezione a 89 AdS (Figura 3.1).

Le AdS prese in considerazione sono state ulteriormente ridotte attraverso l'individuazione di *plot outliers* in relazione alla trasparenza della chioma, selezionando le AdS con condizioni di deperimento più gravi. Gli *outliers* complessivamente individuati sono 14, ai quali è stata applicata un'ulteriore selezione sulla base di:

- caratteristiche desiderabili
 - omogeneità tra tipologia fisionomica della AdS con il tipo fisionomico della sezione forestale in cui ricade, sulla base dei dati della Carta Forestale Regionale,

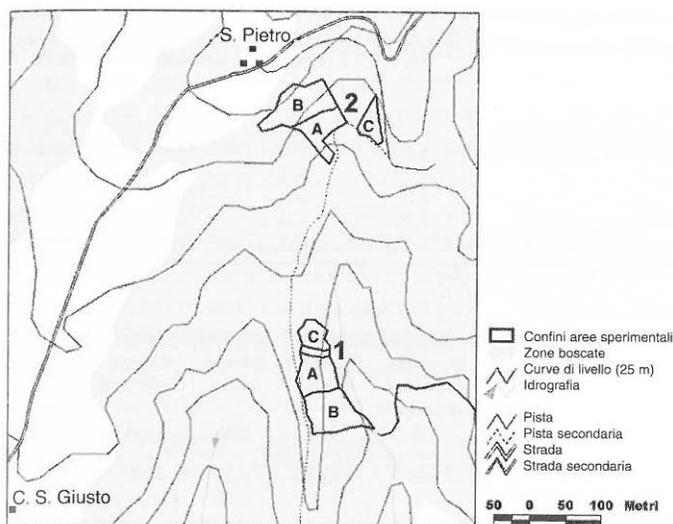


Figura 3.2 - Organizzazione delle aree e dei blocchi sperimentali.

- proprietà pubblica,
- caratteristiche non desiderabili,
 - formazioni in fase di rinnovazione,
 - formazioni con funzione protettiva.

I tre *outliers* selezionati sono rappresentati da due AdS a prevalenza di roverella e da una AdS mista di roverella e cerro, situati rispettivamente nei complessi territoriali dell'Alto Tevere e del Coscerno - Aspra. È stato valutato ottimale localizzare i *plot* sperimentali nel complesso territoriale dell'Alto Tevere in quanto i due *outliers* individuati che vi ricadono:

- sono simili per composizione specifica alle formazioni boscate che hanno maggiore diffusione sul territorio regionale;
- ricadono nel Patrimonio Agroforestale regionale;
- identificano un ambito territoriale geograficamente circoscritto ed omogeneo per gli aspetti climatici e geo-litologici;
- nell'ambito territoriale individuato ricade un'altra AdS, a prevalenza di roverella, che presenta un valore mediano di trasparenza totale al limite della soglia di individuazione degli *outliers*.

Fase di individuazione del sito

A seguito della selezione dell'ambito territoriale più

idoneo si è proceduto a individuare i *plot* sperimentali attraverso l'analisi di foto aeree all'infrarosso falso colore del 1997, e successivo sopralluogo a terra.

L'analisi fotointerpretativa è stata condotta per individuare superfici boscate con condizioni di deperimento delle chiome simili ai due *outliers* selezionati. Sono stati considerati l'alterazione della ramificazione e l'intensità/diffusione delle alterazioni cromatiche quali principali elementi associati alla condizione delle chiome e quindi a condizioni di stress dei popolamenti forestali, analizzando la struttura

secondaria del piano delle chiome ed in particolare i caratteri di struttura fine e tessitura.

Il sopralluogo a terra ha consentito di delimitare fisicamente le aree sperimentali verificandone l'omogeneità negli aspetti stazionali e selvicolturali.

Caratteristiche del sito e delle aree sperimentali

Il sito di studio è stato quindi individuato nei boschi governati a ceduo situati in località S. Pietro, nel comune di Pietralunga (Perugia). L'area è inserita all'interno di un vasto comprensorio forestale di proprietà regionale, gestito dalla Comunità Montana Alto Tevere Umbro, e si estende nella parte nord-occidentale dell'Appennino Umbro marchigiano. I boschi selezionati risultano costituiti da latifoglie decidue mesofile, con prevalenza di roverella e/o cerro, con età superiore al turno minimo previsto dalla normativa forestale per questo tipo di formazioni. Le matricine presenti non superano i tre turni e il loro numero è compreso tra 200 e 250 piante ad ettaro. Nel mese di Giugno 1999 sono state materializzate a terra le aree sperimentali con rilievo topografico speditivo, identificate e cartografate. Come specificato precedentemente, i *plot* sperimentali sono organizzati in due blocchi, separati da

| Blocco e trattamento | Tipologia di trattamento | Superficie (m ²) | Altitudine media (m s.l.m.) | Esposizione prevalente | Pendenza media (%) |
|----------------------|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|
| 1A | Ceduazione con matricinatura regolarmente distribuita | 2.500 | 625 | ENE | 80% |
| 1B | Ceduazione con matricinatura distribuita per gruppi | 4.200 | 613 | ENE | 56% |
| 1C | Nessun intervento (controllo) | 1.200 | 628 | E | 66% |
| 2A | Ceduazione con matricinatura regolarmente distribuita | 2.300 | 684 | SSE | 49% |
| 2B | Ceduazione con matricinatura distribuita per gruppi | 4.000 | 704 | SE | 64% |
| 2C | Nessun intervento (controllo) | 1.200 | 691 | SSO | 42% |

Tabella 3.1 - Principali caratteristiche delle parcelle sperimentali.

| Blocco | Età dei polloni (anni) | Numero totale alberi (N-ha ⁻¹) | Numero delle matricine (N-ha ⁻¹) | Area basimetrica (m ² -ha ⁻¹) | Numero delle ceppaie (N-ha ⁻¹) | N° medio di polloni per ceppaia (N) | Diametro medio (cm) | Altezza media (m) | Altezza dominante (m) | Volume (m ³ -ha ⁻¹) |
|----------|------------------------|--|--|--|--|-------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--|
| Blocco 1 | 42 | 7650 | 228 | 29,27 | 4389 | 1,9 | 6,98 | 6,69 | 9,42 | 123,6 |
| Blocco 2 | 17 | 5753 | 230 | 15,52 | 3183 | 2,0 | 5,86 | 5,66 | 8,08 | 57,3 |

Tabella 3.2 - Principali caratteristiche dendrometriche dei popolamenti prima dell'intervento.

| Blocco | Numero totale alberi (N-ha ⁻¹) | Numero delle matricine (N-ha ⁻¹) | Area basimetrica (m ² -ha ⁻¹) | Numero delle ceppaie (N-ha ⁻¹) | N° medio di polloni per ceppaia (N) | Diametro medio (cm) | Altezza media (m) | Altezza dominante (m) | Volume (m ³ -ha ⁻¹) |
|--------|--|--|--|--|-------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--|
| 1A | 17% | 5% | -5% | 5% | 8% | -10% | 2% | 6% | 2% |
| 1B | -3% | -7% | 8% | -4% | 3% | 5% | -7% | -6% | 1% |
| 1C | -4% | 10% | -10% | 4% | -8% | -3% | 5% | 0% | -3% |
| 2A | -5% | 5% | -4% | -4% | -3% | 1% | 0% | -9% | -3% |
| 2B | 5% | 4% | 7% | 4% | 2% | 1% | 1% | -10% | 8% |
| 2C | -5% | -9% | -10% | -5% | -3% | -2% | -1% | 0% | -12% |

Tabella 3.3 - Differenze percentuali tra i valori medi del blocco e i valori medi nelle varie parcelle, relative ai principali caratteri dendrometrici dei popolamenti.

una zona tampone (Figura 3.2). Confini del sito, dei *plot*, dei *subplot* e dei vari punti di misurazione sono stati georeferenziati in modo da permettere il mantenimento del sito sperimentale anche nel futuro.

Caratteristiche stazionali e dendrometriche

Clima

L'analisi dei dati relativi alle precipitazioni del periodo 1960-1996 consente di classificare la stazione pluviometrica di Pietralunga in base agli ombroclimi e agli indici di stress da aridità di Mitrakos come ombrotipo Umido inferiore, con precipitazioni medie annuali di 1.092 mm e precipitazioni medie estive di

190,7 mm (VENANZONI *et al.*, 1997).

Suolo

Per quanto riguarda gli aspetti pedologici (SANESI, *com. pers.*), le analisi effettuate mostrano una relativa omogeneità dei suoli presenti, con valori di pH compresi tra 7,19 e 7,97, contenuto di carbonio organico tra 0,92% e 7,13% (a seconda dell'orizzonte), contenuto in azoto tra 0,14% e 0,46%. Dal punto di vista strutturale, i valori medi riscontrati mostrano un contenuto di sabbia del 18%, mentre il limo e l'argilla sono rispettivamente pari al 50,3% e al 31,8%, con percentuali di argilla significativamente inferiori nei *plot* 2C e 2B.

Superfici ed aspetti dendrometrici

In Tabella 3.1 sono riportate le superfici e le caratteristiche topografiche dei vari *plot* sperimentali. Le differenze esistenti tra le dimensioni delle diverse tipologie di trattamento sono dovute alla necessità di avere una maggiore estensione per concretizzare l'intervento di matricinatura per gruppi, mentre si è ritenuto necessario, viste le limitate disponibilità di spazio, ridurre le dimensioni delle aree testimone. Per limitare gli effetti ecotoni, più marcati nel caso di confine tra bosco utilizzato e bosco non utilizzato, le due parcelle sottoposte a intervento selvicolturale sono state collocate in zone contigue, mentre è stata rilasciata una fascia di rispetto tra parcelle utilizzate e parcelle testimone.

L'analisi dei principali parametri dendrometrici evidenzia, in relazione ai popolamenti dei due blocchi, che il bosco presente nel blocco 2 risulta più giovane, con piante meno numerose e più piccole. Anche l'altezza dominante risulta sensibilmente inferiore rispetto al bosco situato nel blocco 1 (Tabella 3.2).

Il numero di polloni per ettaro è alquanto elevato nel blocco 1, soprattutto se si considera l'età del popolamento; ciò è dovuto prevalentemente all'elevata densità di ceppaie registrata (4.389 ceppaie per ettaro). La mortalità è marcata in entrambi i blocchi, con un numero medio di polloni per ceppaia uguale o inferiore a 2,0.

Vegetazione

La cenosi forestale presente nell'area è rappresentata dall'associazione *Aceri obtusati - Quercetum cerridis*, tipica dell'Appennino Umbro-Marchigiano, in territori medio collinari e submontani a quote generalmente comprese tra 400 e 800 m (BIONDI *et al.*, 1988). In particolare, nel blocco 2, in situazione di particolare aridità e su suolo poco evoluto è presente la variante a *Quercus pubescens* (APRUZZESE *et al.*, 2002). Senza entrare nel dettaglio dell'analisi vegetazionale, è possibile osservare la maggiore presenza di carpino nero e ornello nel blocco 1, sia in termini numerici che di area basimetrica, mentre nel blocco 2 prevalgono cerro, roverella e *Quercus dalechampii*.

Per quanto riguarda la variabilità presente all'interno dei blocchi e dei *plot* sperimentali, la Tabella 3.3 indica le variazioni percentuali dei valori medi rilevati nelle diverse parcelle rispetto ai valori medi del blocco. Le differenze sono generalmente contenute entro il $\pm 10\%$; fa eccezione, in particolare, il numero di piante presenti nella parcella 1A, che con un valore pari a 8.918 piante ad ettaro supera del 17% il valore medio del blocco 1. La variabilità della composizione specifica all'interno dei blocchi mostra una relativa omogeneità all'interno del blocco 2, mentre le parcelle 1A e 1B si differenziano dalla parcella 1C per la maggiore presenza di carpino nero e per la minore diffusione della roverella.

Trattamenti applicati

I trattamenti applicati sono riconducibili al ceduo con matricinatura semplice e al ceduo con matricinatura per gruppi. Per la definizione dei trattamenti si è fatto riferimento alle prescrizioni di massima e polizia forestale in vigore al momento dell'intervento (Regolamento regionale n.1 del 8.06.1981). Queste norme prevedono per i cedui, a prevalenza di querce, un turno minimo di 14 anni ed un numero minimo di matricine pari a 83 ad ettaro. Le piante rilasciate possono avere una distribuzione spaziale sia uniforme, nel ceduo semplicemente matricinato, sia per gruppi purché situati a distanze inferiori ai 20 m. In dettaglio, la scelta dei gruppi di matricine è stata effettuata in funzione di pochi certi parametri quali: la presenza di piante di ancoraggio del gruppo che dimostravano sufficienti garanzie di stabilità; il rilascio di gruppi a presidio di microstazioni particolarmente sfavorevoli (dossi, salti di pendenza); la valorizzazione di specie di pregio. In entrambi i blocchi è stato mantenuto un rapporto costante tra le piante dominanti rilasciate nei due trattamenti applicati.

Il numero di matricine rilasciate nel trattamento con matricinatura uniforme è pari a 159 piante ha⁻¹ nel blocco 1 e 201 piante ha⁻¹ nel blocco 2, dove le piante risultavano avere dimensioni minori.

Per quanto riguarda i trattamenti con matricinatu-

ra per gruppi, il numero di piante dominanti rilasciate risulta pari a 132 nel blocco 1 e a 168 nel blocco 2 (valori riferiti a ettaro).

Complessivamente, sono stati rilasciati 48 gruppi ha⁻¹ nel blocco 1 e 45 gruppi ha⁻¹ nel blocco 2.

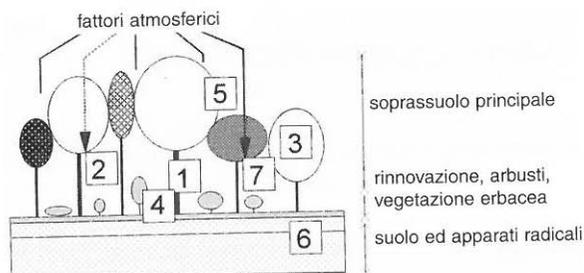
Per quanto riguarda invece la quantità di legname asportato, i valori registrati nel blocco 1 sono pari a 102,3 m³ ha⁻¹ per il trattamento con matricinatura uniforme e 98,55 m³ ha⁻¹ per il trattamento con matricinatura per gruppi. Nel blocco 2 sono stati asportati rispettivamente 34,25 e 39,89 m³ ha⁻¹.

Definizione degli indicatori di risposta

Per definire gli indicatori da utilizzare è importante stabilire prima teoricamente su quali entità e compartimenti dell'ecosistema dovrebbero manifestarsi gli effetti dei trattamenti. Sostanzialmente gli interventi avranno, seppure con diversa intensità, il risultato di diminuire la densità del soprassuolo su uno o più piani di copertura. Tale azione dovrebbe avere effetti:

- sui soggetti rilasciati, sui quali sono attese variazioni di accrescimento e di condizioni vegetative;
- sulla rinnovazione, incluso quella agamica;
- sulle condizioni fisiche dell'ambiente, essenzialmente dovute ad una maggiore irradiazione del/dal suolo, ad una minore intercettazione delle precipitazioni e ad una maggiore penetrazione dei venti;
- sulle condizioni chimiche dell'ambiente, in cui la disponibilità di nutrienti viene modificata a seguito della diminuita competizione e dall'instaurarsi di processi che possono modificare la mineralizzazione di sostanza organica;
- sulla vegetazione erbacea ed arbustiva o comunque sottoposta, che si viene a trovare in condizioni di competizione notevolmente alterate;
- sulla diversità dell'area di studio;
- sulla fenologia delle varie specie vegetali in conseguenza delle mutate condizioni fisiche e chimiche dell'ambiente di crescita.

Le categorie di misurazioni individuate sono state



Legenda: 1 - incrementi; 2 - indice di area fogliare; 3 - stato delle chiome; 4 - diversità e rinnovazione; 5 - indici fogliari e chimica delle foglie; 6 - chimica del suolo; 7 - afflussi meteorici.

Figura 3.3 - Rappresentazione schematica di alcune possibili entità bersaglio per la valutazione di cambiamenti indotti dagli interventi.

le seguenti (Figura 3.3):

- misurazioni dirette alla valutazione di stato e tendenze del soprassuolo principale (i rilievi nelle aree trattate): rilievi dendrometrici, produttività delle chiome, condizione e fenologia degli alberi;
- misure dirette alla valutazione di stato e tendenze della cenosi: fitosociologia, diversità, rinnovazione e mortalità dei ricacci;
- misure dirette alla valutazione di stato e tendenze delle caratteristiche chimiche delle aree sperimentali: biochimica del suolo, chimica delle foglie degli alberi del soprassuolo principale;
- misure dirette alla valutazione di stato e tendenze dell'intercettazione delle precipitazioni: flussi sottochioma (*throughfall*).

Misurazioni dirette alla valutazione di stato e tendenze del soprassuolo principale

Rilievi dendrometrici

1. cavallettamento totale e/o misure di circonferenza dei soggetti presenti entro il perimetro di ciascuna area,
2. misura delle altezze,
3. misura dell'ampiezza della chioma.

Misura della produttività delle chiome

1. Leaf Area Index,
2. indici fogliari: peso fresco, peso secco, area fogliare,

3. accrescimenti annuali dei rametti: lunghezza, numero di foglie per rametto.

Condizioni e fenologia degli alberi

1. Osservazione visive di stato della chioma: trasparenza spiegabile e non spiegabile, tipo e diffusione di alterazioni cromatiche, tipo di ramificazione, danni alle foglie da agenti identificabili, rami epicormici, rami di sostituzione sulla chioma, deformazioni fogliari, dimensioni delle foglie, fioritura e fruttificazione, azione di insetti, funghi, piante parassite, eventi meteorici, danni meccanici.

2. Osservazioni visive sulla fenologia: fase vegetativa (rigonfiamento gemme, apertura gemme, distensione lamina fogliare, pieno sviluppo fogliare, viraggio colore, caduta foglie), fase riproduttiva (comparsa amenti, sviluppo amenti, fioritura, allegazione, sviluppo del frutto, dispersione semi).

Misure dirette alla valutazione di stato e tendenze della cenosi

Censimento della rinnovazione e mortalità

1. Individuazione della rinnovazione sia da seme che agamica: conteggio e/o stima piantine e polloni per ceppaia; valutazione del loro stato e vigore.

2. Individuazione degli individui morti: conteggio e/o stima piante morte.

Fitosociologia, biodiversità

1. Identificazione su base campionaria delle specie presenti per ciascuno strato.

2. Stima del numero di specie e della copertura ed altezza per strato erbaceo, arbustivo, arboreo.

Misure dirette alla valutazione di stato e tendenze delle caratteristiche chimiche

1. Chimica fogliare: analisi di N, S, P, Ca, K, Mg nelle foglie di alberi di cerro e roverella situati nel piano dominante (inclusi i codominanti).

2. Bio-chimica del suolo: analisi di pH (CaCl_2), C organico, N totale, CaCO_3 (se il pH è >6), acidità scambiabile, cationi scambiabili, capacità di scambio cationico, saturazione in basi, umidità, respirazione, sostanza organica, biomassa micro-

bica, attività nitrificante, perdite di $\text{N-N}_2\text{O}$, in campioni di suolo prelevati a varie profondità e/o orizzonti (non tutte le analisi vanno eseguite in tutti gli orizzonti); analisi dei flussi di CO_2 dal suolo.

Misure dirette alla valutazione di stato e tendenze dell'intercettazione delle precipitazioni

1. Stime dei flussi sottochioma: misurazioni di *throughfall*.

I metodi di riferimento relativi alle varie indagini che fanno già parte del Regolamento UE 3528/86 e seguenti sono quelli dei protocolli internazionali, dettagliati nei vari contributi e in BFH (1998). I metodi per indagini non comprese nel protocollo UE e UN/ECE sono specificati in protocolli messi appunto tra singoli gruppi di esperti.

Le misurazioni descritte sono state effettuate sia nelle aree trattate che nelle aree di controllo, in genere sia prima che dopo il trattamento, avvenuto nell'inverno 2000. I singoli contributi della sezione 4 di questo volume forniscono i dettagli in proposito.

Conclusioni

Il progetto TraSFoRM è stato pensato per ottenere informazioni utili per orientare le scelte colturali in boschi in condizioni simili a quelli considerati. Il progetto utilizza un approccio sperimentale, multidisciplinare ed è disegnato per mantenere un sistema permanente di monitoraggio che consenta osservazioni anche sul medio-lungo termine. Infatti una valutazione sufficientemente comprensiva degli effetti degli interventi selvicolturali sui boschi ha bisogno di un approccio multidisciplinare che permetta di tenere conto non solo dei consueti parametri dendroauxometrici, ma anche di altri descrittori delle condizioni dell'ecosistema, quali diversità specifica, stato nutrizionale degli alberi e dei suoli (con conseguenti implicazioni a livello di flussi di CO_2), condizione degli alberi, produttività delle chiome.

Come specificato nel testo, esistono numerose limitazioni alla piena applicazione di un approccio sperimentale: ad esempio, in condizioni reali fore-

stali, le tre caratteristiche di un esperimento (omogeneità del materiale sperimentale, randomizzazione dei trattamenti e replicazione) sono difficili, se non impossibili, da conseguire e difficilmente poteva essere altrimenti nelle condizioni forestali dell'Umbria. Questi limiti hanno condizionato anche TraSFoRM: il materiale sperimentale è relativamente omogeneo, i trattamenti sono stati assegnati in maniera preferenziale e le repliche sono limitate. Tutti questi aspetti costituiscono ovviamente un limite per poter generalizzare i risultati ottenuti.

Nonostante le limitazioni indicate, comuni del resto a progetti sperimentali in condizioni reali che intendano approfondire le relazioni tra interventi selvicolturali e indicatori ambientali, riteniamo che TraSFoRM possa fornire utili indicazioni per valutare gli effetti a breve termine (e sperabilmente a medio e lungo termine) degli interventi colturali applicati, contribuendo allo sviluppo di una rete di aree sperimentali per la gestione delle foreste appenniniche.

Bibliografia

- APRUZZESE A., LUDOVISI A., NICOLETTI G., VALE F., VENANZONI R., 2002 - **Principali valutazioni sulle dinamiche floristico-vegetazionali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento colturale**. In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM**: 37-43.
- BIONDI E., ALLEGREZZA M., GUITAN J., 1988 - **Mantelli di vegetazione nel piano collinare dell'Appennino Centrale**. Doc. Phytosoc. vol. XI: 479-490.
- BFH, 1998 - **Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests**. 4th edition.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S., ECCHER A., 1983 - **Tecniche di miglioramento e metodi di conversione e trasformazione**. L'Italia agricola, 120 (4):77-86.
- DE RISI P., 1996 - **Progettare in qualità. Metodi, tecniche e fasi di progettazione, sperimentazione e analisi statistica dei dati nell'ambito delle norme UNI EN ISO 9000**. Il Sole 24 ORE Libri, 246 pp.
- DE BERENGER A., 1887 - **Selvicoltura**. Editore Riccardo Marghieri di Gius, Napoli.
- FAVERO L., 1852 - **Riserva degli allievi nei boschi**. Il coltivatore. Volume primo.
- FERRETTI M., CHERUBINI P., 1998 - **Il monitoraggio di lungo periodo per conoscere e gestire gli ecosistemi forestali**. Sherwood, 37: 23-28
- FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 1999 - **TRA-SFORM - Un progetto per la valutazione della risposta di querceti decidui a forme diverse di trattamento colturale in Umbria**. Atti S.I.S.E.F. 2,3-8.
- FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 - **La trasparenza delle chiome di *Quercus cerris* L. e *Q. pubescens* Willd. in alcuni complessi forestali dell'Umbria nel periodo 1992-2001**. In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM**: 21-28.
- GROHMANN F., SAVINI P., FRATTEGANI M., 2002 - **La matricinatura per gruppi: l'esperienza del progetto SUMMACOP**. Sherwood, 80: 25-29.
- PERONA V., 1891 - **Economia forestale - Trattamento dei boschi**. Biblioteca Vallardi.- Piccola Enciclopedia illustrata.
- PERRIN H., 1954 - **Selvicoltura**. Tomo II. Trad. di G. Bernetti, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- PIUSSI P., 1994 - **Selvicoltura generale**. UTET, Torino.
- REGIONE DELL'UMBRIA, 1999 - **Analisi di metodologie integrate per la misurazione dei danni cagionati alle foreste in ambiente sub-mediterraneo ed appenninico**. Relazione finale. 137 pp.
- SMITH E.P., 2002 - **BACI design**. In: EL-SHAARAWI A., PIEGORSH W. (Eds.), **Encyclopedia of Environmentrics**. Vol. 1, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester: 141-148
- STEWART-OATEN A., 1996 - **Problems in the analysis of environmental data**. In: SCHMITT RJ e OSENBURG C.W., **Detecting Ecological Impacts**. 109-131.
- UNDERWOOD A.J., 1994 - **On beyond BACI: sampling design that might reliably detect environmental disturbances**. Ecological Applications, 4 (1): 3-15.
- VENANZONI R., PIGNATELLI S., NICOLETTI G., GROHMANN F., 1997 - **Basi per una classificazione fitoclimatica dell'Umbria (Italia)**. Documents phytosociologiques, XVIII: 184-185.

Principali valutazioni sulle dinamiche floristico-vegetazionali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento colturale

A. Apruzzese
A. Ludovisi
G. Nicoletti
F. Vale
R. Venanzoni*

Università degli Studi di Perugia

Abstract. VEGETATION DYNAMICS IN DECIDUOUS OAK PLOTS SUBJECTED TO DIFFERENT COPPICE TREATMENTS - MAIN RESULTS. This paper reports floristic, phytosociologic and phenologic surveys carried out at the TraSForM plots to verify possible changes in wood communities present in the quadrats given, 10 m x 10 m square, after the different silvicultural treatments. Phytosociologic surveys have been processed both from a syntaxonomic as well as from a structural ecological point of view. The analysis and classification of surveys carried out before silvicultural treatments permitted the identification of the *Aceri obtusati-Quercetum cerridis* series; in particular the forest cenosis present in the area studied is *Aceri obtusati-Quercetum cerridis* in block 1 and *Aceri obtusati-Quercetum cerridis* var. *Quercus pubescens* in block 2. The subsequent calculations took into consideration the following parameters: numerical variations of species, variation of vegetation covering of different species subdivided in synecologic groups, variation of vegetation covering in each stratum, the calculation of the Shannon index, the evaluation of structural homogeneity with the χ^2 test. The results of these calculations, and in particular statistical analyses demonstrate that the structure of the wood in two areas exposed to different silvicultural treatments tends to settle in a similar structural situation both globally and for each single vegetation stratum. The development of the shrub stratum, in particular, seems to be more rapid in the B areas. The increase in diversity is higher in the A areas, in particular in block 1. Block 1, consisting of a more mature community, suffered a slightly greater impact whereas block 2, which consisted of a younger community suffered less impact since the indicators (synanthropic species, edge species, species of the *Festuco-Brometea* class) were already active.

Key words. Coppice, oak forests, vegetation dynamics, Umbria (Italy).

Riassunto. Vengono riportati i risultati delle indagini floristiche, fitosociologiche e fenologiche condotte nelle aree sperimentali TraSForM effettuate per verificare eventuali cambiamenti dopo i trattamenti. L'indagine fitosociologica è stata elaborata sia dal punto di vista sintassonomico che ecologico-strutturale. Le analisi condotte prima del trattamento hanno permesso l'identificazione della serie del *Aceri obtusati - Quercetum cerridis*. In particolare, la cenosi forestale presente nell'area studiata è *Aceri obtusati - Quercetum cerridis* nel blocco 1 e *Aceri obtusati - Quercetum cerridis* var. *Quercus pubescens* nel blocco 2. I calcoli eseguiti hanno considerato: variazioni numeriche delle specie, variazioni della copertura vegetale di specie diverse suddivise in gruppi sinecologici, copertura vegetale per ogni strato, il calcolo dell'indice di Shannon, la valutazione dell'omogeneità strutturale attraverso il test χ^2 . I risultati dimostrano che la struttura delle aree trattate tende ad assomigliarsi, sia complessivamente che per singolo strato. Lo sviluppo dello strato arbustivo sembra più rapido nei trattamenti con matricinatura per gruppi. L'aumento nella diversità sembra più rapido nel trattamento a matricinatura semplice, specialmente nel blocco 1. Il blocco 1, costituito da una comunità più matura, risente maggiormente dell'impatto dei trattamenti. Viceversa, il blocco 2 (comunità più giovane) sembra risentirne meno: in effetti le specie indicatrici considerate (specie sintantropiche, specie di margine, specie della classe *Festuco - Brometea*) erano già presenti prima dei trattamenti.

Parole chiave. Cedui, boschi di quercia, dinamica vegetazionale, Umbria.

Il presente lavoro riporta una sintesi delle ricerche floristiche e vegetazionali applicate allo studio degli aspetti dinamici dei boschi di Pietralunga conseguenti alla sperimentazione del progetto TraSForM. Gli interventi di ceduzione provocano una semplificazione generale della struttura del

bosco che incide in misura maggiore negli strati più bassi, provocando una diminuzione del numero di specie, nel periodo immediatamente successivo al trattamento e quindi un'ingressione ed

* Responsabile della ricerca.

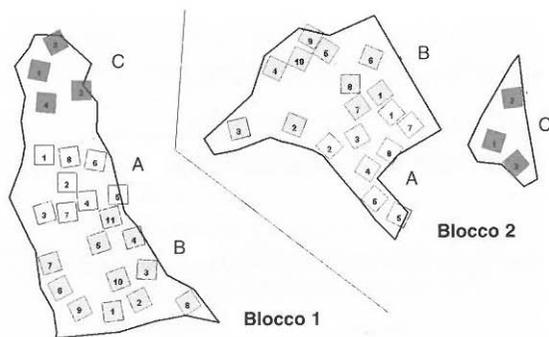


Figura 4/1.1 - Disposizione dei quadrati 10x10 usati per lo studi della vegetazione.

espansione di specie tipiche di comunità pioniere caratterizzanti i primi stadi del dinamismo successionale.

La ricerca in oggetto è consistita in due fasi: la raccolta dei dati floristici e vegetazionali e la valutazione degli indicatori che possono a vari livelli quantificare l'impatto delle diverse forme di trattamento.

Materiali e Metodi

Area di studio

I boschi studiati si trovano in zona S. Pietro nelle vicinanze dell'abitato di Pietralunga (PG). In base alla classificazione bioclimatica proposta da RIVAZ MARTINEZ (1996), il clima di questa zona viene inquadrato nella regione temperata di tipo semioceanico e in particolare al piano bioclimatico collinare superiore con ombroclima di tipo umido inferiore. La cenosi forestale presente nell'area è rappresentata dall'associazione *Aceri obtusati - Quercetum cerridis*, tipica dell'Appennino Umbro-Marchigiano, in territori medio collinari e submontani a quote generalmente comprese tra 400 e 800 m (BIONDI *et al.*, 1988a, b).

Questa cenosi rappresenta il *climax* zonale del substrato marnoso arenaceo, si presenta come un bosco misto di caducifoglie, a prevalenza di *Quercus cerris* al quale si associano altre specie arboree ed arbustive tra le quali: *Sorbus domestica*, *Sorbus torminalis*, *Pyracantha coccinea* mentre in situazioni più fresche si rinvencono specie

degli Orno-Ostrieti quali *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus* ed *Acer obtusatum*.

Rilevamento floristico

Il rilevamento floristico connesso allo studio della vegetazione ha avuto lo scopo di evidenziare l'eventuale ingressione e/o regressione di specie sia dal punto di vista numerico che qualitativo in seguito ai due diversi tipi di taglio. Il censimento floristico è stato eseguito nelle stagioni primaverili, estive ed autunnali relative al triennio 1999-2002 in 44 sottoaree, di 10 m x 10 m (Figura 4/1.1). Per la determinazione sono state utilizzate le chiavi analitiche della Flora d'Italia (PIGNATTI, 1982) ed altre Flore (ZANGHERI, 1976; RAMEAU *et al.*, 1989; TUTIN *et al.*, 1964-1993). La nomenclatura delle specie segue quella riportata in Flora Europea (TUTIN *et al.*, 1964-93).

Rilevamento fitosociologico

Le misure della vegetazione sono state eseguite mediante l'utilizzo della scala dei valori di BRAUN BLANQUET (1979), successivamente modificato in BARKMAN *et al.* (1964), all'interno delle sottoaree individuate. Considerata l'importanza della descrizione della struttura del bosco, il rilievo fitosociologico è stato articolato in maniera tale da poter rappresentare il più precisamente possibile la struttura verticale.

Per ogni sottoarea sono state annotate le seguenti caratteristiche stagionali di ciascun rilievo effettuato:

- numero dell'area e della sottoarea;
- data del rilievo;
- esposizione e inclinazione;
- fisionomia della vegetazione;
- altezza dei differenti strati;
- grado di ricoprimento totale della vegetazione e dei singoli strati;
- grado di sociabilità;
- numero di specie presenti in ogni rilievo.

I rilievi fitosociologici eseguiti, in totale 396, sono stati utilizzati per ottenere un confronto, su base sintassonomica e strutturale-ecologica, tra le situazioni pre e post-trattamento relative al triennio autunno 1999-primavera 2002, al fine di indivi-

duare le principali tendenze evolutive della vegetazione a seguito dei differenti tipi di trattamento. L'analisi e la classificazione fitosociologica dei rilievi eseguiti nella fase pre trattamento nel complesso forestale oggetto di studio ha permesso di evidenziare la serie appenninica temperata collinare neutrobasifila del cerro:

- Testa della serie riferibile all'associazione (*Aceri obtusati* - *Quercetum cerridis*)
- Aspetto di bosco aperto riferibile all'associazione (*Aceri obtusati* - *Quercetum cerridis* var. a *Quercus pubescens*).
- Mantello riferibile all'associazione (*Junipero communis* - *Pyraeanthetum coccineae*).
- Prato-pascolo riferibile all'associazione (*Centaureo bracteatae* - *Brometum erecti*).
- Pascolo pioniero riferibile all'associazione (*Coronillo minimae* - *Astragaletum monspessulani*)

La serie rappresenta l'insieme delle comunità vegetali legate dinamicamente sia in senso evolutivo che in senso regressivo, essa è strettamente legata al substrato litologico e pedologico e alle condizioni fitoclimatiche.

Le cenosi forestali, sono rappresentate nell'area di studio dall'associazione *Aceri obtusati* - *Quercetum cerridis* situata nel blocco 1, mentre nel blocco 2, in situazione di particolare aridità e su suolo poco evoluto è presente la variante a *Quercus pubescens*. La variante a *Quercus pubescens* dell'*Aceri obtusati* - *Quercetum cerridis* è favorita dalle pratiche di ceduzione le quali determinano un notevole sviluppo dello strato arbustivo.

Le specie appartenenti allo strato erbaceo sono state suddivise nelle seguenti categorie:

- **classe Festuco - Brometea**, a cui appartengono le formazioni di pascolo della serie di vegetazione presente nell'area di studio, essa è rappresentata, per le diverse stagioni di rilevamento, con valori di gran lunga maggiori rispetto a quelli riscontrati per le altre due categorie;

- **classe Quercu - Fagetea** che è stata distinta in 2 gruppi di specie, aventi significato ecologico ma privi di valore sinsistemico. Il raggruppamento "specie eliofile" comprende specie erbacee che si rinvencono in boschi più degradati caratterizzati da aridità edafica. Il raggruppamento denominato "specie nemorali" comprende specie che si rinvencono nelle situazioni di maggiore evoluzione

vegetazionale;

- "**specie sinantropiche**" considera specie appartenenti a diverse classi fitosociologiche che raggruppano la vegetazione erbacea sinantropica.

Sulla base dell'elaborazione dei dati di appartenenza delle singole specie alle relative unità superiori sono state ricavate le variazioni di copertura delle specie suddivise per gruppi sinecologici ed i relativi valori di presenza.

Allo scopo di ricostruire in maniera più precisa possibile le dinamiche vegetazionali i valori nei rilievi eseguiti sono stati trasformati in valori di copertura media delle singole specie costituenti gli strati rilevati. Sono stati presi in considerazione gli strati arbustivi e lo strato erbaceo.

Fenologia

Lo studio fenologico ha interessato 60 individui del genere *Quercus*; le fasi principali che riguardano l'inizio del periodo vegetativo in primavera e l'inizio della fase di quiescenza in autunno, sono state osservate con frequenza settimanale. La scelta degli individui è stata effettuata cercando di coprire in maniera uniforme le singole aree, mentre la scelta delle specie è stata effettuata rispettando la composizione dello strato dominante nelle singole aree.

Omogeneità

Il criterio su cui è stata impostata l'analisi è la valutazione del grado di omogeneità strutturale delle fitocenosi delle tre aree nel corso dei tre anni investigati, a partire dalla situazione pre-trattamento.

La scelta della metodologia statistica di elaborazione è stata indirizzata verso la classe di test multivariati non parametrici (ovvero svincolati da ipotesi sulla legge di distribuzione dei dati), da applicarsi sui dati integrati per area.

Tale scelta scaturisce da alcune considerazioni:

- il numero di sottoaree di campionamento è variabile tra le tre aree monitorate;

- la composizione strutturale delle sottoaree selezionate è a priori non omogenea, in particolare per le aree con matricinatura per gruppi (che comprendono sottoaree contenenti gruppi e non);

- l'impiego di una metodologia di rilievo della copertura vegetazionale fornisce misure su scala ordinale di valori.

Sono state costruite tabelle di frequenza per ogni area e stagione, sommando i valori di copertura vegetazionale rilevati nelle singole aree e per ogni strato vegetazionale (A: arboreo; B: arbustivo; C: erbaceo).

Il grado di omogeneità dei dati tra le aree campionate è stato valutato mediante il test del χ^2 per due campioni indipendenti, confrontando tra di loro le tabelle di frequenza per ogni area e stagione. Il livello di significatività (α) del test χ^2 fornisce quindi:

- la possibilità di adottare un valore soglia (ad es. $\alpha = 0.01$) al di sotto del quale si può rifiutare l'ipotesi che non esista nessuna differenza tra le aree e quindi attribuire la condizione di omogeneità;

- in termini più fini, α fornisce una stima della similarità strutturale tra le fitocenosi delle aree campionate e permette di evidenziare eventuali tendenze temporali.

Per l'applicazione del test χ^2 i valori di copertura vegetazionale espressi sulla scala ordinale di Braun-Blanquet sono stati trasformati in una scala a 4 valori a cui corrispondono rispettivamente i valori originali come segue: r,+,1,2=1, 3=2, 4=3, 5=4. Questa trasformazione si è rivelata più adeguata rispetto alla possibilità di discriminare le situazioni delle aree macroscopicamente diverse da quelle più omogenee.

E' opportuno ricordare che la appena esposta applicazione del test χ^2 permette di verificare se due aree differiscono nella composizione della comunità vegetale nel suo complesso (cumulando le differenze quantitative per specie), ma solamente in termini strutturali, tenendo conto esclusivamente delle proporzioni tra le coperture vegetazionali delle specie per ogni strato.

Risultati e Discussione

Indagine floristica

Il numero medio di specie mostra un aumento progressivo sia nell'area A che nell'area B, particolarmente significativo nella stagione estiva dopo il

primo anno successivo al trattamento.

L'elenco floristico realizzato l'anno precedente al trattamento ha evidenziato una differenza nella composizione floristica dei due blocchi. In particolare è stata osservata la presenza, nel blocco 1, di specie nemorali indicatrici di uno stadio dinamico più evoluto rispetto alla situazione osservata nel blocco 2, dove la presenza di specie sinantropiche e specie tipiche del pascolo sono testimoni dell'impatto antropico. Le condizioni ambientali create in seguito al taglio hanno favorito lo sviluppo di specie tipiche di ambienti aperti, e allo stesso tempo non hanno provocato una forte riduzione di specie nemorali. Inoltre sono comparse specie tipiche dell'orlo delle cerrete mesofile che indicano un inizio di dinamismo.

Le specie che giocano il ruolo predominante risultano quelle legate all'orlo naturale delle cerrete mesofile, proprie del naturale dinamismo (radura-successione-bosco), in quanto per il definitivo "rientro" nella comunità delle specie di più alto valore nemorale, tipiche dell'ecosistema forestale stabile, sono necessari tempi molto più lunghi.

Indagine fitosociologica

In entrambi i blocchi considerati le specie sinantropiche (appartenenti principalmente alla classe *Artemisietea*) trovano nell'estate della seconda stagione vegetativa successiva al taglio, il momento di maggiore diffusione, nei valori sia di presenza che di copertura delle specie. In termini relativi maggiori appaiono i valori di copertura nel blocco 1, dove, in particolare nel trattamento B, la presenza dei gruppi ha contenuto la diffusione delle specie sinantropiche. Anche le specie appartenenti alla classe *Festuco-Brometea* mostrano un tendenziale aumento dei valori di presenza, mentre le variazioni registrate a seguito degli interventi di ceduzione non hanno modificato sostanzialmente le condizioni pre-intervento delle specie eliofile e nemorali della classe *Quercus-Fagetea*.

L'aumento della complessità strutturale è maggiore nelle aree sottoposte al trattamento B dove lo strato alto arbustivo e basso arbustivo si sviluppano prima e tendono ad una crescita più veloce

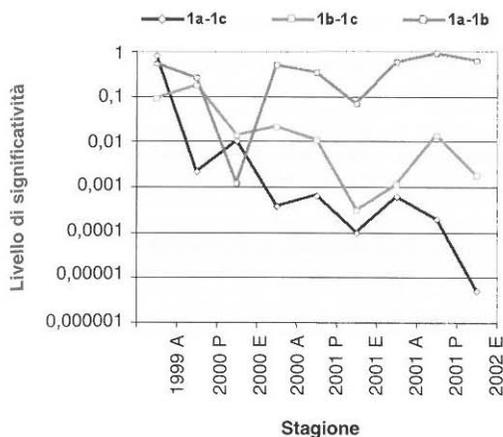


Figura 4/1.2 - Livelli di significatività dell'omogeneità strutturale delle comunità vegetali rilevate nel blocco 1 calcolati secondo il test χ^2 sulla base dei valori di copertura vegetazionale (Scala di Braun Blanquet ridotta).

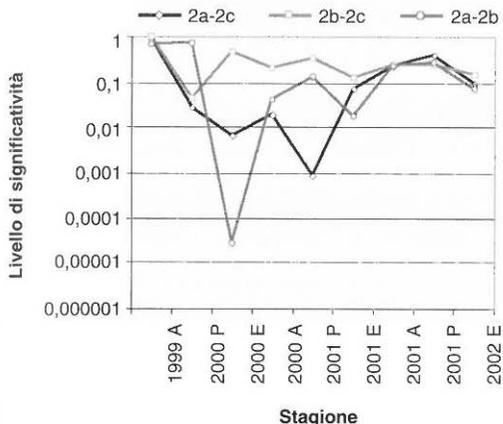


Figura 4/1.3 - Livelli di significatività dell'omogeneità strutturale delle comunità vegetali rilevate nel blocco 2 calcolati secondo il test χ^2 sulla base dei valori di copertura vegetazionale (Scala di Braun Blanquet ridotta).

rispetto alle aree A. Lo strato erbaceo presenta invece un andamento diverso nei due blocchi in quanto solo nel blocco 1 raggiunge valori di copertura prossimi a quelli pre trattamento.

Indagine fenologica

Le indagini delle fasi riproduttive e vegetative non

evidenziano variazioni significative sia tra i blocchi che tra le aree sperimentali. Per la fase riproduttiva un dato rilevante è l'aumento della quantità di frutti e dispersione semi nelle aree A e B di entrambi i blocchi, probabilmente connesso alla maggiore illuminazione conseguente alla realizzazione degli interventi.

Indagine strutturale

L'applicazione del test χ^2 sui dati relativi al blocco 1 mette in evidenza in sintesi che le comunità vegetali campionate nelle aree sperimentali del blocco 1 risultano omogenee tra di loro nella situazione pre-intervento. L'intervento di ceduzione determina una significativa riduzione dell'omogeneità delle due aree ceduate rispetto al controllo. In particolare le due aree ceduate tendono ad essere sempre più simili tra di loro nel corso degli anni indagati, mostrando tuttavia una evoluzione stagionale leggermente diversa, da attribuirsi principalmente all'evoluzione dello strato vegetale erbaceo (Figura 4/1.2).

L'applicazione del test χ^2 sui dati relativi al blocco 2 mette in evidenza che nel complesso le comunità vegetali campionate nelle aree sperimentali del blocco 2 risultano omogenee tra di loro nella situazione pre-intervento. La similitudine tra l'area di controllo e le due aree ceduate decade significativamente in seguito all'intervento, per essere sostanzialmente recuperata a partire dal 2° anno successivo al taglio. Analogamente a quanto rilevato nel blocco 1, le due aree ceduate tendono ad essere sempre più simili tra di loro nel corso degli anni indagati, mostrando tuttavia una evoluzione stagionale leggermente diversa, che determina una situazione di minore omogeneità durante il periodo estivo (Figura 4/1.3).

Conclusioni

L'analisi condotta mostra come la struttura del bosco presente nelle aree sottoposte a ceduzione, tende ad assestarsi in una situazione strutturale simile a distanza di due anni dall'intervento. Questo suggerisce che le aree, indipendentemente dal tipo di trattamento applicato, tendano a realizzare comunità vegetali nel complesso simili con

il passare del tempo, nonostante si possano rilevare differenze nell'evoluzione stagionale.

In fase preliminare, in quanto la casistica esaminata è limitata, si può rilevare, sia dall'analisi fitosociologica che dall'elaborazione statistica dei dati strutturali, che le aree sottoposte a ceduzione per gruppi sembrano rispondere all'impatto dell'intervento in modo più immediato in fase di recupero dello strato arbustivo. In particolare l'effetto del gruppo è senza dubbio importante in quanto centro di nucleazione, ma resta aperta la problematica relativa alla definizione delle dimensioni del gruppo da rilasciare.

Rimangono comunque alcune limitazioni dovute alla generale situazione di degrado dei boschi appenninici che, ceduti da secoli, presentano un impoverimento delle specie della flora più significative e riconducibili alle condizioni nemorali originarie.

Nonostante le limitazioni accennate si è visto, attraverso gli indicatori flora e vegetazione, come il bosco, per molti aspetti già adattato alla forte pressione antropica esercitata da lungo tempo, risponda positivamente alle azioni meno impattanti e lo sviluppo di tecniche meno invasive nel taglio del ceduo possa favorire nel medio periodo il "ritorno" di specie nemorali.

Al termine dell'esperienza di studio, sulla base dei risultati ottenuti nel triennio, si può affermare che non esiste un approccio unico ed esaustivo per valutare i processi di ricostituzione dello strato arbustivo ed arboreo e per evidenziare tendenze precise nella evoluzione e resilienza della comunità forestale. Pertanto è necessario un approccio integrato dello studio della flora, della vegetazione e della fenologia delle specie oltre all'elaborazione di dati quali: l'importanza fitosociologica delle specie, la variazione del grado di copertura delle specie in alcuni strati fondamentali della fitocenosi forestale.

Bibliografia ed ulteriori letture

- BEGON M., HARPER J.L., TOWNSEND C.R., 1989 - **Ecologia, individui, popolazioni, comunità**. Zanichelli, Bologna.
- BIONDI E., 1982 - **L'Ostrya carpinifolia Scop. sul litorale delle Marche (Italia Centrale)**. Studia

Geobotanica, Vol 2: 141-147.

BIONDI E., ALLEGREZZA M., GUITAN J., 1988a - **Mantelli di vegetazione nel piano collinare dell'Appennino Centrale**. Doc. *Phytosoc.* vol. XI: 479-490.

BIONDI E., ALLEGREZZA M., TAFFETANI F., 1988b - **Dinamismo della vegetazione nell'Appennino toscano e umbro-marchigiano**. Proposte e ricerche 20: 29-37.

BIONDI E., BALLELLI S., ALLEGREZZA M., ZUCCARELLO V., 1995 - **La vegetazione dell'ordine Brometalia erecti Br.-Bl. 1936 nell'Appennino (Italia)**. *Fitosociologia* 30: 3-45.

BRAUN-BLANQUET J., 1979 - **Fitosociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales**. H. Blume, Madrid.

CATORCI A., ORSOMANDO E., 1997 - **Rosa sempervirentis-Quercetum pubescentis Biondi 1986 nelle Colline Premartane (Umbria-Italia centrale)**. *Fitosociologia* 32: 213-220.

FORTINI P., DI PIETRO R., BLASI C., 1995 - **Lo studio dei processi di riforestazione naturale applicato alla progettazione ambientale**. IAED, quaderno 2: 115-135.

FRANCALANCIA C., GALLI P., MARCONI D., 1993 - **Aggruppamenti a Quercus pubescens nell'Appennino Marchigiano**. Ann. Bot., Suppl. Vol. 51: 211-228. Roma.

GIOVAGNOTTI C., CALANDRA R., 1988a - **Le caratteristiche ambientali e i suoli dello scenario Umbro (Comunità dell'Alto Chiascio)**. Sistemi Agricoli Marginali. Lo scenario della Comunità Montana Alto Chiascio. C.N.R.: 83-172.

GIOVAGNOTTI C., CALANDRA R., 1988b - **Le caratteristiche ambientali e i suoli dello scenario Marchigiano (Comunità monana dei Monti Catria e Nerone)**. Sistemi Agricoli Marginali. Lo scenario della Comunità Montana Catria-Nerone C.N.R.: 91-167.

JACOBACCI A., BERGOMI C., CENTAMORE E., MALATESTA A., MALFERRARI N., MARTELLI G., PANNUZI L., ZATTINI N., 1970 - **Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000**. Fogli 115 Città di Castello, 122 Perugia, 130 Orvieto. Poligrafica & Cartevalori, Ercolano (NA).

LOIDI ARREGUI J., BIURRUN GALARRAGA I., HERRERA GALLASTEGUI M., 1997 - **La vegetacion del centro-septentrional de Espana**. Itin. Geobot. 9: 161-618.

LUCCHESI F., 1987 - **Ruolo di alcune specie del genere Brachypodium nelle associazioni prative forestali**. Not. Fitosoc. 23: 173-188.

LUCCHESI F., PERSIA G., PIGNATTI S., 1995 - **I prati a Bromus erectus Hudson dell'Appennino laziale**. *Fitosociologia* 30: 145-180.

MAGURRAN A.E., 1995 - **Ecological diversity and its measurement**. University Press, Cambridge.

MARCHETTI R., 1998 - **Ecologia applicata**. Citta Studi Edizioni.

PIGNATTI S., 1982 - **Flora d'Italia**. Edagricole, Bologna.

PIGNATTI S., 1998 - **I boschi d'Italia**. Sinecologia e biodiversità. UTET.

PODANI J., 1995 - **Syn-Tax 5.02 Mac. Computer Programs for Multivariate Data Analysis on the Macintosh system**. User's Guide. Scientia Publishing, Budapest.

REMEAU J.C., MANSION D., DUNE G., 1989 - **Flore**

forestière française Institute pour le développement forestier. Vol. 1. Plaines et Collines. Vol. 2 Montagnes.

RIVAS-MARTINEZ S., 1996 - **La fitosociologia en Espana**. Avances en Fitosociologia: 149-174. Universidad del País Vasco.

SCOPPOLA A., BLASI C., ABBATE G., CUTINI M., DI MARZIO P., FABOZZI C., FORTINI P., 1993 - **Analisi critica e considerazioni fitogeografiche sugli ordini e le alleanze dei querceti e boschi misti a caducifoglie dell'Italia peninsulare**. Ann. Bot., Suppl. Vol. 51: 81-112. Roma.

SCOPPOLA A., FILESI L., 1993 - **I boschi di latifoglie della riserva naturale regionale Monte Rufeno (VT)**. Ann. Bot., Suppl. Vol. 51: 241-277. Roma.

SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, 1994 - **Appennino Umbro Marchigiano: 15 itinerari**. Guide Geologiche Regionali 7. BE-MA.

TAFFETANI F., BIONDI E., 1993 - **Boschi a Quercus**

cerris L. e Carpinus orientalis Miller nel versante adriatico italiano. Ann. Bot., Suppl. Vol. 51: 229-240. Roma.

TUTIN T.G., BURGESS N.A., CHATER A.O., EDMONSON J.R., HEYWOOD V.H., MOORE D.M., VALENTINE D.H., WALTERS S.M., WEBB D.A., 1964-1993 - **Flora Europaea**. Cambridge University Press.

UN-ECE, 1994 - **Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests**. Programme Coordinating Centres, Hamburg and Prague.

VENANZONI R., PIGNATELLI S., NICOLETTI G., GROHMANN F., 1998 - **Basi per una classificazione fitoclimatica dell'Umbria (Italia)**. Doc. Phytosoc. n.s. 18:173-198. Camerino.

ZANGHERI P., 1976 - **Flora Italica**. Cedam, Padova.

Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento colturale

E. Amorini
P. Cantiani
G. Fabbio

Istituto Sperimentale per la Selvicoltura • Arezzo

Abstract. *RESPONSE OF STRUCTURAL AND GROWTH INDICATORS TO DIFFERENT COPPING TREATMENTS-MAIN RESULTS.* The first results of a research trial aimed at testing different silvicultural management techniques in a deciduous oak coppice forest are here reported. The experimental design compares the final harvesting of the short rotation forest by clearcutting and i) the release of shoots or trees from seed scattered on the harvested area, ii) the release of clumps of trees i.e. the full release of small clusters of the final standing crop distributed on the harvested area and iii) the control plot (no harvesting). The design is arranged into two blocks, each one consisting of stands aged differently and showing a different structure. The resprouting capacity from stools; the growth response in terms of diameter at collar and height of sprouts and the dynamics of released trees & clumps, are analysed at each growing season for three years following harvesting. Leaf Area Index before and after harvesting is also compared and the evolutive pattern of the no harvested area are finally analysed.

Key words. Oak coppice, silvicultural techniques, resprouting capacity, growth response, LAI.

Riassunto. Si riportano i primi risultati relativi a una ricerca mirata a studiare diverse tecniche di trattamento in popolamenti cedui a prevalenza di querce caducifoglie. Scopo del protocollo sperimentale è l'analisi comparativa delle seguenti tesi di trattamento del ceduo: i) rilascio di matricinatura regolare, ii) rilascio di matricinatura per piccoli gruppi, cioè il rilascio integrale di porzioni del vecchio soprassuolo con funzione di matricine, iii) tesi di controllo (assenza di trattamento). Il disegno sperimentale si articola in due blocchi che si riferiscono a due popolamenti distinti per età e struttura. Si riportano i primi risultati relativi alla capacità di ricaccio e all'andamento della risposta incrementale (di diametro al colletto e altezza) della rinnovazione agamica e delle matricine per i tre anni successivi all'intervento. Viene inoltre analizzata la variazione dell'indice di area fogliare prima e dopo il trattamento e la dinamica evolutiva nelle tesi di controllo.

Parole chiave. Ceduo di querce, trattamento selvicolturale, capacità di ricaccio, risposta incrementale, LAI.

La gestione dei boschi cedui a prevalenza di querce caducifoglie nell'area appenninica centro settentrionale, dopo la crisi degli anni '50, si è andata caratterizzando per successivi adattamenti ai mutamenti economici e sociali, sia con adeguamenti del trattamento sia con la scelta di opzioni culturali diversificate. Queste ultime si sono tradotte nella sospensione delle utilizzazioni, che ha determinato il cosiddetto "invecchiamento" dei cedui, e nell'avviamento ad altofusto soprattutto dei boschi di proprietà pubblica.

L'adeguamento del trattamento a ceduo invece è avvenuto attraverso modifiche dei due parametri che caratterizzano la forma di governo: l'allunga-

mento del turno e l'aumento progressivo dell'intensità di matricinatura.

A cominciare dagli anni '80 si è affrontato sperimentalmente il problema dei rapporti tra intensità di matricinatura, rinnovazione da seme, ricaccio delle ceppaie e produttività soprattutto nei cedui di cerro (BIANCHI e LA MARCA, 1984; CORONA *et al.*, 1986; LA MARCA *et al.*, 1987). LA MARCA, riassumendo a distanza di 14 anni le prove sperimentali che confrontavano diverse intensità di matricinatura (da 40 a 140 ha⁻¹), conclude che all'aumentare del numero di matricine diminuisce l'accrescimento in altezza e diametro dei polloni del nuovo ciclo agamico (LA MARCA *et al.*, 1996).

Analogamente MAETZKE e TORRINI (1996), studiano cedui matricinati di cerro con intensità di rilasci variabile tra 50 e 200 ha⁻¹ nella provincia di Viterbo, individuano una relazione tra copertura delle matricine e riduzione dello sviluppo dei polloni.

Attenzione minore è stata data finora alla forma del rilascio di matricine, anche se nella letteratura forestale si è fatto spesso riferimento alla opportunità di applicare una matricinatura per gruppi in alternativa a quella uniformemente ripartita sulla superficie; poche e recenti sono infatti le applicazioni sperimentali e le osservazioni condotte su questa tecnica di matricinatura (GROHMANN *et al.*, 2002; AMORINI *et al.*, 2002). L'attivazione recente di queste indagini non consente ancora di trarre indicazioni per applicazioni colturali ma permetterà di valutare l'impatto della matricinatura per gruppi su alcuni parametri gestionali quali: la valorizzazione di microhabitat, la conservazione della biodiversità vegetale e animale, il paesaggio, la capacità di ricaccio delle ceppaie e le operazioni di utilizzazione ed esbosco. In particolare andranno verificati i parametri costitutivi dei gruppi (ampiezza, forma, distanza) in relazione alla tipologia e alle caratteristiche strutturali del ceduo (composizione specifica, età, altezza).

Materiali e Metodi

Rilievi dendrometrici e strutturali dei popolamenti prima dell'intervento

I rilievi dendrometrico-strutturali dei popolamenti sono stati effettuati nel mese di ottobre 1999, prima della realizzazione dell'intervento sperimentale.

Inventario per cavallettamento totale

Sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- circonferenza a 1,30 m di tutti i fusti vivi (soglia di cavallettamento di 9 cm). Il rilievo è stato effettuato tenendo distinti i parametri:

- specie
- numero dei polloni per ceppaia
- matricine

Classificazione sociale individuale di tutti i soggetti misurati secondo quattro classi (dominanti,

codominanti, subdominati, dominati).

Rilievo delle altezze

È stata effettuata la misurazione delle altezze dendrometriche di alberi campione per la definizione della relazione ipsodiametrica. Per ciascuno blocco sono state quindi costruite due curve ipsometriche (polloni e matricine). La scelta degli alberi modello dell'altezza è stata effettuata in base alla composizione specifica, alla distribuzione diametrica e alla struttura sociale dei popolamenti in esame.

Rilievo dell'età dei popolamenti

Nei due blocchi sono stati prelevati campioni di rotelle alla base dei fusti ed è stata effettuata in laboratorio la lettura del numero di anelli annuali per la determinazione dell'età media dei popolamenti.

Stima della massa in piedi

Per le due aree sono stati scelti ed abbattuti alberi modello per il rilievo del volume dendrometrico e cormometrico. La scelta degli alberi modello è stata fatta in funzione della composizione specifica e della struttura dimensionale e sociale dei popolamenti. Il calcolo del volume dei fusti è stato effettuato tramite cubatura per sezioni di 1 metro di lunghezza. In tal modo è stato calcolato, separatamente per i blocchi, il fattore di riduzione (F) distinto per tre categorie sociali (piante dominanti, codominanti e dominate), adottato per la stima del volume in piedi.

Definizione del trattamento

La scelta di fondo del protocollo sperimentale è stata quella di adottare per le tesi a matricinatura regolare (tesi A) una tipologia di rilascio simile alla prassi usuale nel territorio regionale (ZANZI SULLI, 1995). Questo ha fatto sì che il numero delle matricine rilasciate (159 ad ettaro nel blocco 1; 202 nel blocco 2) sia risultato eccessivo in rapporto a quello ritenuto ottimale per questa tipologia di ceduo. Ciò ha condizionato anche il trattamento della tesi B (matricinatura per gruppi), nella quale sono stati rilasciati all'interno dei gruppi un numero di soggetti dominanti di poco inferiore al numero di matricine della tesi A (80%). Altra considerazione riguarda la scelta di rilasciare i gruppi di

matricine in ottemperanza delle normative regionali che impongono una distanza tra i gruppi non superiore a 20 metri. Ciò ha portato ad oggettive limitazioni nella scelta del numero, della forma, e delle dimensioni dei gruppi.

Determinazione del LAI e del DIFN

La determinazione del LAI (*Leaf Area Index*) è stata effettuata in ogni area sperimentale utilizzando lo strumento LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (PCA, Li-Cor, Lincoln, NE, USA). Il valore del LAI è la risultante della media di 9 misurazioni su punti fissi determinati con criterio sistematico ed evidenziati sul terreno con picchetti numerati. Le misure sono state effettuate ad un'altezza da terra di circa 60 centimetri. Il protocollo di rilievo ha previsto misurazioni strumentali annuali, nel mese di agosto, per esprimere il valore di indice di area fogliare massimale (CUTINI *et al.*, 1997). Il DIFN (*Diffuse non-Interceptance*) rappresenta la frazione di cielo misurata dal sensore dello strumento.

Rilievi successivi all'intervento

Caratterizzazione dendrometrica e strutturale dei rilievi

I rilievi sono stati effettuati dopo ogni stagione vegetativa nelle tesi in cui è stata eseguita l'utilizzazione.

Tesi A (Matricinatura regolare)

Sono state effettuate le seguenti misurazioni per ciascuna matricina:

- rilievo della circonferenza del fusto a 1,30 m,
- rilievo dell'altezza dendrometrica (con ipsometro a infrarossi Vertex),
- rilievo dell'area di insidenza della chioma mediante misurazione di 4 raggi ortogonali, il primo dei quali orientato a nord.

Tesi B (Matricinatura per gruppi)

All'interno di ogni gruppo sono state effettuate le seguenti misurazioni:

- rilievo della circonferenza a 1,30 m di tutti gli alberi vivi (soglia di rilievo di 9 cm),
- rilievo dell'altezza dendrometrica dei gruppi

(altezza della pianta più alta del gruppo),

- rilievo dell'area di insidenza dei gruppi tramite misurazione di 4 raggi ortogonali a partire da una pianta centrale dominante contrassegnata.

Caratterizzazione della rinnovazione agamica

Per la determinazione della capacità di ricaccio delle ceppaie e dell'evoluzione del nuovo ciclo agamico, sono stati rilevati l'accrescimento e la vitalità dei polloni nelle 3 stagioni vegetative successive al taglio. I rilievi sono stati effettuati lungo la diagonale dei transect lineari identificati in corrispondenza di sottoaree, di forma quadrata e di 10 metri di lato, costituite per il rilievo fitosociologico (APRUZZESE *et al.*, 2002). Il campionamento non ha interessato le sottoaree posizionate ai margini delle aree sperimentali, per circoscrivere lo studio alle zone con il solo effetto di taglio ed evitare quelle con influenza dei popolamenti limitrofi non sottoposti ad utilizzazione. I transect realizzati sono stati 11 per blocco. Nel blocco 1 sono state analizzate le ceppaie di orniello e carpino nero, nel blocco 2 l'analisi ha riguardato il cerro e la roverella.

Dopo ogni stagione vegetativa sono state effettuati i seguenti rilievi:

- conta dei polloni vivi,
- altezza dei polloni dominanti (i cinque polloni più alti per ceppaia),
- diametro al colletto dei polloni dominanti,
- area di insidenza dei ricacci per ceppaia.

Risultati e discussione

Dinamica della rinnovazione agamica

Nelle Tabelle 4/2.1 e 4/2.2 sono riportati i principali parametri riassuntivi relativamente alle specie considerate. Non è stata riscontrata mortalità di ceppaie in tutti i transect esaminati nel triennio di osservazione.

Nel blocco 1 il carpino nero mostra una reattività superiore a quella dimostrata dall'orniello nei primi anni dopo il taglio per tutti gli indicatori considerati. Riguardo al numero di polloni per ceppaia, l'orniello evidenzia un bilancio tra natalità e mortalità al secondo anno vegetativo sostanzialmente in

| Blocco | Tesi | Specie | n° medio di polloni per ceppaia | | | | | Diametro medio al colletto dei polloni dominanti | | | | |
|--------|------|--------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|--|--------------|--------------|---------------------|---------------------|
| | | | 2000 n | 2001 n | 2002 n | diff 00-01 n | diff 01-02 n | 2000 mm | 2001 mm | 2002 mm | incr 00-01 mm | incr 01-02 mm |
| 1 | A | orniello carpino nero | 6,8 12,0 | 7,4 22,6 | 8,4 30,5 | 0,6 10,6 | 1,0 7,9 | 11,9 10,0 | 18,3 15,3 | 22,2 24,0 | 6,4 5,3 | 3,9 8,7 |
| | B | orniello carpino nero | 6,0 14,1 | 6,4 17,4 | 6,7 26,4 | 0,4 3,3 | 0,3 9,0 | 10,0 10,8 | 14,9 18,7 | 18,4 25,3 | 4,9 8,0 | 3,5 6,6 |
| 2 | A | roverella | 10,9 | 7,9 | 8,8 | -3,1 | 0,9 | 8,3 | 12,9 | 19,2 | 4,6 | 6,3 |
| | B | roverella cerro | 11,9 6,7 | 10,1 6,7 | 8,4 5,3 | -1,8 0,0 | -1,7 -1,4 | 11,9 21,5 | 17,8 26,7 | 23,2 29,4 | 5,9 5,2 | 5,4 2,7 |

Tabella 4/2.1 – Numero medio di polloni per ceppaia e diametro medio al colletto dei polloni dominanti al 2000, 2001 e 2002,

pari per le due tesi di trattamento. Il carpino mostra invece una marcata tendenza all'aumento del numero dei polloni per ceppaia nelle due stagioni vegetative successive all'intervento; il fenomeno è più marcato nella tesi a matricinatura per gruppi ove il numero medio di polloni per ceppaia continua ad aumentare anche nel 2002. La capacità del carpino nero di emettere nuovi polloni alcuni anni dopo il taglio è stata segnalata anche da BERNETTI (1988) in uno studio sui cedui misti a partecipazione di carpino.

Nel blocco 2 le specie studiate sono state il cerro e la roverella; solo quest'ultima è presente in entrambe le tesi di trattamento. Le ceppaie di roverella hanno mostrato un riscoppio dei polloni al primo anno vegetativo assai superiore rispetto a quelle di cerro; entrambe le specie hanno evidenziato una marcata mortalità nei due anni successivi. In questo blocco sono da segnalare danni alla rinnovazione provocati dal morso di ungulati selvatici.

Per le specie comparabili tra tesi, orniello e carpino nero per il blocco 1 e roverella per il blocco 2, è stato effettuato il test t dopo ANOVA per la stessa area sperimentale ad anni successivi e tra tesi diverse per i medesimi anni. L'analisi statistica comparata tra tesi mette in evidenza differenze significative per l'orniello, nel blocco 1, relativamente agli incrementi in diametro tra la tesi A e B per tutto il periodo di osservazione; non emergono invece variazioni significative nella dinamica di

accrescimento in diametro ed altezza della roverella all'interno del blocco 2.

Dinamica delle matricine

Il differente disegno di matricinatura non permette uno studio comparato dei parametri dendrometrici rilevati fra tesi di trattamento. Anche la comparazione tra le matricine singole (tesi A) e i soggetti dominanti all'interno dei gruppi (tesi B) è condizionata dalle forti differenze di condizioni vegetative e di competizione. L'unico parametro per il quale è possibile il confronto fra tesi è rappresentato dall'indice di copertura delle chiome nei vari anni. La possibilità di comparare la dinamica del popolamento non trattato con i gruppi di rilasci è stata infine scartata, vista la non rappresentatività della struttura presente all'interno dei gruppi con quella del popolamento di origine; la scelta dei gruppi di matricine ha infatti privilegiato il rilascio di porzioni di soprassuolo particolarmente ben strutturato e stabile o gruppi di polloni delle specie meno rappresentate nel popolamento originale. Le caratteristiche delle piante rilasciate e le dinamiche osservate successivamente all'intervento vengono quindi descritte separatamente per le tesi A e B, limitando il confronto all'andamento temporale dei valori di copertura.

Tesi A

Non è stata riscontrata mortalità di matricine in ambedue i blocchi. Nel blocco 1 l'andamento dell'incremento di diametro risulta generalmente con-

| Blocco | Tesi | Specie | Altezza media dei polloni dominanti | | | | | Area di insidenza media delle ceppaie | | | | |
|--------|------|--------------------------|-------------------------------------|------|------|------------|------------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | 2000 | 2001 | 2002 | incr 00-01 | incr 01-02 | 2000 | 2001 | 2002 | incr 00-01 | incr 01-02 |
| | | | m | m | m | m | m | m ² | m ² | m ² | m ² | m ² |
| 1 | A | orniello carpino nero | 1,0 | 1,6 | 1,9 | 0,7 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 0,3 | 0,3 |
| | | | 1,1 | 1,8 | 2,8 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 1,5 | 2,8 | 0,6 | 1,3 |
| 1 | B | orniello carpino nero | 0,8 | 1,2 | 1,9 | 0,4 | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,3 |
| | | | 1,3 | 2,1 | 3,0 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | 2,5 | 0,4 | 1,2 |
| 2 | A | roverella | 0,8 | 1,0 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 0,8 | 0,9 | 1,2 | 0,2 | 0,3 |
| | | | 0,9 | 1,1 | 1,5 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 1,4 | 0,3 | 0,6 |
| 2 | B | roverella cerro | 0,9 | 1,1 | 1,5 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 1,4 | 0,3 | 0,6 |
| | | | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 2,0 | 0,4 | 0,9 |

Tabella 4/2.2 – Altezza media dei polloni dominanti e area di insidenza media delle ceppaie al 2000, 2001 e 2002,

tenuto nei primi due anni dopo il taglio, mentre aumenta considerevolmente nel terzo anno. La specie maggiormente reattiva è il carpino nero. Si sono registrati, nell'estate 2002, danni meccanici da vento ai rilasci ed inoltre è da segnalare che la maggior parte delle matricine risulta fortemente inclinata e in precarie condizioni vegetative; il grado di inclinazione è in molti casi notevole, con pericolo di ribaltamento.

Nel blocco 2 si registra una maggiore variabilità nella reazione incrementale delle specie all'isolamento derivante dall'utilizzazione del ceduo. Il cerro dimostra una maggiore reattività nell'accrescimento in diametro nei due anni dopo il taglio. Anche le matricine di altre specie (carpino nero, orniello e ciliegio) hanno avuto incrementi diametrici più sostenuti nello stesso periodo. La roverella mostra un comportamento opposto.

L'accrescimento in altezza è alquanto limitato e sostanzialmente simile nei tre anni, ad eccezione della categoria altre specie che presenta un picco di crescita longitudinale nel terzo anno. In questo blocco le matricine non hanno evidenziato danni meccanici da vento.

Tesi B

Nel blocco 1 non si è registrata mortalità fra le piante dominanti censite nei gruppi.

I rilasci dominanti di tutte le specie presentano al rilievo 1999 valori assoluti di diametro superiori rispetto alle matricine della tesi A. Questo rispecchia da un lato le differenze già evidenti tra i popo-

lamenti prima dell'utilizzazione, dall'altro testimonia la maggior duttilità del trattamento che si traduce in una migliore possibilità di scegliere piante ben sviluppate nella fase di individuazione dei gruppi. Ad una stasi nell'accrescimento di diametro negli anni immediatamente successivi all'utilizzazione, fa seguito una buona reattività di tutte le specie alla terza stagione vegetativa.

I rilasci appartenenti alle classi sociali inferiori presentano un tasso di mortalità molto contenuto: dopo la seconda stagione vegetativa si registra una mortalità di circa il 5% per il carpino e di circa il 3,5% per l'orniello. Anche dopo la terza stagione vegetativa il tasso di mortalità di queste specie si mantiene inferiore al 5%, mentre è trascurabile la mortalità del cerro. Nei primi anni dopo l'utilizzazione lo sviluppo in diametro di questi soggetti appare generalmente molto limitato, ad eccezione del cerro che registra un incremento medio apprezzabile nel terzo anno.

Anche nel blocco 2 non è stata riscontrata mortalità a carico dei rilasci dominanti. Anche in questo caso vale quanto detto per il blocco 1 relativamente alla migliore conformazione e sviluppo dei rilasci del piano dominante dei gruppi rispetto alle matricine rilasciate nella tesi A. Tra le specie la roverella e il cerro hanno mostrato un trend crescente negli incrementi diametrici; l'opposto si registra per il carpino nero, l'orniello e le altre specie.

I rilasci codominanti e dominati presentano una

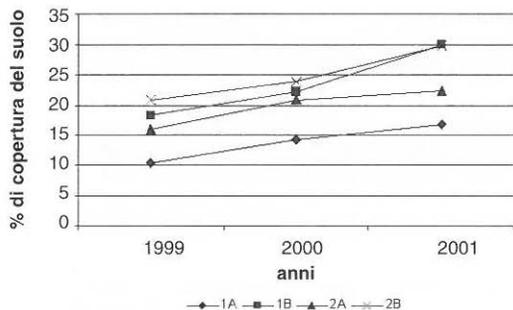


Figura 4/2.1 - Blocchi 1 e 2. Andamento della copertura del suolo nelle due tesi di trattamento nel triennio di osservazione (valori percentuali).

mortalità inferiore al 2% nei primi due anni per lo più a carico di polloni di ornello dominati; nel terzo anno la mortalità risulta nulla. Gli incrementi di diametro di tutte le specie sono molto contenuti e non presentano sensibili variazioni nel periodo di osservazione.

Nel blocco 1 i gruppi presentano altezze medie superiori ai valori medi di altezza delle matricine della tesi A, analogamente a quanto riscontrato per il diametro.

I valori incrementali annuali medi per il primo biennio non si discostano sensibilmente da quelli delle matricine singole, mentre la notevole differenza che si riscontra dopo il terzo anno è dovuta all'assenza di danni meccanici da vento.

Copertura del suolo e variazioni nel triennio di osservazione

Nei due blocchi, alla tesi matricinatura per gruppi corrisponde un maggior valore di copertura del suolo (Figura 4/2.1).

Gli incrementi delle percentuali di copertura del suolo dei rilasci presentano nel triennio un diverso andamento tra le tesi. Le matricine singole hanno reagito immediatamente al taglio, con un aumento totale della proiezione delle chiome dopo il primo biennio del 37% e del 30% rispettivamente nel blocco 1 e 2. L'incremento diminuisce sensibilmente nella terza stagione vegetativa passando, nei blocchi 1 e 2, al 17% ed al 7%. Gli accrescimenti delle chiome dei gruppi seguono invece un

andamento opposto, con incrementi in termini percentuali inferiori nel primo biennio rispetto a quello registrato nel terzo anno, in particolare 21% rispetto a 35% nel blocco 1 e 14% rispetto a 25% nel blocco 2.

Valori di LAI e DIFN

Nella Figura 4/2.2 si sintetizzano le variazioni di LAI rilevate in ciascuna area sperimentale.

Si precisa che il rilievo è stato eseguito a 60 centimetri dal suolo in modo da registrare già nei primi anni dopo la ceduzione il contributo della rinnovazione agamica, e che il valore relativo al 1999 si riferisce, per le tesi A e B, ai popolamenti prima dell'intervento. I valori di LAI riferiti ai popolamenti prima dell'intervento presentano differenze all'interno dei blocchi che corrispondono alla variabilità di densità e struttura dei soprassuoli delle 6 aree sperimentali, dovute a differenti condizioni stazionali. In ambedue i blocchi si registra il crollo atteso del LAI dopo l'intervento. I valori più bassi si hanno nel blocco 2, nel quale risulta anche maggiore la diminuzione percentuale rispetto al valore registrato prima dell'intervento. Ciò può derivare sia dalla composizione specifica delle matricine (prevalenza della roverella nel blocco 2, rispetto al cerro nel blocco 1), sia dalla minore età delle matricine, e quindi dalla minore espansione delle chiome. I valori di LAI sono leggermente superiori nelle tesi con matricinatura per gruppi in entrambi i blocchi, dove si registrano anche valori di DIFN (indice che esprime la percentuale di vuoti nella copertura fogliare) sensibilmente inferiori, a significare una maggiore percentuale di terreno coperta dalle chiome. Al termine della stagione vegetativa 2001 si registra un forte incremento del LAI nelle 4 aree sperimentali utilizzate. Nel caso delle aree sperimentali 1A e 1B il recupero è stato particolarmente evidente, tanto che il valore di indice di area fogliare arriva a pareggiare quello riscontrato nell'area sperimentale 1C.

Relativamente alle due tesi di trattamento si notano differenze nel trend di incremento di LAI tra i due blocchi: nel blocco 1 è stata maggiore la percentuale di incremento della tesi a matricinatura

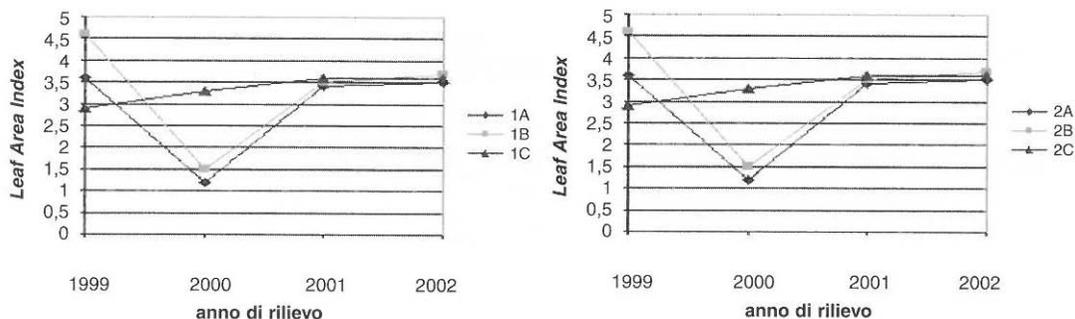


Figura 4/2.2 - Blocchi 1 e 2. Andamento dei valori di *Leaf Area Index* nelle tre tesi nel triennio di osservazione.

regolare rispetto a quella per gruppi (rispettivamente + 65% e +59%); un trend opposto si verifica nel blocco 2 (+48% e +55%). L'indice di area fogliare continua ad aumentare nel 2002 nel blocco 2 mentre tende a stabilizzarsi nel blocco 1.

Il LAI nelle parcelle di controllo mostra una leggera tendenza all'aumento nel blocco 1 mentre nel blocco 2 non si registrano sensibili variazioni.

Considerazioni conclusive

Il periodo di osservazione, limitato in rapporto ai tempi naturali della dinamica evolutiva del ceduo, permette alcune considerazioni preliminari sulle risposte dei due popolamenti esaminati al trattamento applicato. Il protocollo sperimentale permanente permetterà inoltre nel futuro l'acquisizione di elementi utili allo studio delle dinamiche strutturali e dendro auxometriche del ceduo in funzione dei diversi trattamenti effettuati, in comparazione anche con i popolamenti non trattati.

Nei primi anni dopo l'utilizzazione l'accrescimento dei ricacci dipende essenzialmente dalla capacità pollonifera delle ceppaie, mentre scarso è ancora l'effetto dell'ombreggiamento al suolo delle chiome dei rilasci. Indipendentemente dal popolamento di origine e dalla tesi di trattamento applicata si è riscontrata la vitalità di tutte le ceppaie analizzate dopo le prime tre stagioni vegetative. Nel contempo si è osservata una forte differenziazione tra le specie studiate, sia nella capacità di emissione dei polloni, sia nel vigore vegetativo nei primi anni dopo il taglio. Relativamente al blocco 1, che si

riferisce al popolamento più adulto, assai interessante è risultata la tendenza del carpino nero all'emissione di nuovi polloni anche nel secondo e terzo anno dopo il taglio. Il fenomeno merita di essere studiato ulteriormente, monitorando nel tempo le ceppaie in relazione anche alle dinamiche competitive che si instaureranno tra i polloni più vecchi e quelli di nuova emissione.

In questa prima fase di sviluppo del ceduo non sono ancora insorti nelle ceppaie fenomeni di competizione tali da incidere sulla vitalità complessiva dei polloni emessi, mentre si è già instaurata una gerarchia sociale evidente, soprattutto nel carpino nero e nell'orniello. Ancora assente, o molto debole risulta la competizione tra le ceppaie.

Nel blocco 2, nei primi due anni dopo il taglio si è verificato un forte danneggiamento alla rinnovazione agamica delle specie quercine da parte della fauna ungulata. L'incidenza del danno diminuisce dopo la terza stagione vegetativa, quando i polloni dominanti superano l'altezza di influenza del morso dei selvatici.

L'influenza delle due tesi di matricinatura, e quindi del diverso grado di ombreggiamento al suolo, sembra incidere ancora relativamente sulla capacità di sviluppo della rinnovazione agamica. I valori di accrescimento delle specie si equivalgono sostanzialmente tra le due tesi di trattamento, eccezion fatta per l'orniello che, nel blocco 2, sembra risentire più delle altre specie, già dai primi anni, della maggiore copertura del suolo operata

dalla matricinatura per gruppi.

In relazione alla sperimentazione sulla matricinatura per gruppi si possono fare alcune considerazioni sul maggior grado di colturalità insito in questa forma di trattamento. La composizione specifica, il diametro medio dei singoli individui e le altezze medie dei gruppi dimostrano la possibilità di operare scelte puntuali e mirate in fase di individuazione dei rilasci. Interessante è risultata anche la maggiore stabilità agli agenti meteorici dimostrata dai gruppi rispetto alle matricine isolate. E' auspicabile che in futuro i regolamenti forestali prevedano per il trattamento con matricinatura per gruppi norme specifiche sufficientemente flessibili e rispondenti al maggior grado di colturalità che caratterizza il trattamento. Ciò permetterebbe una maggiore elasticità nelle scelte sulla dimensione, forma e, soprattutto, sulla distanza relativa tra i gruppi.

Bibliografia

AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002 - **Progetto ARSIA - Regione Toscana. Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno.** Relazione primo anno di attività.

APRUZZESE A., LUDOVISI A., NICOLETTI G., VALE F., VENANZONI R., 2002 - **Principali valutazioni sulle dinamiche floristico-vegetazionali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM:** 37-43.

BERNETTI G., 1988 - **Osservazioni sul carpino nero (*Ostrya Carpinifolia Scop.*) in Toscana.** In: **Scritti di Selvicoltura in onore di Alessandro De Philippis.** Firenze: 255 pp.

BIANCHI M., LA MARCA O., 1984 - **I cedui di cerro della provincia di Viterbo. Ricerche dendrometriche ed alsometriche in relazione ad un'ipotesi di matricinatura intensiva.** Ricerche sperimentali di dendrometria ed auxometria. Fasc. X: 41-62. Firenze

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA E AGRICOLTURA DI SIENA, 1958 - **Convegno nazionale del bosco ceduo: Atti.**

CORONA P., LA MARCA O., SCHIRONE B., 1986 - **Ricerche sull'ottimizzazione dell'intensità di matricinatura nei cedui di cerro: il ceduo composto a maturità.** Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. XXV: 123-158.

CUTINI A., MATTEUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G., 1997 - **Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests.** Forest Ecology and Management 105: 55-65.

GROHMANN F., SAVINI P., FRATTEGANI M., 2002 - **La matricinatura per gruppi. L'esperienza del progetto SUMMACOP.** Sherwood 80: 25-29.

LA MARCA O., MATTIOLI M., IORIO G., 1987 - **Ricerche sull'ottimizzazione dell'intensità della matricinatura nei cedui di cerro. Il contributo: il soprassuolo arboreo nei primi due anni di ciclo produttivo.** Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali XXXVII: 3-33.

LA MARCA O., MARZILIANO P.A., SCOTTI R., 1996 - **Effects of standards density on coppice structure development: evaluation 14 year after coppicing in a Turkey oak experimental trial.** Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura 27: 113-120.

LI-COR, 1991 - **LAI 2000 Plant Canopy Analyzer Operating Manual.** Lincoln, NE, USA.

MAETZKE F., TORRINI L., 1996 - **Osservazioni sperimentali sull'effetto di diverse intensità di matricinatura nei cedui di cerro della provincia di Viterbo.** L'Italia Forestale e Montana 6: 411-421.

ZANZI SULLI A., 1995 - **Parliamo ancora una volta di cedui e matricine.** Sherwood 7: 7-11.

Principali valutazioni sulla trasparenza delle chiome degli alberi in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale

M. Ferretti⁽¹⁾
S. Maccherini⁽²⁾
P. Savini⁽¹⁾

(1) Regione dell'Umbria • Perugia
(2) Università degli Studi di Siena

Abstract. TREE CROWN TRANSPARENCY IN DECIDUOUS OAK PLOTS SUBJECTED TO DIFFERENT SILVICULTURAL TREATMENTS – MAIN RESULTS. *The condition of the trees was assessed at each plot before and after the execution of the treatments. 30 trees were selected randomly for each block and treatment and a series of indicators were assessed for each tree. Crown transparency data were analysed by ANOVA. Although the values remain low, explained crown transparency increases significantly, especially at the plots subjected to treatments. Unexplained crown transparency decreases significantly at the treated plots. The rate of decrease was higher at the plots treated with standards released by groups. A comparison with the crown transparency trends of the trees in the same region confirmed that treated plots improves their condition with respect to the regional mean. Possible interpretation of results may consider a potential bias due to the procedure adopted to select the trees to be released as well as the diminished competition for resources.*

Key words. *Coppicing, crown condition, management, Umbria (Italy).*

Riassunto. Sono state valutate le condizioni degli alberi ai vari *plot* sperimentali del progetto TraSFoRM. Sono stati selezionati in maniera casuale 30 alberi per *plot* ed effettuate valutazioni visive di una serie di indicatori dello stato della chioma. I dati riferibili alla trasparenza (spiegabile, non spiegabile, totale) sono stati analizzati mediante ANOVA. La trasparenza spiegabile aumenta significativamente, specialmente nei *plot* trattati, ma i valori rimangono comunque bassi. La trasparenza non spiegabile diminuisce significativamente nei *plot* trattati, specialmente nel trattamento mediante matricinatura a gruppi. Un confronto con le tendenze della trasparenza degli alberi nella zona dell'Alto Tevere conferma che i *plot* trattati migliorano rispetto alla condizione generale della zona. Possibili interpretazioni di questi risultati coinvolgono sia un'eventuale distorsione nella selezione degli alberi da rilasciare, sia un effetto della liberazione delle chiome ed una diminuita competizione delle risorse.

Parole chiave. Ceduazione, condizione delle chiome, gestione, Umbria.



La chioma degli alberi è uno degli indicatori utilizzati a livello europeo per il monitoraggio delle condizioni delle foreste (FERRETTI *et al.*, 1998) e su cui sono basate statistiche annuali nazionali (es. BUSSOTTI *et al.*, 2002) ed internazionali (LORENZ *et al.*, 2002) su stato e tendenze dei nostri boschi. Tuttavia, non è facile interpretare i dati sulle condizioni delle chiome (BUSSOTTI e FERRETTI, 1998; FERRETTI, 1997). La condizione degli alberi è soggetta ad una varietà di influenze generate da fattori diversi: avversità meteorologiche, competizione per le risorse (acqua, luce, nutrienti), parassiti

e patogeni, azione dell'uomo (cattiva gestione, uso di tecniche improprie di utilizzazione, all'alterazione del chimismo dell'ambiente) sono tutti potenziali determinanti di cambiamenti nelle condizioni degli alberi (INNIS, 1993). Inoltre, l'azione di alcuni dei fattori sopra indicati può essere favorita o contrastata da quella degli altri (MANION e LACHANCE, 1992): si genera così un insieme complesso di interazioni il cui ordinamento in una serie di rapporti causa-effetto è in genere difficile.

La deliberata modificazione della densità del popolamento tramite interventi selvicolturali deter-

mina una serie di conseguenze sulle condizioni microambientali di un bosco: la diminuita densità della copertura causa cambiamenti nei rapporti di competizione tra individui per le varie risorse, è in grado di determinare una maggiore esposizione delle chiome ad eventi meteo climatici potenzialmente dannosi (es. vento), induce variazioni nelle condizioni di umidità e temperatura del suolo, influenzando la mineralizzazione della sostanza organica, la disponibilità di nutrienti e - potenzialmente - le condizioni di proliferazione di patogeni e parassiti. Sembra poi lecito attendersi - per lo meno nel medio-lungo periodo - altri effetti sulle condizioni del suolo dovute all'abbandono in sito della ramaglia. Per questi motivi la condizione degli alberi è stato uno degli indicatori di risposta scelti per valutare l'effetto dei trattamenti sul bosco esaminato (FERRETTI *et al.*, 1999b). L'utilizzo della trasparenza della chioma (un *proxy* della defogliazione) è inoltre coerente con criteri e indicatori (C&I) selezionati nell'ambito del processo di Helsinki per una gestione sostenibile delle foreste (BRANG *et al.*, 2002).

Questo contributo sintetizza stato e cambiamenti della trasparenza delle chiome degli alberi nel sito sperimentale del progetto TraSFORM a Pietralunga in funzione dei diversi trattamenti applicati.

Materiali e metodi

Campione esaminato

La selezione degli alberi per le osservazioni sulle condizioni delle chiome è stato eseguito annualmente mediante estrazione casuale da lista senza reinserimento, utilizzando sempre 30 osservazioni per ciascuna combinazione blocco-trattamento. La composizione specifica del campione di ciascuna combinazione blocco-trattamento riflette la differenza di composizione specifica tra i vari blocchi e trattamenti (CANTIANI *et al.*, 2002): il cerro predomina nei trattamenti 1A e 1B, mentre è all'incirca in pari proporzione con la roverella in 1C e nel blocco 2. Carpino ed ornello sono presenti in proporzioni analoghe tra i due blocchi. Con poche eccezioni, la proporzione tra le specie

determinanti il campione esaminato tende a rimanere costante nei vari anni di osservazione.

Sistema di valutazione ed indicatori

I metodi di rilevamento sono gli stessi illustrati per la rete di rilevamento estensivo delle condizioni delle specie quercine decidue in Umbria e sono riportati in dettaglio nel manuale utilizzato dai tecnici delle Comunità Montane nei precedenti rilievi del 1992, 1994, 1995 e successivamente nel periodo 1998-2001 (FERRETTI *et al.*, 2002). Il rilevamento è basato su una valutazione visiva dello stato degli alberi attraverso una serie di indicatori. Dettagli su indicatori ed indici sono riportati nei precedenti rapporti (CENNI *et al.*, 1995, 1996; FERRETTI *et al.*, 1999a, b). In particolare, le valutazioni della trasparenza delle chiome sono state eseguite per confronto con le serie standard di cerro e roverella correntemente utilizzate a livello nazionale ed internazionale (FERRETTI, 1994). Le valutazioni sono state condotte una volta all'anno, solitamente tra la fine di agosto e la metà di settembre, normalmente nell'arco di due giorni ed in ogni caso al massimo nel giro di una settimana.

Elaborazione dei dati

I dati sono stati dapprima trasformati mediante logaritmo in base 10. Ciò ha permesso di ridurre notevolmente l'asimmetria della distribuzione e quindi di applicare metodi statistici parametrici. Sono state poi effettuate statistiche descrittive (media e deviazione standard) ed un'analisi della varianza mediante ANOVA a tre vie Entro-Soggetti, utilizzando l'anno come fattore a misure ripetute (UNDERWOOD, 1997). F multivariato (*lambda* di Wilks) è stato usato per confermare la significatività del fattore a misure ripetute (anno) e delle interazioni che lo coinvolgono (es. trattamento*anno) evidenziata dall'analisi univariata. Per l'analisi della varianza, sono stati considerati gli effetti dovuti ad anno, blocco ed ai trattamenti, ma non è stata considerata la specie. Questo perchè nell'esperimento si intende valutare se i trattamenti hanno effetto sulle condizioni del bosco nel suo insieme e quindi non è sembrato coerente andare a distinguere specie per specie. Inoltre,

la composizione specifica del campione è largamente dominata da cerro e roverella.

Il test di Tukey (HSD, *Honest Significance Difference*) è stato successivamente eseguito per i singoli livelli dei fattori risultati significativi dall'analisi della varianza (UNDERWOOD, 1997).

Risultati e discussione

Confronti tra le aree sperimentali

La Tabella 4/3.1 riporta i risultati dell'analisi della varianza eseguita su dati *log-transformed*. La TCNN è significativamente diversa tra i due blocchi sperimentali (più elevata nel blocco 1), ma la tendenza temporale è risultata simile. Di seguito i risultati vengono discussi separatamente per trasparenza spiegabile e non spiegabile.

Trasparenza spiegabile

La Figura 4/3.1 riporta i valori medi di trasparenza per le combinazioni anno e trattamento mentre la Tabella 4/3.2 riporta i risultati del test HSD eseguito sui fattori significativi. Tra i fattori esaminati, solo l'anno è risultato significativo per se, mentre è risultata significativa l'interazione *anno*trattamento*. In genere, si assiste ad un aumento della TCN (Figura 4/3.2). La TCN nel trattamento di controllo (C) mostra una differenza significativa tra il 2001 e gli altri anni. In particolare, il picco del 2001 sembra essere attribuibile ad una maggiore incidenza dell'azione degli insetti, che comunque rimane limitata, tanto che, alla fine del periodo esaminato, la TCN non è risultata significativamente diversa dall'inizio. Per il trattamento A si hanno differenze significative solo tra il 1999 ed il 2002. Ciò è essenzialmente dovuto ad un aumento dell'azione degli insetti ed alla presenza di parassiti vegetali ed epifite (essenzialmente loranto). Alla fine del periodo esaminato la TCN è risultata significativamente superiore rispetto all'inizio. Per il trattamento B si hanno differenze significative tra il 1999 e tutti gli altri anni. Ciò è risultato essenzialmente dovuto ad un aumento dell'azione degli insetti, la cui intensità è aumentata nel corso del periodo esaminato. Alla fine del periodo esaminato, la TCN è risultata significativamente superiore.

Confrontando i valori annuali di TCN per i vari trat-

| Fattori ed interazioni | TCN | TCNN |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Blocco | 0,1055 | 0,0000 |
| Trattamento | 0,2917 | 0,3221 |
| Anno | 0,0000 | 0,0000 |
| Blocco*Trattamento | 0,0964 | 0,0800 |
| Blocco*Anno | 0,1195 | 0,0020 |
| Trattamento*Anno | 0,0000 | 0,0000 |
| Blocco*Trattamento*Anno | 0,0503 | 0,1151 |

Tabella 4/3.1 - Fattori ed interazioni tra fattori: risultati dell'analisi della varianza. In grassetto i valori significativi ($p < 0,05$).

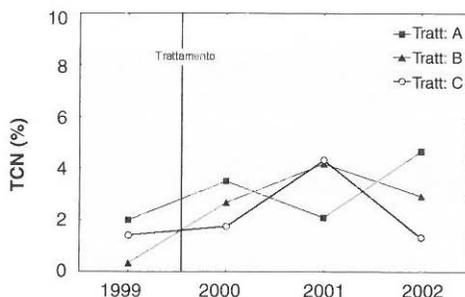


Figura 4/3.1 - Evoluzione della media di TCN nel periodo esaminato. Vedi Tabella 4/3.2 per la significatività delle differenze tra medie.

tamenti, si osservano differenze significative tra i trattamenti A e B nel 2001 e tra A ed il controllo C per il 2002.

In conclusione, se la TCN è solo occasionalmente diversa tra *plot* trattati e controllo, alla fine del trattamento essa risulta essere aumentata significativamente solo nelle aree trattate. I valori di TCN rimangono comunque bassi e compresi nel possibile errore di misurazione.

Trasparenza non spiegabile

La Figura 4/3.2 riporta i valori medi di trasparenza per le combinazioni anno e trattamento mentre la Tabella 4/3.2 riporta i risultati del test HSD eseguito sui fattori significativi. Tra i fattori esaminati, blocco e anno sono risultati significativi per se, così come sono risultate significative le interazioni *anno*trattamento* e *blocco*anno*.

L'andamento temporale evidenzia una sostanziale stabilità della TCNN nel controllo ed una diminuzione in entrambi i trattamenti. In dettaglio, la TCNN nel trattamento di controllo non mostra mai diffe-

| Trattamento ed anno | Trasparenza spiegabile (TCN) | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|
| | A 1999 | A 2000 | A 2001 | A 2002 | B 1999 | B 2000 | B 2001 | B 2002 | C 1999 | C 2000 | C 2001 | C 2002 |
| A 1999 | | | | | | | | | | | | |
| A 2000 | 0,753 | | | | | | | | | | | |
| A 2001 | 0,988 | 1,000 | | | | | | | | | | |
| A 2002 | 0,004 | 0,667 | 0,210 | | | | | | | | | |
| B 1999 | 0,779 | 0,009 | 0,085 | 0,000 | | | | | | | | |
| B 2000 | 0,478 | 1,000 | 0,995 | 0,890 | 0,002 | | | | | | | |
| B 2001 | 0,000 | 0,202 | 0,029 | 1,000 | 0,000 | 0,432 | | | | | | |
| B 2002 | 0,934 | 1,000 | 1,000 | 0,390 | 0,033 | 1,000 | 0,075 | | | | | |
| C 1999 | 1,000 | 0,905 | 0,999 | 0,014 | 0,573 | 0,694 | 0,001 | 0,987 | | | | |
| C 2000 | 1,000 | 0,805 | 0,993 | 0,006 | 0,723 | 0,541 | 0,000 | 0,956 | 1,000 | | | |
| C 2001 | 0,005 | 0,672 | 0,214 | 1,000 | 0,000 | 0,893 | 1,000 | 0,395 | 0,014 | 0,006 | | |
| C 2002 | 1,000 | 0,664 | 0,973 | 0,003 | 0,851 | 0,385 | 0,000 | 0,887 | 1,000 | 1,000 | 0,003 | |

Tabella 4/3.2 - Risultati del test HSD di Tukey effettuato *post-hoc* sull'interazione anno*trattamento per TCN e TCNN

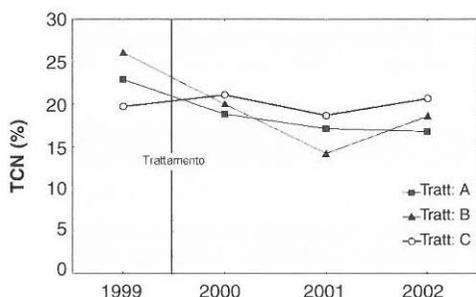


Figura 4/3.2 - Evoluzione della media di TCNN nel periodo esaminato. Vedi Tabella 4/3.2 per la significatività delle differenze tra medie.

renze significative tra gli anni. Per il trattamento A esistono differenze significative tra il 1999 (prima del trattamento) ed il 2002. Per il trattamento B sono rilevabili differenze significative tra il 1999 (prima del trattamento) e tutti gli altri anni.

Confrontando i valori annuali di TCNN per i vari trattamenti non sono osservabili differenze significative tra i *plot* nè prima nè dopo l'effettuazione del trattamento.

In conclusione, i risultati indicano che, se la TCNN delle chiome non è mai significativamente diversa tra *plot* trattati e controllo, solamente nei *plot* trattati si assiste ad una sua significativa diminuzione nel periodo 1999-2002.

Il ruolo della riduzione di densità del bosco sulla trasparenza della chioma

E' probabile che la rapida diminuzione di densità della copertura del bosco sia l'evento che ha determinato la variazione di molti altri fattori che,

a loro volta, individualmente od in combinazione, possono poi aver agito nel causare i cambiamenti osservati e descritti nella sezione precedente. Un probabile effetto è quello della diminuita competizione laterale con le altre chiome. La misura della densità del bosco in prossimità degli alberi selezionati per la valutazione può quindi fornire una chiave interpretativa sintetica, anche se grezza, delle osservazioni effettuate. L'analisi svolta (TCN e TCNN in funzione dei gradi di libertà della chioma) ha rilevato solo deboli influenze (in totale <10% della varianza della TCNN viene spiegata dalla libertà dell'chioma): solo per il subset di dati relativo al 2002 (alla fine dell'esperimento) si osserva una certa diminuzione dei valori di TCNN all'aumentare della libertà della chioma ($R^2: 0,79$).

Confronto tra le aree sperimentali e la situazione generale dei boschi dell'alto Tevere

Un secondo tipo di confronto ha considerato TCN e TCNN delle aree sperimentali e delle aree di saggio a cerro e roverella nei boschi dell'Alto Tevere (FERRETTI *et al.*, 2002). Sono state comparate la media annuale di ciascuna area sperimentale TraSFORM (ricavata da 30 piante, in prevalenza di cerro e roverella) con la media annuale ponderata di 317 alberi (cerro: 145; roverella: 172) presenti nelle aree di saggio della rete. Dalle medie di TCN e TCNN degli alberi delle aree sperimentali sono state sottratte le corrispondenti medie degli alberi della rete. Il confronto è forzatamente limitato agli anni dal 1999 (inizio rilievi nelle aree sperimentali) al 2001 (fine rilievi nelle

Trasparenza non spiegabile (TCNN)

| A 1999 | A 2000 | A 2001 | A 2002 | B 1999 | B 2000 | B 2001 | B 2002 | C 1999 | C 2000 | C 2001 | C 2002 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,327 | | | | | | | | | | | |
| 0,219 | 1,000 | | | | | | | | | | |
| 0,010 | 0,987 | 0,997 | | | | | | | | | |
| 0,967 | 0,005 | 0,002 | 0,000 | | | | | | | | |
| 0,741 | 1,000 | 1,000 | 0,807 | 0,043 | | | | | | | |
| 0,000 | 0,209 | 0,313 | 0,939 | 0,000 | 0,041 | | | | | | |
| 0,413 | 1,000 | 1,000 | 0,971 | 0,009 | 1,000 | 0,153 | | | | | |
| 0,906 | 0,999 | 0,995 | 0,594 | 0,110 | 1,000 | 0,014 | 1,000 | | | | |
| 1,000 | 0,878 | 0,777 | 0,138 | 0,531 | 0,995 | 0,001 | 0,927 | 1,000 | | | |
| 0,471 | 1,000 | 1,000 | 0,955 | 0,012 | 1,000 | 0,124 | 1,000 | 1,000 | 0,950 | | |
| 0,991 | 0,971 | 0,927 | 0,288 | 0,309 | 1,000 | 0,003 | 0,987 | 1,000 | 1,000 | 0,993 | |

TCNN. In grassetto i valori significativi ($P < 0,05$).

aree della rete). Le differenze nei valori di TCN tra le aree di Pietralunga e quelle della rete sono sempre risultate inferiori al 5%. Per la TCNN è invece osservabile una diminuzione nelle aree sperimentali rispetto alla media dell'Alto Tevere. La diminuzione è più marcata per le aree trattate, ma la si può notare anche nelle aree di controllo.

Conclusioni

Le condizioni degli alberi prima dell'intervento indicavano una trasparenza spiegabile su valori medi bassi (1,25%) e trasparenza non spiegabile su livelli di attenzione (22,9%): nel complesso condizioni poco dissimili da quelle medie dei boschi di quercia dell'Alto Tevere. Occorre dire che l'assegnazione dei trattamenti ai vari plot era stata fatta precedentemente alla valutazione delle chiome, senza cioè conoscerne i valori.

L'esecuzione dei trattamenti ha determinato - nelle aree trattate - una significativa diminuzione della TCNN ed un lieve - e più ambiguo - aumento di TCN. Un ulteriore confronto effettuato utilizzando come riferimento le condizioni medie delle querce nell'area della Comunità Montana dell'Alto Tevere (periodo 1999-2001) conferma questi risultati.

La diminuzione di TCNN rilevata nelle aree trattate può essere interpretata secondo varie prospettive. In primo luogo, è probabile che i trattamenti abbiano, più o meno deliberatamente, rilasciato gli individui in condizioni vegetative migliori. Questa potenziale distorsione può aver determinato automaticamente un "miglioramento" delle condizioni medie delle aree trattate. Diversamente, il miglio-

ramento riscontrato nelle aree trattate può essere interpretabile come una risposta alla maggiore disponibilità di risorse, sia come liberazione dalla competizione diretta per la luce sia come maggiore disponibilità di nutrienti. In particolare, la maggiore disponibilità di luce può aver favorito lo sviluppo vegetativo della chioma. In entrambi i casi, tuttavia, l'inversione di tendenza registrata in parte nel 2002 indica che i benefici possono essere di breve termine, reversibili o magari contrastabili da altri fattori.

In conclusione, i trattamenti effettuati sembrano avere - nel breve termine - un effetto positivo, sulle chiome degli alberi. Alcuni aspetti (apparente aumento dei danni di natura spiegabile, possibile reversibilità dell'effetto "benefico") vanno considerati con attenzione.

Bibliografia

- BRANG P., COURBAUD B., FISCHER B. A., KISSLING-NAF I., PETTENELLA D., SCHONENBERGER W., SPORK J., GRIMM V., 2002 - **Developing indicators for the sustainable management of mountain forests using a modelling approach**. Forest Policy and Economics, 4 (2): 113-123.
- BUSSOTTI F., GEROSA G., CENNI E., COZZI A., FERRETTI M., BETTINI D., NIBBI R., 2002 - **Le condizioni delle chiome nei boschi italiani**. Risultati 1997-2000". Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Firenze: 16 pp.
- BUSSOTTI F., FERRETTI M., 1998 - **Air pollution, forest condition and forest declines in Southern Europe. An Overview**. Environmental Pollution, 101: 49-65.
- CANTIANI P., FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 - **Il disegno sperimentale del progetto TraSFORM**. In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura

di) **Il Progetto TraSFORM**: 29-36.

CENNI E., FERRETTI M., GALEOTTI L., 1995 - **Condizione degli alberi nei complessi forestali dell'Alto Tevere, Coscerno Aspra, Monte Cucco, Nera Piediluco, Subasio, Tevere, Trasimeno. Rapporto 1994**. Regione dell'Umbria, area operativa: Agricoltura e Foreste, Ufficio Foreste ed Economia Montana, 46 pp.

CENNI E., FERRETTI M., PALLICCA P., 1996 - **Condizione degli alberi nei complessi forestali dell'Alto Tevere, Coscerno Aspra, Monte Cucco, Nera Piediluco, Subasio, Tevere, Trasimeno. Rapporto 1995**. Regione dell'Umbria, area operativa: Agricoltura e Foreste, Ufficio Foreste ed Economia Montana, 48 pp.

FERRETTI M. (a cura di), 1994b - **Mediterranean Forest Trees - A Guide for Crown Assessment**. CEC/UN-ECE, Bruxelles, Geneva, 17 pp + annessi fotografici.

FERRETTI M., 1997 - **Forest health assessment and monitoring. Issues for consideration**. Environmental Monitoring and Assessment, 48: 45-72.

FERRETTI M., CENNI E., COZZI A., 1999a - **Condizione degli alberi in Umbria nel periodo 1992-1995**. In: Regione dell'Umbria "Analisi di metodologie integrate per la misurazione dei danni cagionati alle foreste in ambiente sub-mediterraneo". Progetto regionale 1992-96. Relazione finale: 9-27.

FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 1999b - **TraSFORM - Un progetto per la valutazione della risposta di querceti decidui a forme diverse di trattamento culturale in Umbria**. SISEF, Atti, 2: 3-8.

FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002a - **La trasparenza delle chiome in *Quercus cerris* L. e *Q. pubescens* Willd. in alcuni complessi forestali dell'Umbria nel periodo 1992-2001**. In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 21-28.

FERRETTI M., SAVINI P., CENNI E., COZZI A. (a cura di), 1998 - **Rapporto finale dei progetti 91.60.IT.002.0 e 92.60.IT.005.0 cofinanziati dall'Unione Europea nell'ambito del Reg. (CEE) 3528/86**. Progetto di Indagine Sperimentale sul Deterioramento e sulla Protezione delle Foreste contro l'Inquinamento Atmosferico. Risultati 1991-1995. Regione Emilia-Romagna, Servizio Paesaggio, Parchi e Patrimonio naturale, Ufficio Risorse Forestali, 309 pp.

INNES J.L., 1993 - **Forest health: its assessment and status**. CAB International, Wallingford, Oxon, UK: 677 ps.

LORENZ M., MUES V., BECHER G., SEIDLING W., FISCHER R., LANGOUCHE D., DURRANT D., BARTELS U., 2002 - **Forest condition in Europe. Results of the 2001 large-scale survey**. EC and UN/ECE, Brussels, Geneva: 99 ps + annexes.

MANION P.D., LACHANCE D. (a cura di), 1992 - **Forest decline concepts**. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA: 249 ps.

UNDERWOOD A.J., 1997 - **Experiments in Ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance**. Cambridge University Press, Cambridge, UK: 504 pp.

Principali valutazioni sugli scambi di CO₂ tra suolo e atmosfera in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento colturale in Umbria

V. Tedeschi
G. Tirone

ItaliAmbiente s.r.l. • Viterbo

Abstract. SOIL-ATMOSPHERE CO₂ EFFLUX IN DECIDUOUS OAK FOREST PLOTS SUBJECTED TO DIFFERENT MANAGEMENT PRACTICES - MAIN RESULTS. Soil CO₂ efflux was measured in different silvicultural treatments (coppicing with standard and coppicing with standards in groups compared with a control) during May to October 2002. The measurements of soil CO₂ efflux presented herein ranged between 2.53 and 6.70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; we observed high respiration rates during the summer and low temporal variability. We recorded the higher soil respiration rate in control plot (5,37 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) followed by coppiced with standards in groups plot (4,41 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and coppiced with standard plot (3,87 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$). No difference was detected in soil CO₂ efflux between logged plots as well as in soil temperature and moisture. Soil respiration appear to be related with NPP which is likely to cause reduced availability of substrate for root respiration and, consequently, the observed reduction on soil respiration after logging.

Key words. Coppice, oaks, soil CO₂ efflux, Umbria (Italy).

Riassunto. Nel periodo Maggio-Ottobre 2002 sono stati misurati i flussi di CO₂ in aree soggette a differenti forme di trattamento selvicolturale (ceduazione con matricinatura semplice ed a gruppi). I flussi misurati variano tra 2,53 e 6,70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; sono stati osservati elevati tassi di respirazione estiva e bassa variabilità. I tassi di respirazione più elevati sono stati registrati nei *plot* di controllo (5,37 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), seguiti da quelli trattati "a gruppi" (4,41 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e dai *plot* con matricinatura semplice (3,87 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Non sono state riscontrate differenze significative nei flussi di CO₂ tra *plot* trattati e controllo, nè nei confronti della temperatura del suolo ed umidità tra i vari *plot*. La respirazione del suolo appare collegabile alla PPN, la cui diminuzione è probabile possa causare una diminuzione della respirazione radicale e - conseguentemente - l'osservata riduzione della respirazione del suolo nei *plot* trattati.

Parole chiave. Ceduo, flussi di CO₂ dal suolo, querce, Umbria.

L'aumento della concentrazione atmosferica della CO₂, dovuto alle attività umane e la possibilità che ciò possa causare un'intensificazione dell'effetto serra sul clima terrestre, ha indirizzato numerose ricerche verso lo studio degli ecosistemi in relazione al ciclo del carbonio.

Studi recenti individuano negli ecosistemi terrestri, di cui le foreste rappresentano più dell'80%, significativi *sink* per la CO₂ atmosferica (DIXON *et al.*, 1994; KAUPPI *et al.*, 1992).

Negli ecosistemi forestali il suolo costituisce la più ingente riserva di carbonio: JOBBAGY e JACKSON (2000) stimano che nei primi metri di profondità del suolo sono immagazzinate 1500 Gt di carbonio, circa il doppio del carbonio presente in atmosfera come CO₂ e fino a tre volte il carbonio fissa-

to nella vegetazione.

Annualmente, l'entità del flusso di carbonio dal suolo in atmosfera (50-75 Gt di C; RAICH e SCHLESINGER, 1992) uguaglia la produttività primaria netta e rappresenta circa la metà della produttività primaria lorda (HOUGHTON e WOODWELL, 1989).

Il contenuto di sostanza organica del suolo è la risultante di due processi: uno di sintesi, legato alla produttività primaria netta (NPP) attraverso gli apporti di residui vegetali (lettiera superficiale e sotterranea) ed uno opposto di mineralizzazione, con perdita di carbonio come CO₂ (respirazione del suolo).

La respirazione del suolo rappresenta dal 50 all'80% delle perdite respiratorie di carbonio dell'ecosistema forestale (JANSSENS *et al.*, 2000; LAW

et al., 1999) ed i recenti risultati della rete di monitoraggio Euroflux ne hanno evidenziato il ruolo primario nel bilancio del carbonio degli ecosistemi forestali (VALENTINI *et al.*, 2000).

La respirazione del suolo risulta strettamente correlata alla temperatura e l'umidità del suolo (FANG e MONCRIEFF, 2001) ed è sensibilmente influenzata dal tipo di gestione antropica cui l'ecosistema è sottoposto.

HOUGHTON *et al.* (1983), attraverso l'uso di modelli, stimano che il taglio di foreste rispettivamente tropicali, temperate e boreali comporta una perdita di carbonio nel suolo, rispetto al contenuto iniziale, del 35, 50 e 15%. JOHNSON (1992), in una *review* dedicata agli effetti della gestione forestale sulla capacità di sequestro del carbonio da parte del suolo, conferma come la messa a coltura dei suoli forestali conduca ad una sostanziale diminuzione del C.

In alcuni casi, al contrario, è risultato che il taglio può incrementare la dotazione di C del suolo a seguito dell'incorporazione della sostanza organica derivante dalla decomposizione dei residui del taglio (GHOLZ e FISHER, 1982; HENRICKSEN *et al.*, 1989).

Il presente contributo è parte integrante del progetto TraSFoRM "Individuazione di forme appropriate di trattamento selvicolturale per il mantenimento ed il recupero di foreste degradate" e si pone l'obiettivo specifico di valutare gli effetti che diverse forme di ceduzione esercitano sull'emissione di CO₂ dal suolo in querceti decidui umbri (FERRETTI *et al.*, 1999)

Le diverse forme di ceduzione, modificando la copertura forestale e la produttività primaria, possono determinare differenze nell'emissione di CO₂ dal suolo attraverso effetti di tipo fisico e fisiologico.

Sono effetti di tipo fisico, le variazioni nella temperatura e nell'umidità del suolo che si verificano nei soprassuoli a diversa copertura forestale, a causa della diversa irradiazione e intercettazione delle precipitazioni. Tali effetti possono essere determinanti sull'emissione di CO₂ dal suolo, dal momento che temperatura ed umidità sono i fattori più strettamente correlati con la respirazione del

suolo.

La ceduzione può influenzare l'emissione di CO₂ dal suolo anche da un punto di vista fisiologico. Soprassuoli caratterizzati da differente produttività primaria presentano differenze nell'attività radicale e di conseguenza nella respirazione delle radici, a causa della diversa disponibilità di fotosintetati allocati nel comparto ipogeo (HOGBERG *et al.*, 2001).

Differenze nell'attività fotosintetica determinano, inoltre, differenze nella produzione di lettiera. In assenza di fattori limitanti, laddove la lettiera è più abbondante l'attività delle comunità microbiche e della mesofauna del suolo è maggiore, con la conseguenza che, a sua volta, anche la respirazione del suolo aumenta.

La pratica del taglio, inoltre, può essere accompagnata da un altro fenomeno. La riduzione drastica della produttività primaria a seguito del taglio può innescare estesi fenomeni di moria nella componente fine degli apparati radicali, stimolando l'attività di decomposizione della catena del detrito del suolo (REY *et al.*, 2002).

Materiali e metodi

Il piano di campionamento

L'attività di monitoraggio della respirazione del suolo si inserisce nel disegno sperimentale del progetto TraSFoRM, seguendone le principali modalità.

Nel sito di Pietralunga (PG), i punti di misura della respirazione del suolo sono stati collocati nelle sottoaree 10x10 m dei tre trattamenti (A = matricinato semplice, B = matricinato a gruppi, C = controllo), nei due blocchi omogenei di diversa età (blocco 1, età 27-29 anni e blocco 2, 16-18 anni). Sono stati delimitati 5 *subplot* di forma circolare (diametro 4 m) in ognuno dei 3 trattamenti, in entrambi i blocchi di diversa età. Nei trattamenti controllo (C) e matricinato semplice (A) i 5 *subplot* di misura sono stati installati intorno a 5 dei 9 punti di misura del *Leaf Area Index* (AMORINI *et al.*, 2002, Figura 4/4.1). Nel trattamento matricinato a gruppi (B) sono stati collocati 2 *subplot* di misura intorno a 2 gruppi di matricine e 3 distribuiti nell'a-

rea non interessata dal rilascio. Per tener conto del fattore pendenza, i *subplot* sono stati disposti lungo il gradiente altimetrico, in tutti i trattamenti. All'interno di ogni *subplot* sono stati installati al suolo 3 collari in PVC nei quali è stata misurata la respirazione del suolo mediante un sistema IRGA portatile (*InfraRed Gas Analyzer*) di tipo chiuso, dinamico (EGM-2 PP-Systems; PARKINSON, 1981). Il collare assicura l'ancoraggio al suolo dello strumento e impedisce eventuali entrate o uscite d'aria durante la misura; per evitare che interferisse con la crescita radicale fine, è stato, inoltre, provvisto di fori nella profondità (Figura 4/4.1).

Nelle immediate vicinanze dei collari è stata misurata la temperatura e l'umidità del suolo (profondità 5 cm) mediante, rispettivamente, una sonda STP-1 (PP-Systems) e una sonda theta (ML2x, Delta-T Devices).

La misura della respirazione del suolo è stata effettuata in 9 date di campionamento distribuite nel periodo maggio-ottobre 2002. La frequenza è stata bisettimanale nei mesi di maggio, giugno ed ottobre e mensile nel periodo luglio-settembre, a causa di un prolungato periodo di piogge che ha reso più volte impraticabile l'attività di campo.

Analisi dei dati

Sui dati di respirazione, temperatura e umidità del suolo è stata applicata l'analisi della varianza a due criteri di classificazione (ANOVA, $\alpha = 0,05$, SOKAL e ROHLF, 1995) per verificare l'ipotesi di nessuna differenza su tali variabili dovuta, rispettivamente, al fattore trattamento colturale (A, B, C) ed al fattore età del popolamento (blocco 1, 2).

Nei casi in cui l'analisi della varianza ha permesso di respingere l'ipotesi nulla di nessuna differenza nei livelli di un fattore, è stato applicato il metodo T di Tuckey per stabilire quali particolari livelli del fattore risultassero significativamente differenti tra loro (SOKAL e ROHLF, 1995).

Risultati e discussione

L'andamento della respirazione del suolo, nei soprassuoli di differente età e trattamento colturale, è mostrato nelle Figure 4/4.2 e 4/4.3.

Ad un livello di significatività del 5%, l'analisi della

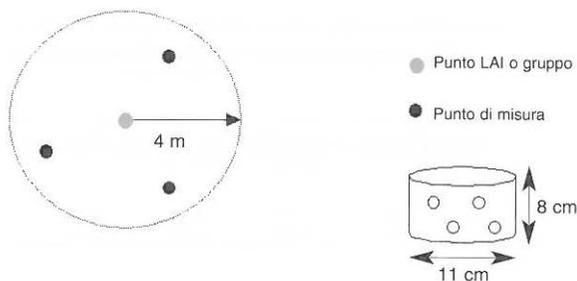


Figura 4/4.1 – Schematizzazione del *subplot* di misura. A destra particolare del collare di misura.

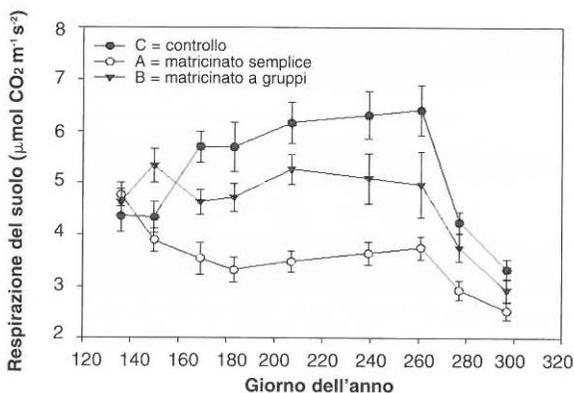


Figura 4/4.2 – Andamento della respirazione del suolo nei tre trattamenti, nel blocco 1.

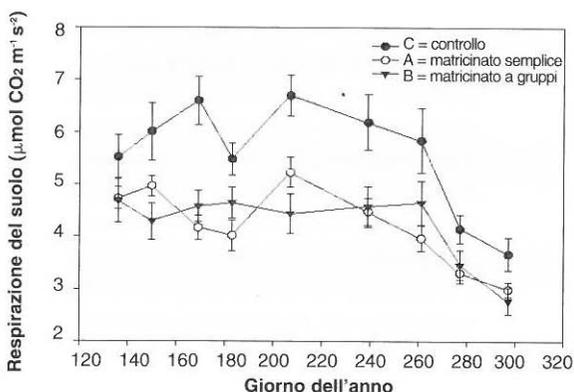


Figura 4/4.3 – Andamento della respirazione del suolo nei tre trattamenti, nel blocco 2.

varianza non ha evidenziato differenza nell'emissione di CO₂ media dal suolo dovuta all'età del popolamento ($P = 0,306$). Al contrario, è stata evi-

| Respirazione del suolo ⁽¹⁾ | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|--|--|---------|--|--|---------|--|--|---------|
| | Giorno giuliano | C = controllo | | | A = matricinato semplice | | | B = matricinato a gruppi | | |
| | | Flusso $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ | SE $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ | CV % | Flusso $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ | SE $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ | CV % | Flusso $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ | SE $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ | CV % |
| Blocco 1 | 136 | 4,36 | 0,30 | 26,8 | 4,77 | 0,23 | 19,0 | 4,62 | 0,26 | 21,7 |
| | 150 | 4,33 | 0,30 | 26,8 | 3,90 | 0,23 | 22,6 | 5,33 | 0,33 | 24,0 |
| | 169 | 5,70 | 0,30 | 20,4 | 3,54 | 0,31 | 34,1 | 4,63 | 0,24 | 19,8 |
| | 183 | 5,69 | 0,48 | 32,6 | 3,32 | 0,24 | 28,3 | 4,72 | 0,27 | 22,5 |
| | 207 | 6,16 | 0,40 | 25,3 | 3,48 | 0,21 | 23,3 | 5,26 | 0,29 | 21,5 |
| | 239 | 6,31 | 0,46 | 27,9 | 3,48 | 0,22 | 23,0 | 5,09 | 0,49 | 36,8 |
| | 261 | 6,41 | 0,49 | 29,7 | 3,75 | 0,22 | 22,8 | 4,97 | 0,63 | 47,3 |
| | 277 | 4,24 | 0,21 | 19,4 | 2,93 | 0,18 | 23,2 | 3,75 | 0,27 | 28,0 |
| | 297 | 3,33 | 0,20 | 22,8 | 2,53 | 0,17 | 26,0 | 2,93 | 0,22 | 29,6 |
| | Blocco 2 | 136 | 5,52 | 0,42 | 29,3 | 4,73 | 0,21 | 17,1 | 4,69 | 0,43 |
| 150 | | 6,01 | 0,55 | 35,5 | 4,97 | 0,19 | 14,8 | 4,29 | 0,35 | 31,7 |
| 169 | | 6,60 | 0,46 | 26,8 | 4,17 | 0,24 | 22,4 | 4,58 | 0,29 | 24,9 |
| 183 | | 5,48 | 0,30 | 21,4 | 4,02 | 0,29 | 28,0 | 4,65 | 0,30 | 25,1 |
| 207 | | 6,70 | 0,40 | 22,2 | 5,23 | 0,29 | 21,3 | 4,44 | 0,38 | 32,7 |
| 239 | | 6,19 | 0,53 | 25,3 | 4,48 | 0,26 | 21,9 | 4,57 | 0,40 | 38,7 |
| 261 | | 5,84 | 0,62 | 40,0 | 3,97 | 0,24 | 22,9 | 4,65 | 0,42 | 34,8 |
| 277 | | 4,15 | 0,27 | 25,4 | 3,31 | 0,19 | 21,8 | 3,46 | 0,28 | 31,7 |
| 297 | | 3,67 | 0,31 | 32,4 | 2,99 | 0,14 | 18,2 | 2,77 | 0,25 | 35,4 |

(1) Ogni valore riportato in Tabella è la media di 15 osservazioni.

Tabella 4/4.1 – Valori medi della respirazione del suolo nei tre trattamenti e nei due blocchi.

denziata una differenza altamente significativa nei flussi medi di CO_2 del suolo per quanto riguarda il trattamento colturale ($P < 0,001$); non è risultato, inoltre, alcun effetto di interazione tra i fattori età e trattamento ($P = 0,183$). L'applicazione del test di Tuckey ha permesso di stabilire che l'emissione media di CO_2 del controllo differisce significativamente da quella del matricinato regolare e del matricinato per gruppi, ma che tra la respirazione del suolo nei due popolamenti a diversa intensità di matricinatura, non vi è differenza statistica significativa.

Il controllo presenta, in media, i valori maggiori di respirazione del suolo ($5,37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) seguito dal popolamento sottoposto a matricinatura a gruppi ($4,41 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) e, da ultimo, dal popolamento sottoposto a matricinatura semplice ($3,87 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, Tabella 4/4.1).

I coefficienti di variazione della respirazione del suolo sono risultati pari a 29,1%, 27,3% e 22,9% rispettivamente nel matricinato a gruppi, nel controllo e nel matricinato semplice

Durante il periodo di misura la temperatura del suolo è variata tra i 13°C e i $23,5^\circ\text{C}$; nè relativamente al fattore età nè al fattore trattamento colturale, sono state riscontrate differenze nelle temperature medie dei popolamenti (rispettivamente $P = 0,123$ e $P = 0,302$).

L'umidità del suolo si è mantenuta elevata durante tutto il periodo di campionamento ($U > 20\%$) ad eccezione dei giorni giuliani 169-183 in corrispondenza dei quali si registrano le temperature massime del suolo e del giorno 260, limitatamente al controllo del blocco 2 (Tabella 4/4.1).

Nemmeno per l'umidità come pure per la temperatura, si evidenziano differenze statisticamente significative nei valori medi calcolati nei trattamenti e nei blocchi ($P = 0,457$ e $P = 0,945$, Tabella 4/4.1).

L'emissione di CO_2 del suolo nel sito di Pietralunga è risultata compresa nell'intervallo $2,53$ - $6,70 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, in accordo con quanto rilevato da DORE (2000) in un ceduo di cerro della provincia di Viterbo ($1,0$ - $7,1 \mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1}$) e da REY *et al.*, 2002 che, all'interno della stessa for-

mazione, hanno misurato la respirazione del suolo in un soprassuolo, subito dopo il taglio di utilizzazione ($1,35-7,03 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Nei lavori succitati e in generale in ecosistemi forestali di tipo mediterraneo, la respirazione del suolo è caratterizzata da due massimi di emissione rispettivamente in primavera e tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno, intervallati da una decisa riduzione dei flussi nel periodo estivo.

Sebbene l'attività di misura limitata al solo periodo maggio-ottobre 2002 impedisca la ricostruzione di un andamento annuale completo, si evidenzia con chiarezza che la respirazione del suolo a Pietralunga è stata caratterizzata da flussi intensi e variabilità temporale contenuta.

Precipitazioni di intensità e frequenza al di fuori delle medie stagionali hanno determinato, durante i mesi di luglio, agosto e settembre, condizioni di umidità del suolo mai limitanti. L'emissione di CO_2 del suolo per le buone riserve di acqua e le temperature favorevoli si è mantenuta per lungo tempo elevata ($4,20-6,70 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

DORE (2000) riporta flussi di CO_2 nei mesi estivi compresi tra $2,88$ e $4,38 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mentre nello stesso bosco ceduo REY *et al.*, (2002) misurano un'emissione variabile da $2,38$ a $3,70 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Le diverse forme di ceduazione non sono risultate determinare delle differenze nell'emissione di CO_2 del suolo. Rispetto all'ipotesi di nessun intervento (controllo), il taglio del soprassuolo determina una riduzione della respirazione del suolo media del 28% se accompagnato dal rilascio semplice della matricinatura e del 18% se realizzato con rilascio della matricinatura a gruppi.

Nel semestre maggio-ottobre, l'emissione totale di CO_2 dal suolo è risultata pari a $946,26 \text{ g C m}^{-2}$ nel controllo, $771,21 \text{ g C m}^{-2}$ nel matricinato a gruppi e $669,37 \text{ g C m}^{-2}$ nel matricinato semplice.

La maggiore produttività primaria del soprassuolo non interessato dal taglio rispetto ai soprassuoli ceduati determina una maggiore produzione di lettiera (maggiore indice di area fogliare) e, presumibilmente, una maggiore biomassa e attività radicale: l'emissione di CO_2 viene pertanto sostenuta sia nella componente eterotrofa (respirazio-

ne delle comunità microbiche e della mesofauna insediata nella lettiera) che autotrofa (respirazione radicale).

Nei soprassuoli ceduati la drastica diminuzione della produttività primaria può limitare sensibilmente il contributo radicale alla respirazione del suolo attraverso la diminuzione dei fotosintetati allocati nel comparto ipogeo.

REY *et al.* (2002) in un ceduo di cerro dell'alto Lazio osservano, subito dopo il taglio, un contributo pari al 55% della componente eterotrofa sull'emissione totale di CO_2 dal suolo: l'accumulo dei residui del taglio, fenomeni di moria nella componente radicale fine insieme all'aumento della temperatura del suolo indotto dall'interruzione della copertura forestale possono essere le cause della dominanza dei processi di decomposizione microbica sulla respirazione del suolo.

Nel sito di Pietralunga, dunque, il taglio potrebbe aver indotto, da una parte, un aumento del contributo della componente eterotrofa della respirazione del suolo, determinando un'accelerazione dei processi di mineralizzazione, d'altra parte aver drasticamente ridotto il contributo radicale.

L'abbattimento del contributo radicale potrebbe essere meno accentuato nel trattamento ceduo con matricinatura a gruppi e questo spiegherebbe l'emissione di CO_2 tendenzialmente maggiore che si osserva in questo trattamento rispetto al soprassuolo ceduo con matricinatura semplice. In assenza di taglio, è probabile che la decomposizione della sostanza organica del suolo non sia dominante come nei trattamenti ceduati, ma l'attività radicale insieme al contributo microbico e della mesofauna insediata nell'abbondante lettiera, determinano, in termini quantitativi, la maggiore emissione di CO_2 dal suolo.

Conclusioni

I risultati qui riportati, possono essere così riassunti:

1. nel semestre maggio-ottobre 2002 la respirazione del suolo nel sito di Pietralunga è risultata compresa nell'intervallo $2,53-6,70 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$; complessivamente è stata caratterizzata da flussi elevati e variabilità temporale contenuta;

2. Il soprassuolo non interessato dal taglio presenta, in media, i valori maggiori di respirazione del suolo ($5,37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) seguito dal soprassuolo ceduto con rilascio della matricinatura a gruppi ($4,41 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e, da ultimo, dal soprassuolo ceduto con matricinatura semplice ($3,87 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Tra i due trattamenti che differiscono per l'intensità di matricinatura non sono emerse differenze significative nell'emissione di CO_2 .

3. la maggiore diversificazione strutturale determina un coefficiente di variazione della respirazione del suolo più elevato nel matricinato a gruppi (29,1%) rispetto al matricinato semplice (22,9%) ed al controllo (27,3%).

Bibliografia

- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002 - **Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM**: 45-52.
- DIXON R.K., BROWN S., HOUGHTON R.A., SOLOMON A.M., TREXLER M.C., WISNIEWSKI J., 1994 - **Carbon pools and flux of global forest ecosystems.** *Science* 263,185-190.
- DORE S., 2000 - **Aspetti funzionali del bilancio del carbonio e dell'utilizzazione dell'energia negli ecosistemi forestali: tre casi di studio a confronto.** Tesi di Dottorato, Università di Padova.
- FANG C., MONCRIEFF J.B., 2001 - **The dependence of soil CO_2 efflux on temperature.** *Soil biology & biochemistry*. 33,155-165.
- FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 1999 - **TraSFoRM - Un progetto per la valutazione della risposta di querceti decidui a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** Atti S.I.S.E.F. 2,3-8.
- GHOLZ H.L., FISHER R.F., 1982 - **Organic matter production and distribution in slash pine (*Pinus elliottii*) plantations.** *Ecology* 63, 1827-1839.
- HENRICKSEN O.Q., CHATARPAL L., BURGESS, 1989 - **Nutrient cycling following whole-tree and conventional harvest in a northern mixed forest.** *Can. J. For. Res.* 19,725-735.
- HOGBERG P., NORDGREN A., BUCHMANN N., TAYLOR A., EKBLAD A., HOGBERG M.N., NYBERG G., OTTOSSON-LOFVENIUS M., READ D.J., 2001 - **Large-scale forest girdling shows that current photosynthesis drives soil respiration.** *Nature* 411,789-792.
- HOUGHTON R.A., HOBBIE J.M., MELILLO J.M., MOORE B., PETERSON G.R., SHAVER G.R., WOODWELL G.M., 1983 - **Change in the carbon content of terrestrial biota and soil between 1860 and 1980: a net release of CO_2 to the atmosphere.** *Ecol. Monogr.* 53,235-262.
- JANSENS I.A., DORE S., EPRON D., LANKREIJER H., BUCHMANN N., LONGDOZ B., BROUSSAUD J., MONTAGNANI L., 2000 - **Factors influencing the efflux of CO_2 from soil.** In: VALENTINI R., (ed) **Biospheric Exchanges of Carbon, Water and Energy of European Forest.** Springer-Verlag, Berlin.
- JENKINSON D.S., ADAMS D. E., WILD A., 1991 - **Model estimates of CO_2 emissions from soil in response to global warming.** *Nature* 351,304-306.
- JOBBAGY E.G., JACKSON R.B., 2000 - **The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation.** *Ecological applications* 10,423-436.
- JOHNSON D.W., 1992 - **Effects of forest management on soil carbon storage.** *Water, Air and Soil pollution* 64,83-120.
- KAUPPI P.E., MIELIKINEN K., KUUSILA K., 1992 - **Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990.** *Science* 256, 70-74
- LAW B.E., RYAN M.G., ANTHONI P.M., 1999 - **Seasonal and annual respiration of a ponderosa pine ecosystem.** *Global Change Biology* 5, 169-182
- PARKINSON K.J., 1981 - **An improved method for measuring soil respiration in the field.** *Journal of Applied Ecology* 18, 221-228.
- RAICH J.W., SCHLESINGER W.H., 1992 - **The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate.** *Tellus* 44B:81-92.
- REY A., PEGORARO E., TEDESCHI V., DE PARRI I., JARVIS P.G., VALENTINI R., 2002 - **Annual variations in soil respiration and its component in a coppice oak forest in Central Italy.** *Global Change Biology* 8:851-866.
- SOKAL R.R., ROHLF F., 1995 - **Biometry** WH Freeman. New York.
- VALENTINI R., MATTEUCCI G., DOLMEN A.J., SCHULZE, E.D., REBMAN C., MOORS E.J., GRANIRE A., GROSS P., JENSEN N.O., PILEGAARD K., LINDROTH A., GRELE A., BERNHOFER C., GRUNWALD T., AUBINET M., CEULEMANS R., KOWALSKI A.S., VESALA T., RANNIK U., BERBIGIER P., LOUSTAU D., GUOMUNDSSON J., THORGEIRSSON H., IBROM, A., MORGENSTERN K., CLEMENT R., MONCRIEFF J., MONTAGNANI L., MINERBI S., JARVIS P.G., 2000 - **Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests.** *Nature* 404 (6780),861-865.

Principali valutazioni sulla composizione chimica e sulla morfologia fogliare di piante di roverella e cerro in aree sottoposte a diverso trattamento culturale

F. Bussotti⁽¹⁾
 E. Gravano⁽¹⁾
 F. Borghini⁽²⁾
 C. Leonzio⁽²⁾
 M. Bianconi⁽²⁾
 S. Maccherini⁽²⁾

(1) Università degli Studi di Firenze
 (2) Università degli Studi di Siena

Abstract. MAIN RESULTS ABOUT CHEMICAL COMPOSITION AND LEAF MORPHOLOGY OF DOWNY AND TURKEY OAKS TREES IN PLOTS SUBJECTED TO DIFFERENT COPPING. Between 1999 and 2002 samples of leaves were collected yearly from *Quercus pubescens* Willd and *Quercus cerris* L. trees at the experimental site of the TraSFoRM project (Pietralunga, Umbria, central Italy). Six experimental plots (with different silvicultural treatment) subdivided in two blocks were considered. In each plot five trees were sampled yearly. The samples were subjected to morphological and chemical analysis. The morphological measurements included: leaf area and dry weight of 50 leaves, leaf mass per area (i.e., the dry weight per leaf surface unit), length of the shoots, number of leaves brought per shoot and the leaf area brought per shoot. The chemical analysis consisted in the determination of the concentration of the following elements: nitrogen, sulphur, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium. The variations year by year and area by area show a significant increase of foliar nitrogen concentration in some treated areas.

Key words. Oaks, coppice, foliar analysis, Umbria (Italy).

Riassunto. Nel periodo 1999-2002 sono stati raccolti campioni fogliari da alberi di *Quercus pubescens* Willd e *Quercus cerris* L. nel sito sperimentale del progetto TraSFoRM (Pietralunga, Umbria). Sono stati considerati 6 plot con differenti forme di trattamento divisi in due blocchi. Per ogni plot sono stati campionati 5 alberi ed i campioni sono stati analizzati dal punto di vista morfologico (area fogliare, peso secco di 50 foglie, numero di foglie per rametto, massa fogliare per unità di superficie, lunghezza del rametto e superficie fogliare del rametto) e chimico (N, P, S, K, Ca, Mg, Na). I risultati indicano un significativo aumento dei livelli di N nei plot trattati.

Parole chiave. Querce, ceduo, analisi fogliari, Umbria.

.....

Le foglie sono considerate un indicatore di risposta nell'ambito dei programmi per il monitoraggio delle condizioni dei boschi (UN-ECE, 1994). Molta attenzione è stata posta in particolare alla "diagnostica fogliare", ovvero all'analisi chimica delle foglie per determinare la concentrazione ed il contenuto di elementi minerali (BONNEAU, 1988; BERGMANN, 1992). I principi della diagnostica fogliare sono stati recepiti all'interno del programma pan-europeo ICP-Forests (www.lcp-forests.org) e, nelle aree di monitoraggio intensivo (Livello II) è previsto che ogni due anni venga

effettuata la raccolta e l'analisi chimica delle foglie su 5 piante preselezionate. Una volta che le foglie per le analisi chimiche siano state campionate, ulteriori importanti informazioni possono essere ricavate dall'analisi morfologica (BUSSOTTI *et al.*, 2000). L'area fogliare è infatti risultata essere un parametro molto sensibile alle variazioni ambientali, e per varie specie è stato provato il suo valore si riduce con il peggiorare delle condizioni ecologiche (BUSSOTTI *et al.*, 1998, 2002). Un altro parametro di facile acquisizione e di notevole rilevanza ecologica è il peso secco specifico, (*Leaf*

Mass per Area, LMA = mg cm⁻²). All'interno di una medesima specie le variazioni di LMA ne esprimono la plasticità ecologica, ovvero la capacità di adattarsi a condizioni ambientali difficili (GUTSCHICK, 1999). La sclerofillia infatti aumenta in condizioni di scarsa fertilità del suolo e di carenza idrica (CASTRO-DIÉZ *et al.*, 1997; GUTSCHICK, 1999). In queste condizioni infatti la pianta investe il proprio metabolismo nella costruzione di strutture di difesa piuttosto che in componenti plasmatiche. Le relazioni fra LMA e nutrienti sono alquanto strette. La sclerofillia infatti aumenta in condizioni di carenza nutrizionale, soprattutto azoto (N) e fosforo (P) (LOVELESS, 1961; RUNDSELL, 1988; GÜRAY KUTBAY e KILINC, 1994). Tuttavia la minor concentrazione di elementi nutritivi in foglie sclerofilliche può essere imputata ad una sorta di "effetto diluizione", ovvero la maggior importanza delle strutture di difesa rispetto alle componenti plasmatiche.

Altri parametri che possono essere facilmente misurati sul campione prelevato riguardano la produttività della chioma, ovvero la lunghezza dei rametti, il numero di foglie portate e l'area fogliare complessivamente sviluppata sui singoli rametti. Tali parametri sono ben relati alle condizioni delle chiome (FERRETTI *et al.*, 1999) e pertanto possono essere considerati indici ecologici.

Nell'ambito del progetto TraSFoRM, nel seguente lavoro vengono proposti i parametri chimici e morfologici delle foglie e dei rametti per verificare la risposta di piante di *Quercus pubescens* Willd. e di *Quercus cerris* L. nei confronti di trattamenti selvicolturali differenziati. Le ipotesi che vengono testate sono le seguenti:

- il trattamento a ceduo porta alla scopertura del suolo, e quindi ad una rapida mineralizzazione della materia organica. Cosicché dovremmo avere avere una maggior disponibilità di azoto minerale nei primi anni dal trattamento, mentre successivamente tale disponibilità dovrebbe decrescere a causa del dilavamento dei nitrati operato dalla pioggia;
- la scopertura del suolo può avere come conseguenza una riduzione dell'efficienza di ritenuta idrica, e di conseguenza un incremento delle con-

dizioni di aridità. Ciò potrebbe tradursi nella riduzione degli accrescimenti e nell'incremento della sclerofillia;

- la scopertura delle chiome potrebbe comportare un migliore uso della luce. In questo caso l'aumento di sclerofillia potrebbe essere la conseguenza dell'incremento dello spessore fogliare.

Materiali e Metodi

Campionamento

Il campionamento è stato effettuato sulle 6 aree sperimentali del progetto TraSFoRM una volta all'anno, per quattro anni consecutivi (dal 1999 al 2002) fra la fine del mese di agosto e l'inizio di settembre. Le 6 aree sono suddivise in due blocchi (blocco 1 e blocco 2), in ognuno dei quali sono comprese 3 aree:

- area sperimentale A: trattamento a matricinatura semplice;
- area sperimentale B: trattamento a matricinatura per gruppi;
- area sperimentale C: nessun trattamento (controllo).

Nel 1999 i trattamenti non erano stati ancora effettuati (anno pre-trattamento); gli anni successivi sono post-trattamento.

Per ogni area sono state scelte casualmente 5 piante fra tutte quelle presenti nell'intera superficie. Ogni anno la scelta è stata effettuata *ex-novo*, per cui non sono state campionate sempre le stesse piante. Nel 1999 (pre-trattamento) è stata fatta attenzione che, per quanto riguarda le aree destinate a trattamento selvicolturale, le piante fossero scelte fra quelle destinate ad essere rilasciate. Nelle 3 aree del blocco 2 la specie campionata era *Quercus pubescens* Willd. (roverella), mentre nelle 3 aree del blocco 1 è stata campionata *Quercus cerris* L. (cerro). Questa differenza è motivata dalla differente prevalenza delle due specie nei due gruppi di aree. Solo in un'area (1C) è stato possibile campionare sia cerro che roverella. Per ogni pianta sono stati campionati tre rami, raccolti nella parte alta ed esterna della chioma ed in modo che fossero rappresentate tutte le direzioni. La raccolta è stata fatta da terra per mezzo

di sveltatoio prolungabile, o tramite le tecniche di *tree climbing* quando gli alberi erano troppo alti. Per ogni singolo albero, 3 campioni di rametti (formati da almeno 4-5 getti terminali ciascuno) è stato posto fra fogli di giornale, mentre un campione di circa 100 foglie è stato conservato in sacchetti di carta.

Analisi morfologiche

I campioni così conservati sono stati conferiti presso il Laboratorio di Botanica Forestale e Ambientale del Dipartimento di Biologia Vegetale (Università di Firenze), dove sono state condotte le analisi morfologiche. Esse sono consistite in:

- misura della superficie di un sottocampione di 50 foglie per ciascuna pianta (*Leaf Area* = LA), per mezzo di areometro Licor - LI 3100;
- misura del peso secco (*Dry Weight* = DW) delle medesime 50 foglie, dopo la loro essiccazione in stufa a 70°C fino a peso costante;
- per mezzo di questi due parametri è stata calcolata la massa fogliare per unità di superficie (*Leaf Mass per Area* = LMA), espressa in mg di sostanza secca per cm² di superficie fogliare;
- per ogni pianta è stata misurata la lunghezza di 10 rametti terminali (LR), ovvero costituenti la cacciata dell'ultimo anno;
- per ogni rametto è stato determinato il numero di foglie inserito (NF);
- infine è stata determinata l'area fogliare complessiva portata da ciascun rametto (AR).

Un altro sottocampione di 50 foglie per ciascuna pianta è stato conferito al Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Siena per le analisi chimiche.

Analisi chimiche

I campioni per le analisi sono stati essiccati in stufa a 70°C fino a peso costante e successivamente sono stati macinati finemente. Circa 150 mg sono stati mineralizzati in tubi di Teflon con 3 ml di HNO₃ a 120°C per 8 ore. Ciascuna digestione comprende almeno un test "bianco". Dopo la digestione la soluzione è stata portata al volume di 10 ml con acqua deionizzata. Le determinazioni analitiche sono state effettuate per mezzo di

spettrometria ad assorbimento atomico (AAS). Una fiamma mista aria-acetilene (2280, Perkin Elmer) è stata usata per Ca, K e Mg. P e S sono stati testati per mezzo di *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry* (ICP/EAS; Plasma 400, Perkin Elmer). L'azoto è stato determinato per mezzo del metodo Kjeldhal. Ogni determinazione è stata replicata tre volte.

L'accuratezza delle procedure analitiche è stata controllata per mezzo di una simultanea digestione ed analisi di *Standard Reference Materials* (SRMs). Sono stati usati gli standard SRM 1572 "citrus leaves" e 1547 "peach leaves" del National Institute of Standards and Technology (NIST, Gaithersburg, USA). Le misure in cui il riferimento SRMs era oltre i range certificati sono state ripetute.

La concentrazione degli elementi è stata determinata per mezzo delle metodologie standard riportate da UN-ECE (1997). Le soluzioni degli elementi sono state preparate per mezzo di diluizioni ripetute di soluzioni standard contenenti 1 g l⁻¹ dell'elemento da determinare (Spectrosil, BDH). Le concentrazioni sono state espresse come percento del peso secco (N) o come ppm (altri elementi).

Statistica

I risultati di statistica descrittiva sono espressi come medie \pm deviazione standard. È stata poi effettuata un'analisi della varianza mediante ANOVA a tre vie Entro-Soggetti utilizzando l'anno come fattore a misure ripetute.

Successivamente, F multivariato (*lambda* di Wilks) è stato usato per confermare la significatività del fattore a misure ripetute (anno) e delle interazioni che lo coinvolgono (es. trattamento*anno) evidenziata dall'analisi univariata. Per l'analisi della varianza, sono stati considerati gli effetti dovuti ad anno, blocco ed ai trattamenti. La specie risultava già compresa, in quanto coincidente con il fattore blocco. Il test di Tukey (HSD, *Honest Significance Difference*) è stato successivamente eseguito per i singoli livelli dei fattori risultati significativi dall'analisi della varianza. Tutta la statistica è stata effettuata usando i programmi Microsoft Excel 2000 e Statistica@Statsoft 6.0 Inc (Tulsa, OK).

| | Bl | As | Sp. | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|--|----|----|-----|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | | | M | ds | M | ds | M | ds | M | ds |
| Area Fogliare di 50 foglie (cm ²) | 1 | A | C | 665 | 123 | 721 | 154 | 631 | 198 | 759 | 130 |
| | 1 | B | C | 760 | 175 | 844 | 204 | 784 | 352 | 638 | 216 |
| | 1 | C | C | 809 | 106 | 705 | 284 | 657 | 38 | 661 | 144 |
| | 1 | C | R | 1073 | 252 | 912 | 338 | 978 | 256 | 863 | 331 |
| | 2 | A | R | 648 | 128 | 1153 | 106 | 1046 | 353 | 905 | 296 |
| | 2 | B | R | 992 | 227 | 1134 | 194 | 1226 | 342 | 998 | 302 |
| | 2 | C | R | 889 | 226 | 963 | 132 | 1314 | 160 | 892 | 452 |
| Peso secco di 50 foglie (g) | 1 | A | C | 8,18 | 2,80 | 7,66 | 2,91 | 8,48 | 1,10 | 8,62 | 3,82 |
| | 1 | B | C | 8,41 | 1,96 | 9,09 | 3,64 | 11,88 | 3,21 | 6,86 | 1,64 |
| | 1 | C | C | 9,78 | 5,09 | 7,83 | 0,92 | 7,83 | 2,71 | 6,79 | 2,87 |
| | 1 | C | R | 13,57 | 5,20 | 12,11 | 3,12 | 15,40 | 4,44 | 11,38 | 4,08 |
| | 2 | A | R | 7,81 | 1,24 | 16,05 | 3,67 | 13,91 | 2,94 | 10,74 | 3,08 |
| | 2 | B | R | 11,66 | 3,34 | 15,65 | 6,06 | 17,55 | 4,97 | 13,23 | 3,01 |
| | 2 | C | R | 10,94 | 4,75 | 11,52 | 2,04 | 18,04 | 6,94 | 12,16 | 2,58 |
| Leaf Mass per Area (mg /cm ²) | 1 | A | C | 12,11 | 1,80 | 10,54 | 2,07 | 13,73 | 1,68 | 11,25 | 4,55 |
| | 1 | B | C | 11,28 | 1,44 | 10,88 | 1,33 | 15,43 | 2,56 | 10,90 | 1,17 |
| | 1 | C | C | 11,24 | 3,41 | 11,13 | 1,37 | 11,86 | 3,20 | 10,04 | 2,66 |
| | 1 | C | R | 12,73 | 2,72 | 13,39 | 2,11 | 16,08 | 2,82 | 13,73 | 5,69 |
| | 2 | A | R | 12,19 | 2,13 | 14,21 | 1,24 | 13,60 | 1,20 | 11,90 | 3,28 |
| | 2 | B | R | 11,76 | 2,67 | 13,58 | 1,39 | 14,33 | 2,01 | 13,38 | 2,18 |
| | 2 | C | R | 11,94 | 4,11 | 12,00 | 1,34 | 13,49 | 1,57 | 14,25 | 4,51 |
| Lunghezza Rametto (cm) | 1 | A | C | 4,65 | 1,33 | 4,30 | 1,07 | 2,83 | 0,93 | 3,26 | 1,10 |
| | 1 | B | C | 4,98 | 2,36 | 3,68 | 0,54 | 3,57 | 1,16 | 3,13 | 1,82 |
| | 1 | C | C | 7,59 | 4,30 | 4,70 | 1,34 | 3,48 | 1,12 | 1,83 | 0,73 |
| | 1 | C | R | 3,77 | 1,20 | 5,65 | 1,74 | 3,91 | 1,38 | 4,40 | 0,84 |
| | 2 | A | R | 3,99 | 1,42 | 4,86 | 2,87 | 3,94 | 0,72 | 4,16 | 1,47 |
| | 2 | B | R | 5,80 | 1,08 | 3,98 | 0,52 | 6,28 | 1,54 | 4,64 | 0,86 |
| | 2 | C | R | 4,33 | 0,96 | 4,60 | 1,07 | 6,21 | 1,31 | 5,44 | 1,75 |
| Numero di foglie | 1 | A | C | 7,06 | 1,13 | 6,24 | 1,74 | 5,74 | 0,88 | 5,50 | 0,51 |
| | 1 | B | C | 5,62 | 1,09 | 6,08 | 0,90 | 5,62 | 0,87 | 5,24 | 0,88 |
| | 1 | C | C | 7,26 | 1,88 | 6,86 | 1,10 | 5,26 | 0,54 | 4,82 | 0,77 |
| | 1 | C | R | 4,90 | 1,23 | 6,32 | 0,96 | 5,22 | 0,66 | 5,90 | 0,89 |
| | 2 | A | R | 5,82 | 0,94 | 6,00 | 1,86 | 5,78 | 0,55 | 6,48 | 1,24 |
| | 2 | B | R | 7,00 | 0,76 | 5,50 | 0,76 | 6,18 | 0,86 | 7,02 | 1,40 |
| | 2 | C | R | 5,88 | 0,35 | 6,40 | 0,79 | 7,02 | 0,66 | 7,62 | 1,57 |
| Area Fogliare portata sul rametto (cm ²) | 1 | A | C | 77,6 | 15,69 | 52,4 | 9,23 | 54,74 | 12,65 | 59,43 | 11,42 |
| | 1 | B | C | 75,3 | 17,97 | 63,7 | 15,86 | 59,02 | 10,91 | 58,25 | 20,89 |
| | 1 | C | C | 109,1 | 50,47 | 77,2 | 10,08 | 54,02 | 21,54 | 50,08 | 13,69 |
| | 1 | C | R | 77,2 | 17,03 | 84,3 | 27,96 | 78,14 | 22,44 | 63,06 | 14,74 |
| | 2 | A | R | 68,4 | 6,24 | 94,3 | 45,85 | 64,17 | 21,48 | 68,64 | 12,44 |
| | 2 | B | R | 108,9 | 29,28 | 69,6 | 7,08 | 78,28 | 21,43 | 80,43 | 8,30 |
| | 2 | C | R | 72,6 | 13,22 | 80,6 | 16,98 | 123,00 | 27,38 | 76,66 | 25,17 |

Legenda: Bl = Blocco (1 = a valle; 2 = a monte); As = area sperimentale (A = *trattamento a matricinatura semplice*; B = *matricinatura per gruppi*; C = *nessun trattamento*); Sp = Specie (C = *cerro*; R = *roverella*).

Tabella 4/5.1 – Risultati di statistica descrittiva (Media e Deviazione Standard) relativi ai parametri morfologici per anno e per area di campionamento.

Risultati

Ogni anno sono stati campionati 35 alberi, di cui 20 roverelle (su quattro aree) e 15 cerri (su tre aree). I risultati di statistica descrittiva (media e deviazione standard) per ogni area nel corso dei 4 anni sono riportati, per ciascuno dei parametri

considerati, nelle Tabella 4/5.1 (parametri morfologici) e nella Tabella 4/5.2 (parametri chimici).

Confrontando le caratteristiche delle foglie di cerro e roverella nella presente indagine, si può vedere che le due specie differiscono significativamente per tutti i parametri morfologici. I valori di questi

| | Bl | As | Sp. | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|----------------|-------------|----|-----|-------|------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | | | | M | ds | M | ds | M | ds | M | ds |
| Azoto (%) | 1 | A | C | 1,48 | 0,17 | 1,67 | 0,18 | 1,60 | 0,20 | 1,99 | 0,35 |
| | 1 | B | C | 1,44 | 0,04 | 1,59 | 0,24 | 1,73 | 0,14 | 1,81 | 0,40 |
| | 1 | C | C | 1,55 | 0,16 | 1,46 | 0,23 | 1,30 | 0,24 | 1,57 | 0,36 |
| | 1 | C | R | 1,69 | 0,11 | 1,31 | 0,22 | 1,45 | 0,13 | 1,44 | 0,13 |
| | 2 | A | R | 1,63 | 0,18 | 1,59 | 0,15 | 1,72 | 0,18 | 1,78 | 0,11 |
| | 2 | B | R | 1,60 | 0,13 | 1,70 | 0,21 | 1,65 | 0,11 | 1,73 | 0,14 |
| Zolfo (ppm) | 2 | C | R | 1,72 | 0,15 | 1,42 | 0,23 | 1,52 | 0,15 | 1,47 | 0,14 |
| | 1 | A | C | 956 | 96 | 1294 | 86 | 1148 | 84 | 1704 | 166 |
| | 1 | B | C | 1010 | 71 | 1224 | 98 | 1146 | 101 | 1365 | 220 |
| | 1 | C | C | 891 | 82 | 2888 | 1751 | 866 | 107 | 1643 | 238 |
| | 1 | C | R | 1048 | 140 | 3120 | 1855 | 1011 | 107 | 1379 | 200 |
| | 2 | A | R | 1157 | 75 | 1935 | 1324 | 1268 | 149 | 1539 | 179 |
| Calcio (ppm) | 2 | B | R | 1008 | 107 | 1336 | 150 | 1114,33 | 127 | 1611 | 432 |
| | 2 | C | R | 965 | 82 | 2107 | 1351 | 1040,33 | 120 | 1311 | 215 |
| | 1 | A | C | 7894 | 1201 | 11103 | 2272 | 6337 | 2266 | 7355 | 1324 |
| | 1 | B | C | 10196 | 1183 | 11193 | 2927 | 8862 | 2895 | 10549 | 2265 |
| | 1 | C | C | 9024 | 1747 | 8622 | 2048 | 10283 | 4827 | 8986 | 2165 |
| | 1 | C | R | 12128 | 1538 | 11102 | 3521 | 10911 | 3414 | 11137 | 2769 |
| Fosforo (ppm) | 2 | A | R | 10832 | 3978 | 12192 | 1841 | 10318 | 3833 | 8501 | 2870 |
| | 2 | B | R | 11147 | 1117 | 11513 | 874 | 13308 | 3234 | 12271 | 3427 |
| | 2 | C | R | 13067 | 2718 | 9552 | 679 | 12380 | 4626 | 12762 | 3391 |
| | 1 | A | C | 750 | 257 | 873 | 126 | 946 | 152 | 1100 | 128 |
| | 1 | B | C | 879 | 85 | 610 | 312 | 1115 | 34 | 1178 | 132 |
| | 1 | C | C | 663 | 108 | 678 | 93 | 749 | 84 | 947 | 85 |
| Magnesio (ppm) | 1 | C | R | 893 | 241 | 607 | 66 | 705 | 78 | 946 | 71 |
| | 2 | A | R | 900 | 166 | 751 | 108 | 876 | 25 | 1087 | 105 |
| | 2 | B | R | 889 | 309 | 749 | 82 | 848 | 60 | 1014 | 64 |
| | 2 | C | R | 1107 | 329 | 613 | 88 | 842 | 74 | 926 | 60 |
| | 1 | A | C | 1209 | 433 | 882 | 255 | 878 | 220 | 1203 | 161 |
| | 1 | B | C | 679 | 236 | 682 | 163 | 627 | 84 | 1042 | 394 |
| Potassio (ppm) | 1 | C | C | 979 | 267 | 908 | 220 | 937 | 155 | 1122 | 185 |
| | 1 | C | R | 2353 | 762 | 1473 | 453 | 1881 | 326 | 2510 | 805 |
| | 2 | A | R | 1728 | 578 | 1296 | 394 | 1321 | 444 | 1684 | 352 |
| | 2 | B | R | 1711 | 374 | 1041 | 275 | 1530 | 312 | 1900 | 268 |
| | 2 | C | R | 2063 | 618 | 1113 | 233 | 1270 | 179 | 1411 | 551 |
| | Sodio (ppm) | 1 | A | C | 86,6 | 47,8 | 56,5 | 32,2 | 113,8 | 42,7 | 52,89 |
| 1 | | B | C | 28,6 | 32,7 | 53,5 | 12,7 | 84,7 | 4,5 | 58,92 | 28,55 |
| 1 | | C | R | 41,7 | 36,9 | 56,2 | 24,0 | 96,3 | 19,1 | 40,61 | 13,60 |
| 1 | | C | R | 69,4 | 34,1 | 65,8 | 29,4 | 65,9 | 15,9 | 40,63 | 13,68 |
| 2 | | A | R | 95,4 | 42,1 | 72,4 | 48,1 | 127,5 | 19,7 | 96,70 | 41,42 |
| 2 | | B | R | 98,9 | 56,0 | 146,6 | 44,5 | 122,1 | 29,8 | 99,15 | 19,89 |
| | 2 | C | R | 77,5 | 18,2 | 111,2 | 108,6 | 68,2 | 19,1 | 53,78 | 8,76 |

Legenda: Bl = Blocco (1 = a valle; 2 = a monte); As = area sperimentale (A = trattamento a matricinatura semplice; B = matricinatura per gruppi; C = nessun trattamento); Sp = Specie (C = cerro; R = roverella).

Tabella 4/5.2 – Risultati di statistica descrittiva (Media e Deviazione Standard) relativi alla concentrazione fogliare di nutrienti, per anno e per area di campionamento.

| | LA | DW | LMA | LR | NF | AR | N | S | Ca | P | Mg | K | Na |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Blocco | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,000 | 0,032 | 0,000 | 0,581 | 0,465 | 0,001 | 0,417 | 0,000 | 0,068 | 0,000 |
| Trattamento | 0,068 | 0,069 | 0,376 | 0,211 | 0,402 | 0,059 | 0,012 | 0,317 | 0,045 | 0,162 | 0,087 | 0,007 | 0,036 |
| Anno | 0,158 | 0,017 | 0,042 | 0,001 | 0,312 | 0,009 | 0,005 | 0,000 | 0,851 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| Blocco*Trattamento | 0,545 | 0,700 | 0,830 | 0,294 | 0,164 | 0,641 | 0,854 | 0,341 | 0,832 | 0,523 | 0,009 | 0,571 | 0,031 |
| Blocco*Anno | 0,085 | 0,150 | 0,246 | 0,000 | 0,000 | 0,032 | 0,023 | 0,661 | 0,302 | 0,133 | 0,045 | 0,087 | 0,040 |
| Trattamento*Anno | 0,477 | 0,921 | 0,837 | 0,155 | 0,908 | 0,434 | 0,006 | 0,003 | 0,038 | 0,203 | 0,435 | 0,892 | 0,067 |
| Blocco*Tratt.*Anno | 0,799 | 0,628 | 0,828 | 0,070 | 0,052 | 0,005 | 0,590 | 0,275 | 0,755 | 0,033 | 0,491 | 0,182 | 0,413 |

Tabella 4/5.3 – Risultati dell'analisi della varianza relativa a tutti i parametri esaminati, secondo i fattori fissi (blocco, area sperimentale - trattamento - e anno) e le loro interazioni. In grassetto sono riportati i risultati significativi ($P < 0,05$).

| Trattamento | anno | A | | | | B | | | | C | | | |
|-----------------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|
| | | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
| A | 1999 | | | | | | | | | | | | |
| | 2000 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| | 2001 | 0,98 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| | 2002 | 0,01 | 0,12 | 0,28 | | | | | | | | | |
| B | 1999 | 1,00 | 0,98 | 0,88 | 0,00 | | | | | | | | |
| | 2000 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,19 | 0,95 | | | | | | | |
| | 2001 | 0,91 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 0,69 | 1,00 | | | | | | |
| | 2002 | 0,36 | 0,88 | 0,98 | 0,97 | 0,16 | 0,95 | 1,00 | | | | | |
| C | 1999 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,13 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | | | | |
| | 2000 | 0,96 | 0,53 | 0,27 | 0,00 | 1,00 | 0,39 | 0,13 | 0,01 | 0,49 | | | |
| | 2001 | 0,85 | 0,32 | 0,14 | 0,00 | 0,98 | 0,22 | 0,06 | 0,00 | 0,29 | 1,00 | | |
| | 2002 | 1,00 | 0,98 | 0,87 | 0,00 | 1,00 | 0,94 | 0,67 | 0,15 | 0,97 | 1,00 | 0,98 | |
| Valori medi (%) | | 1,56 | 1,63 | 1,66 | 1,89 | 1,52 | 1,65 | 1,69 | 1,77 | 1,63 | 1,44 | 1,41 | 1,52 |

Tabella 4/5.4 – Significatività dell'interazione trattamento*anno relativamente all'azoto. In grassetto sono indicate le differenze significative con $P < 0,05$.

parametri sono superiori nella rovereella. Per quanto riguarda i parametri chimici, le foglie di rovereella mostrano valori di concentrazione più elevati per calcio, magnesio e sodio. Per valutare l'effetto dei fattori fissi (blocco, area sperimentale - o trattamento - e anno di campionamento) e delle loro interazioni sulla variabilità dei parametri considerati è stata effettuata l'analisi della varianza. A questo scopo sono state escluse dall'archivio le rovereelle del blocco 1, cosicché il fattore *blocco* individua anche il fattore *Specie* (infatti nel blocco 1 ci sono solo cerri e nel blocco 2 ci sono solo rovereelle). I risultati, esposti nella Tabella 4/5.3, indicano che per la maggior parte dei parametri la variabilità è determinata dal fattore *blocco* e, in misura minore, dal fattore *anno*. Solo nel caso di N, K, Ca e Na il trattamento ha un effetto significativo, anche se le variazioni di K, Ca e Mg sono risultate piuttosto episodiche. L'interazione di

maggior rilevanza ai fini del presente studio riguarda quindi N (*trattamento*anno*). I risultati di questa interazione sono riportati nella Tabella 4/5.4 (test di Tukey, HSD, *Honest Significant Difference*). Questi evidenziano una significativa differenza delle concentrazioni di azoto tra le aree del trattamento A e, in misura minore, del trattamento B, con le aree del controllo C. Si noti che questa differenza si instaura dopo il trattamento. Interazioni significative sono state rilevate per quanto riguarda soprattutto la lunghezza del rametto e del numero di foglie portate sul singolo rametto (interazione *blocco*anno*, riduzione nel tempo di entrambe i parametri nel blocco 1). Altre interazioni non hanno mostrato andamenti chiari.

Discussione e Conclusioni

Rispetto a quanto evidenziato in precedenti ricerche (Bussotti *et al.*, 1997a, b) le foglie del cerro

delle aree sperimentali di Pietralunga sono risultate avere un maggior grado di sclerofillia (espresso come *Leaf Mass per Area*) ed una minore concentrazione di azoto e fosforo. Si tratta di un comportamento ecologico che può essere messo in relazione con le limitazioni edafiche (LOVELESS *et al.*, 1961; RUNDELL, 1988; GÜRAY KUTBAY e KILINC, 1994) della zona. Anche la relativa abbondanza di calcio deve essere vista in relazione alla natura del substrato geologico. Differentemente rispetto a quanto avviene per altri elementi, la concentrazione aumenta con l'età della foglia (FINK, 1991; BERGMANN, 1992; CENNI *et al.*, 1998), ed un alto valore può essere considerata come indice di senescenza. Le differenze fra i due blocchi di aree sperimentali possono essere spiegate in primo luogo con le differenze di composizione specifica (cerro nel blocco 1 e roverella nel blocco 2).

Come già precedentemente esposto, per la maggior parte dei parametri la variabilità è determinata dal fattore blocco e, in misura minore, dal fattore anno. Ciò può essere facilmente spiegato dall'influenza del genotipo (specie), dalle differenze dei fattori stagionali e da una naturale fluttuazione dei parametri anno per anno. L'interazione più rilevante ai fini della presente indagine è risultata quella trattamento*anno per quanto riguarda l'azoto. La concentrazione di N tende infatti a crescere nelle aree trattate, confermando così almeno in parte una delle ipotesi di partenza (ovvero maggiore disponibilità di azoto dovuta alla mineralizzazione della sostanza organica).

Bibliografia

- ANONIMO, 1998 - **Programma MON.I.TO., Monitoraggio Intensivo delle Foreste Toscane. Rapporto finale 1995-1997.** Regione Toscana, Firenze, Italy.
- BERGMANN W., 1992 - **Nutritional disorder of plants. Development, visual and analytical diagnosis.** Fisher Verlag, Jena, Germany.
- BONNEAU M., 1988 - **La diagnostic foliaire.** Review Forestière Française, 40, 19-28.
- BUSSOTTI F., BETTINI D., GROSSONI P., MANSUINO S., NIBBI R., SODA C., TANI C., 2002 - **Structural and functional traits of Quercus ilex in response to water availability.** Environmental and Experimental Botany, 47, 11-23.
- BUSSOTTI F., BORGHINI F., CELESTI C., LEONZIO C., BRUSCHI P., 2000 - **Leaf morphology and macronutrients in broadleaved trees in Central Italy.** Trees, 14, 361-368.
- BUSSOTTI F., CENNI E., COZZI A., FERRETTI M., 1997a - **The impact of geothermal power plants on forest vegetation. A case study at Travale (Tuscany, Central Italy).** Environmental Monitoring and Assessment, 45, 181-194.
- BUSSOTTI F., CENNI E., COZZI A., FERRETTI M., 1997b - **Condizioni delle chiome e distribuzione degli elementi in traccia nei boschi circostanti le centrali geotermiche.** in: LOPPI S., (ed.) **Geotermia e bioindicatori: un contributo per le valutazioni sull'impatto ambientale. Regione Toscana.** Giunta Regionale. Collana "Ricerca Scientifica e Tecnologica" n. 13. Firenze. pp. 47-65.
- BUSSOTTI F., GRAVANO E., GROSSONI P., TANI C., 1998 - **Occurrence of tannins in leaves of beech trees (Fagus sylvatica L.) along an ecological gradient, detected with an histochemical and ultrastructural analyses.** New Phytologist, 138, 469-479.
- CASTRO-DÍEZ P., VILLAR-SALVADOR P., PÉREZ-RONTOMÉ C., MAESTRO MARTÍNEZ M., MONTSERRAT-MARTÍ G., 1997 - **Leaf morphology and leaf chemical composition in three Quercus (Fagaceae) species along a rainfall gradient in NE Spain.** Trees, 11, 127-134.
- CENNI E., BUSOTTI F., GALEOTTI L., 1998 - **The decline of Pinus nigra Arn. reforestation stand on a limestone substrate: the role of nutritional factors examined by means of foliar diagnosis.** Annales de Sciences Forestières, 55, 567-576.
- FERRETTI M., BONINI I., BUSOTTI F., CELESTI C., CENNI E., CHIARUCCI A., COZZI A., DE DOMINICIS V., GROSSONI P., LEONZIO C., 1999 - **Short-term changes of response indicators of ecosystem status in broadleaved forests in Tuscany (Central Italy).** Water Air and Soil Pollution, 116, 351-356.
- FINK S., 1991 - **The micromorphological distribution of bound calcium in needles of Norway spruce [Picea abies (L.) Karst.].** New Phytologist, 119, 33-40.
- GÜRAY KUTBAY H., KILINC M., 1994 - **Sclerophyly in Quercus cerris L. var. cerris and Phillyrea latifolia L. and edaphic relations of these species.** Vegetatio, 113, 93-97.
- GUTSCHICK V.P., 1999 - **Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure.** New Phytologist, 144, 3-18.
- LOVELESS A.R., 1961 - **A nutritional interpretation of sclerophyly based on differences in the chemical composition of sclerophyllous and mesophytic leaves.** Annals of Botany, 25, 168-184.
- RUNDELL P.W., 1988 - **Leaf structure and nutrition in Mediterranean-climate sclerophylls.** In: SPECHT R.L., (ed) **Mediterranean type ecosystems.** Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp 157-167.
- UN-ECE, 1994 - **Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.** Programme Coordinating Centres, Hamburg and Prague.
- UN-ECE, 1997 - **Forest foliar condition in Europe. Results of large scale foliar chemistry surveys.** Programme Coordinating Centres, Hamburg and Prague.

Principali valutazioni sull'intercettazione delle precipitazioni in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento colturale in Umbria

C. Sarti

LINN/EA ambiente • Firenze

Abstract. *PRECIPITATION INTERCEPTION IN DECIDUOUS OAK PLOTS SUBJECTED TO DIFFERENT SILVICULTURAL TREATMENTS – MAIN RESULTS.* Monitoring of the amount of openfield precipitation and throughfall was carried out after the management operations at both treatment and control plots of the TRASFORM project. Over the period May 2000-May 2002, 8 to 9 collectors were placed for each plot according to a systematic grid, and samples were collected every 2 weeks. As far as the individual sampling occasions are concerned, the statistical analysis did not identify significant differences between the volumes collected at the treatment and control sites. However, the existing differences treatment-control decrease over the surveyed period. On the other hand, the total amount of precipitation in the first year was significantly higher in the treatments with respect to control, while no significant differences were found between the two treatments. Differences between treatments and control disappear during the second survey year. The treatments seem to affect the amount of precipitation on a yearly basis. However, such an effect disappear soon and this seems due to both the dramatic decrease in the incident precipitation and the rapid and vigorous re-sprouting.

Key words. *Coppice, management, oaks, openfield, precipitation, throughfall, Umbria (Italy).*

Riassunto. Nel periodo maggio 2000-maggio 2002 sono stati misurati i volumi delle precipitazioni all'aperto e sottochioma nei plot trattati e di controllo del progetto TraSFORM. I campioni sono stati raccolti ogni due settimane mediante 8-9 raccoglitori per *plot* disposti secondo una griglia sistematica. Relativamente ai volumi dei singoli campioni, non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra plot trattati e controllo. In ogni caso, le differenze rilevate diminuiscono nel tempo. Viceversa l'ammontare annuale delle precipitazioni è significativamente superiore nei plot trattati al primo anno, ma non al secondo. Nessuna differenza significativa è stata riscontrata tra i trattamenti. La scomparsa delle differenze al secondo anno sembra essere dovuta sia alla drastica diminuzione delle precipitazioni incidenti che ai vigorosi ricacci delle ceppaie.

Parole chiave. Cedui, gestione, precipitazioni sottochioma, querce, Umbria.

La raccolta delle precipitazioni in foresta può essere un utile indicatore dell'intercettazione da parte del piano delle chiome e può quindi fornire informazioni interessanti sugli effetti dei trattamenti selvicolturali sul ciclo idrologico (BRECHTEL, 1989). La conoscenza del bilancio idrologico, che tiene conto delle vie attraverso le quali l'acqua entra nell'ecosistema, si muove al suo interno e ne fuoriesce, è di grande importanza per valutare la potenzialità produttiva di un soprassuolo e il suo grado di competizione con le altre forme di uso del suolo, poiché ciò dipende in parte anche dalle variazioni dei volumi di acqua nel suolo.

Le chiome degli alberi costituiscono un'ampia superficie di scambio con l'atmosfera in grado di intercettare le precipitazioni in quantità variabile in funzione del ciclo fenologico delle piante stesse,

della struttura e composizione specifica del popolamento e dell'intensità delle precipitazioni (BRECHTEL, 1989). La frazione umida di deposizione che raggiunge la chioma degli alberi è chiamata precipitazione incidente. La porzione che raggiunge il terreno passando attraverso la chioma è denominata *throughfall*. *Stemflow* è la frazione che percolando dai rami al fusto raggiunge il terreno alla base del tronco, mentre con il termine di *interception loss* si intende la parte di precipitazione incidente che, per fenomeni di evaporazione o di assorbimento da parte della pianta, non raggiunge il terreno. Il bilancio idrico della chioma può quindi essere sintetizzato in questa equazione (PARKER, 1990):

$$(1) \quad P=I+TF+SF$$

ovvero

(2) $TF+SF=P-I$
dove P, I, T, e S sono rispettivamente precipitazione incidente, *interception loss*, *throughfall* e *stem-flow*.

Obiettivo di questo lavoro è di indagare sugli effetti dei trattamenti selvicolturali sulla quantità delle precipitazioni *throughfall* e la loro eventuale variazione nel periodo considerato, corrispondente alle prime fasi della ricrescita della vegetazione dopo il taglio.

Materiali e Metodi

Campionamento e raccolta

Per il campionamento delle precipitazioni sono stati realizzati appositi raccoglitori da posizionare nelle aree sperimentali a circa 50 cm dal suolo. I raccoglitori consistono in un sistema composto di un imbuto di diametro 16 cm ed una bottiglia di plastica (2 litri), collegati fra loro e fissati su paletti di legno (ca. 4 cm diametro).

I raccoglitori *throughfall*, contrassegnati da numerazione progressiva, sono stati posti nelle aree sperimentali il 17 maggio 2000 secondo la stessa griglia delle misurazioni di *Leaf Area Index* (AMORINI *et al.*, 2002). In ogni area il primo raccoglitore si trova sul transect alla quota più elevata, e la numerazione procede da sinistra verso destra. In tutte le aree sperimentali ci sono 9 raccoglitori, fuorché nell'area 2C dove ce ne sono 8. Il raccoglitore *open field* è stato posizionato a monte del blocco 2, in una radura prossimità di Casa San Pietro e vicino alla strada forestale che porta alle aree sperimentali.

Per la registrazione del volume di precipitazione sono state predisposte apposite schede cartacee. I dati sono stati rilevati sul campo dal personale della Comunità Montana Alto Tevere e trasmessi in forma cartacea.

Il campionamento delle precipitazioni è stato eseguito ogni 15 giorni, oppure dopo il primo evento meteorico se nelle due settimane previste non si erano verificate precipitazioni. Il periodo considerato va dal 17 maggio 2000 (messa in opera dei raccoglitori) al 17 maggio 2002, per un totale di 40

campionamenti.

Nell'interpretare i dati si deve inoltre tenere presente che nel periodo di campionamento che va dal 6 febbraio 2002 al 17 maggio 2002 in alcune aree sperimentali gli animali selvatici avevano danneggiato o asportato alcuni raccoglitori.

Analisi dei dati

I dati raccolti sono stati organizzati in Excel e processati attraverso il *software* Statistica® Edizione 99. L'analisi dei dati è stata effettuata sulla base dei valori medi di volume per *plot* su diverse finestre temporali: singolo evento, trimestre, anno, intero periodo. I dati dei due anni sono stati ordinati in modo tale da rendere possibile un confronto fra i trimestri stagionali, ed avendo cura di escludere il minor numero di campionamenti possibile. Per questo motivo, ai fini dell'analisi, il 1° anno ha inizio con i dati campionati il 14 giugno 2001 (periodo di riferimento: 1-14 giugno) e termina col campionamento del 04 giugno 2001 (periodo di riferimento: le due settimane precedenti), mentre il 2° anno inizia in data di campionamento 22 giugno 2001 e termina il 17 maggio 2002. Il confronto fra i trimestri dei due anni inizia in tal modo dal 3° trimestre stagionale (luglio-agosto-settembre), escludendo i mesi di maggio e giugno 2000.

I dati sono stati analizzati mediante ANOVA a due vie. Per effettuare i test statistici sui dati di somma annuale di precipitazione è stata utilizzata la somma delle precipitazioni registrate per singolo raccoglitore nei due diversi anni di campionamento, mentre per i dati di altezza di pioggia per evento sono state utilizzate le medie per trattamento e per singolo evento.

Il danneggiamento di alcuni raccoglitori influisce ovviamente sul calcolo delle precipitazioni medie e del volume precipitazioni raccolte, soprattutto nelle aree 1B, 2A, e 2B, dove si sono verificati i maggiori danni. Per questo motivo ai fini dei test statistici sono stati utilizzati soltanto i dati provenienti dalle date di campionamento in cui erano presenti tutti i raccoglitori in tutte le aree sperimentali, in modo da poter effettuare confronti fra dati omogenei.

| Anno | Blocco | Trattamento | Max | Min | Media | St. Dev. | Somma | St.Dev |
|------|--------|-------------------|--------|------|-------|----------|-------|--------|
| 1 | - | <i>open field</i> | 104,50 | 6,22 | 48,10 | 33,44 | 1154 | - |
| 1 | 1 | A | 104,77 | 8,71 | 52,70 | 35,28 | 1026 | 35,9 |
| 1 | 1 | B | 105,33 | 8,71 | 52,55 | 35,45 | 1026 | 15,3 |
| 1 | 1 | C | 104,50 | 5,81 | 48,11 | 34,76 | 937 | 68,4 |
| 1 | 2 | A | 104,77 | 6,91 | 50,39 | 34,67 | 977 | 43,1 |
| 1 | 2 | B | 104,50 | 7,05 | 49,95 | 34,24 | 930 | 50,7 |
| 1 | 2 | C | 104,50 | 4,98 | 46,37 | 33,74 | 902 | 107,5 |
| 2 | - | <i>open field</i> | 74,64 | 4,98 | 28,38 | 19,60 | 454 | - |
| 2 | 1 | A | 63,86 | 5,39 | 25,31 | 17,63 | 278 | 63,3 |
| 2 | 1 | B | 70,49 | 6,91 | 25,32 | 18,85 | 278 | 48,6 |
| 2 | 1 | C | 65,52 | 5,25 | 23,76 | 17,69 | 261 | 27,2 |
| 2 | 2 | A | 66,07 | 5,81 | 25,12 | 17,95 | 296 | 24,3 |
| 2 | 2 | B | 63,86 | 5,81 | 23,80 | 17,10 | 262 | 31,3 |
| 2 | 2 | C | 63,76 | 4,51 | 24,46 | 17,84 | 269 | 48,1 |

Nota: Somma = media delle somme per singolo raccogliatore (solo date con tutti i raccoglitori attivi).

Tabella 4/6.1 – Dati riassuntivi delle precipitazioni registrate nei due anni di campionamento.

Risultati e discussione

Effetti del trattamento sull'intensità di precipitazione: dati per singolo campionamento

I dati, calcolati sulle medie di precipitazione per ciascun singolo campionamento in ciascuna delle aree sperimentali nei due anni di indagine, sono riportati nella Tabella 4/6.1. Nel 1° anno di campionamenti (2000-2001) il valore massimo di precipitazione per singolo campionamento si è verificato nel mese di novembre mentre il minimo si è verificato in agosto, con una media annuale di circa 50 mm per evento. La stagione più piovosa è stata l'autunno e la più seccata l'estate. Le maggiori differenze percentuali (+ 23-26%) fra precipitazioni registrate nei trattamenti (A e B) ed i rispettivi controlli (C) si sono verificate nel trimestre estivo, quando è anche maggiore l'influenza della chioma e minore la quantità di precipitazioni.

Nel 2° anno (2001-2002) i valori medi annui di precipitazione per evento sono di circa 24,6 mm. Il valore massimo per campionamento si è verificato nei mesi estivi. Il trimestre invernale è stato particolarmente seccato, con precipitazioni pari a circa il 37% dell'anno precedente; anche nei mesi primaverili sono state registrate scarse precipitazioni, circa il 38% in meno rispetto alla primavera precedente.

Sui dati medi per evento sono state calcolate le

differenze percentuali fra i trattamenti A e B ed i rispettivi controlli C, utilizzando solamente le date in cui erano presenti tutti i raccoglitori.

L'andamento delle differenze è rappresentato in Figura 4/6.1. L'andamento ciclico delle differenze è strettamente collegato alle fasi fenologiche del popolamento di querce. Infatti la fogliatura risulta completa nel periodo estivo, quando si verifica un picco nelle differenze percentuali, mentre in inverno, a causa della mancanza di foglie, le differenze diminuiscono. Altre oscillazioni del parametro sono date dalla combinazione dell'aspetto fenologico con l'intensità di precipitazione: per alte intensità si ha un aumento del parametro *throughfall* (SCARASCIA-MUGNOZZA *et al.*, 1988).

E' da notare che le differenze percentuali fra trattamenti e controlli, causate dalla diversa copertura vegetazionale, tendono a diminuire nel corso del tempo fino ad annullarsi. Ciò può essere spiegato dalla vigorosa crescita dei ricacci delle cepaie nelle aree trattate (AMORINI *et al.*, 2002), che sono in grado di fornire una copertura del suolo apparentemente molto efficace.

I dati medi di precipitazione per evento registrati in ognuno dei trattamenti dei due blocchi nei due anni sono stati analizzati mediante ANOVA per individuare le sorgenti di variabilità significative. Dall'analisi è risultato che il solo fattore che differenzia i dati medi per evento è l'anno ($P < 0,0001$), mentre blocco, trattamento e le loro combina-

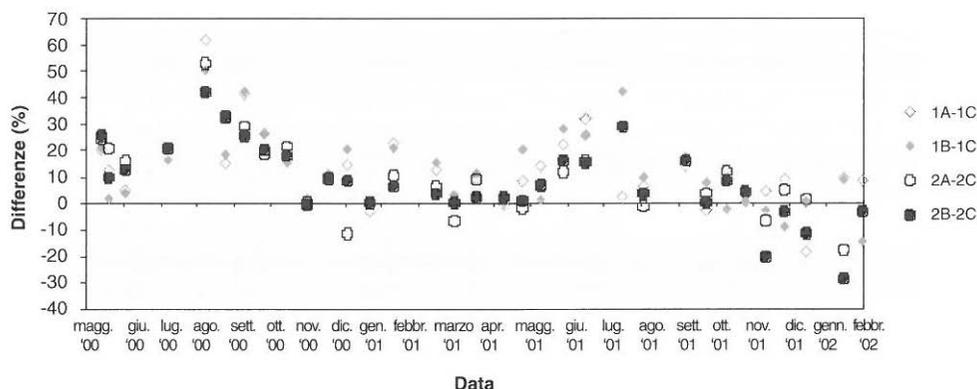


Figura 4/6.1 – Differenze percentuali dei trattamenti rispetto ai rispettivi controlli nei 2 anni.

zioni non sono significativi. Se ne conclude che, nel periodo esaminato, i trattamenti non hanno inciso in modo statisticamente significativo sulla pioggia che arriva al suolo per singolo campionamento.

Effetti del trattamento sui volumi di precipitazione: dati di somma del periodo

Nella Tabella 4/6.1 sono riassunte le somme annuali di precipitazioni per le varie aree sperimentali nei due anni di campionamento, calcolate come media delle somme annuali per ogni singolo raccoglitore presente nell'area stessa. I volumi di pioggia nei due anni di campionamento sono significativamente diversi fra loro, poiché il 2° anno di campionamenti (2001-2002) è stato scarso di precipitazioni, soprattutto nei mesi invernali. Il raccoglitore *open field* nel 1° anno (2000-2001) ha raccolto 1154,46 mm di precipitazioni, mentre nel 2° anno la somma annuale delle precipitazioni *open field* è stata di 454,07 mm.

Nel 1° anno di campionamento la somma delle precipitazioni annuali registrate nei trattamenti varia fra i 902 (2C) ed i 1026 (1A) mm m⁻², valori molto superiori a quelli registrati nell'anno successivo, quando variano fra 261 e 278 mm.

Oltre alle diminuite precipitazioni, nell'interpretare i dati, si deve tenere presente che le somme annuali di precipitazioni del 2° anno risultano inferiori al valore *open field* ed alla reale somma annuale perché sono state considerate solo le

date di campionamento in cui erano presenti tutti i raccoglitori, escludendo in tal modo i 6 campionamenti che vanno dal 1 febbraio al 17 maggio 2002. Sui dati di somma annuale è stata effettuata l'analisi della varianza. Come si vede nella Tabella 4/6.2, sono risultati significativi l'anno, il blocco, il trattamento e la combinazione dei fattori anno*blocco e anno*trattamento.

La significatività del fattore anno è spiegata dal diverso andamento temporale delle precipitazioni nel corso dei due anni, e quindi da un fattore climatico, mentre la significatività del fattore blocco è probabilmente riconducibile alla differenza di quota ed ubicazione fra i due blocchi sperimentali (CANTIANI *et al.*, 2002); significativa anche la combinazione dei due fattori anno*blocco. E' poi risultato statisticamente significativo il fattore trattamento e la combinazione anno*trattamento, evidenziata in dettaglio nella Tabella 4/6.3, dove sono riportati i risultati del Test LSD. Come risulta dalla Tabella 4/6.3, nel 1° anno esistono differenze significative fra i trattamenti A e B ed il controllo C, mentre non si sono verificate differenze statisticamente significative tra i trattamenti A e B. Un'ulteriore analisi basata sulle differenze tra controllo e trattamenti (A-C; B-C) ha tuttavia evidenziato che la significatività delle differenze è superiore per il taglio a matricinatura semplice (A) ($P = 0,00006$) rispetto alla matricinatura a gruppi (B) ($P = 0,01250$).

Nel 2° anno non si registrano differenze significa-

| Fattore | gdl Effetto | MS Effetto | gdl Errore | MS Errore | F | p-level |
|-------------------------|-------------|------------|------------|-----------|----------|-----------------|
| Anno | 1 | 12677325 | 94 | 2680,158 | 4730,066 | 0 |
| Blocco (2) | 1 | 21777,15 | 94 | 2680,158 | 8,125323 | 0,005365 |
| Trattamento (3) | 2 | 23822,19 | 94 | 2680,158 | 8,888352 | 0,000291 |
| Anno*Blocco | 1 | 26286,75 | 94 | 2680,158 | 9,80791 | 0,002316 |
| Anno*Trattament. | 2 | 9314,455 | 94 | 2680,158 | 3,475338 | 0,034984 |
| Blocco*Trattamento | 2 | 5138,553 | 94 | 2680,158 | 1,917258 | 0,152715 |
| Anno*Blocco*Trattamento | 2 | 735,5455 | 94 | 2680,158 | 0,274441 | 0,760604 |

Tabella 4/6.2 – ANOVA sui dati di somma delle precipitazioni nei due anni. In grassetto i valori $P < 0,05$.

| | 2001 A | 2001 B | 2001 C | 2002 A | 2002 B | 2002 C |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| 2001 A | | | | | | |
| 2001 B | 0,170237 | | | | | |
| 2001 C | 0,000010 | 0,001292 | | | | |
| 2002 A | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | | | |
| 2002 B | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,327436 | | |
| 2002 C | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,212855 | 0,777027 | |

Tabella 4/6.3 – Significatività del fattore Trattamento nei due diversi anni (Test LSD). In grassetto i valori $P < 0,05$.

tive nella somma delle precipitazioni annuali che raggiunge il suolo né fra i due diversi trattamenti, né fra trattamenti e controlli. Ciò significa che la ricrescita della vegetazione a due anni di distanza dal taglio è stata tale da fornire al terreno una copertura in grado di intercettare le precipitazioni in quantità simili a quelle del controllo. A questo risultato ha probabilmente contribuito anche la diminuzione di precipitazioni registrata nel secondo anno.

Confronto con altre esperienze in Italia

Per avere un raffronto fra i dati registrati nelle aree di saggio e quelli registrati in soprassuoli simili sono stati calcolati i valori di *throughfall* (somma nel periodo) in percentuale rispetto all'*open field* e poi confrontati con i valori di precipitazione sottochioma disponibili per aree forestali con caratteristiche simili nel Lazio ed in Toscana (SCARASCIA-MUGNOZZA *et al.*, 1988; dati non pubblicati relativi al progetto MON.I.TO, MONitoraggio Intensivo delle foreste TOscane). I dati di SCARASCIA-MUGNOZZA *et al.* (1988) sono ordinati secondo le fasi di fogliazione di un bosco ceduo di cerro situato nel comune di Monteromano (VT), e si riferiscono ad una particella a fine turno con 1.224 ceppaie ha^{-1} e 109

matricine ha^{-1} , con una provvigione di 90 $m^3 ha^{-1}$. I dati del programma MON.I.TO si riferiscono all'area di Fontemarchi-Amiata, un ceduo sottoposto a taglio di avviamento ad altofusto a prevalenza di cerro (75,5% di fusti e 82,5% di area basimetrica) e roverella (21,6% di fusti e 16,5% di area basimetrica). I dati relativi al Progetto TraSFoRM sono stati ottenuti come differenza percentuale fra area l'area di controllo 2C (la più vicina al raccogliatore openfield) ed il raccogliatore *open field*, situato in prossimità dell'area stessa. Il flusso *throughfall* varia nelle aree TraSFoRM fra 86% e 97% della pioggia a cielo aperto, valori pienamente confrontabili, anche se leggermente superiori, con quanto rilevato dagli altri autori (medie compresi tra 83-88% per il sito laziale e 74-81% per quello toscano).

Conclusioni

Durante il periodo maggio 2000 - maggio 2002 sono stati rilevati i volumi di precipitazione nelle aree sperimentali del progetto TraSFoRM sottoposte a diverse forme di trattamento culturale (matricinatura semplice, a gruppi, controllo). I dati sono stati analizzati sia per evidenziare l'effetto dei trattamenti sui volumi medi per singolo campionamento, sia per valutare eventuali effetti sulle

somme annuali di precipitazione. Nel valutare i risultati, è da considerare che essi sono soggetti al fatto che l'indagine condotta non ha esaminato le condizioni prima del trattamento, e questo può causare una distorsione nelle valutazioni. In particolare, non è possibile stabilire il valore dell'intercettazione nelle aree trattate prima del trattamento, ma solo stimarli attraverso il confronto tra controllo e trattamento, assumendo che le condizioni del controllo siano pienamente comparabili a quelle delle aree trattate. Sappiamo che nei sistemi naturali questo non avviene mai, ed i dati riportati da AMORINI *et al.* (2002) evidenziano differenze di composizione e struttura sia tra i blocchi che all'interno dei blocchi. Tenendo presente queste limitazioni, le differenze rilevate tra trattamenti e controlli per quanto riguarda il volume di pioggia che arriva al suolo per singolo campionamento non sono mai risultate statisticamente significative tra i due diversi trattamenti (matricinato semplice ed a gruppi) ed il controllo. Inoltre, è evidente una diminuzione nel tempo delle differenze percentuali di precipitazioni *throughfall* fra trattamenti e controlli, che si affievoliscono nel corso del tempo, fino ad azzerarsi dopo due anni dal taglio.

L'analisi degli effetti del trattamento sui volumi totali annuali di precipitazione nei due anni di campionamenti ha evidenziato differenze significative fra trattamenti e controlli. I dati hanno evidenziato inoltre un *trend* temporale, per cui le differenze rilevate vanno diminuendo col passare del tempo e già nel secondo anno di campionamento non sono più significative. Se ne conclude che, nell'ambito temporale e metodologico dell'indagine (i) mediamente sembra non esservi un significativo aumento della quantità di precipitazione che raggiunge il suolo alle varie date di campionamento; (ii) la quantità di precipitazione che su base annuale raggiunge il suolo è significativamente superiore nei trattamenti rispetto ai controlli. Tale differenza è tuttavia soggetta ad una rapida

evoluzione, scomparendo già al secondo anno. In sintesi, nelle aree trattate la ricrescita della vegetazione a due anni di distanza dal taglio sembrerebbe tale da fornire al terreno una copertura in grado di intercettare le precipitazioni con un'efficienza simile a quella fornita dal bosco prima del taglio.

Ringraziamenti

Si ringraziano il sig. MAURIZIO CALZOLA, che ha eseguito il campionamento delle precipitazioni in campagna ed il Dr. MORENO BECCHETTI per la cortese attenzione riservata al progetto.

Bibliografia

- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002 - **Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento colturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM**: 45-52.
- BRECHTEL H.M., 1989 - **Monitoring wet deposition in forests - Quantitative and qualitative aspects.** In: BRESSER A.H.M., MATHY P. (eds.) - **Monitoring air pollution and forest ecosystem research.** Proceed. of the Workshop jointly organised by the Commission of European Communities and the National Institute of Public Health and Environmental Hygiene (RIVM), Bilthoven, The Netherlands, 20-21 February 1989: 39-63.
- CANTIANI P., FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 - **Il disegno sperimentale del progetto TraSFoRM.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM**: 29-36.
- PARKER G.G., 1990 - **Evaluation of dry deposition, pollutant damage, and forest health with throughfall studies.** In: SPRINGER-VERLAG - **Mechanism of Forest Response to Acidic Deposition.** NY, pp. 10-61.
- REGIONE TOSCANA, 1998 - **Programma MON.I TO - Monitoraggio intensivo delle foreste toscane. Rapporto finale 1995-1997.** Regione Toscana, Dip. dello Sviluppo Economico, Servizio Foreste e Patrimonio Agroforestale, 168 pp.
- SCARASCIA MUGNOZZA G., VALENTINI R., SPINELLI R., GIORDANO E., 1988 - **Osservazioni sul ciclo dell'acqua in un bosco ceduo di *Quercus cerris* L..** ODC, 181.31: 222: 176.1.

Effetti dei trattamenti su stato e tendenze a breve termine delle aree sperimentali: una sintesi delle principali evidenze

M. Ferretti
F. Grohmann
M. Frattegiani
P. Savini

Regione dell'Umbria • Perugia

Abstract. EFFECTS OF DIFFERENT MANAGEMENT PRACTICES ON STATUS AND SHORT-TERM TRENDS OF THE EXPERIMENTAL PLOTS. A SYNTHESIS OF THE MAIN RESULTS. The results provided by the various investigations carried out at the TraSForM experimental site are summarized. Significant relationships were found between crown transparency, nitrogen and foliar size. Together with the reported evidence of possible increased mineralization rates at the treated plots, this suggests that trees benefit of increased N availability. Increased mineralization may be due to an increase (although not significant) of soil temperature and humidity observed at the treated plots, the latter being probably related to increased throughfall values. The analysis of structural homogeneity of vegetation between plots suggests that more developed forest community (as in block 1) are significantly more impacted by the treatments. LAI values measured at 60 cm height were first driven by the reduction in basal area due to treatments ($P < 0,05$) and subsequently by the development of resprouts ($P < 0,05$). A similar process seems to occur for throughfall: significant differences between treated and untreated plots disappear at the second year after the treatment. Soil respiration was higher at the control plots and this is likely due to the reduced root contribution to the whole CO_2 efflux. Overall, there is little statistically significant evidence of differences between the two treatments: yet, there are some indication that the treatments by cluster of standards may help in keeping the condition of the treated plots more similar to the control ones. Together with the intuitive higher availability of ecological niches, this may suggest some added value for this management technique.

Key words. Crown transparency, foliar size, LAI, mineralization, N-availability, soil CO_2 efflux, throughfall, vegetation structural homogeneity.

Riassunto. I risultati ottenuti dalle varie indagini vengono riassunti. Sono state rilevate correlazioni significative tra trasparenza della chioma, azoto e dimensioni delle foglie. Assieme alla riportata evidenza di un possibile aumento dei tassi di mineralizzazione, questo suggerisce che gli alberi beneficiano di una maggiore disponibilità di N. L'aumentata mineralizzazione potrebbe essere dovuta ad un aumento (sebbene non significativo) riportato per la temperatura e l'umidità del suolo, quest'ultima probabilmente dovuta all'aumentato throughfall. L'analisi dell'omogeneità strutturale della vegetazione suggerisce che le comunità più sviluppate (come quelle del blocco 1) possano risentire maggiormente dei trattamenti. I valori di LAI misurati a 60 cm sono stati dapprima guidati dalla variazione di area basimetrica seguita ai trattamenti ($P < 0,05$) e successivamente dallo sviluppo dei polloni ($P < 0,05$). Un processo analogo sembra accadere per le precipitazioni sottochioma: le differenze tra plot trattati e controllo spariscono al secondo anno dal trattamento. La respirazione del suolo è risultata più alta nei plot di controllo e questo è probabilmente dovuto al ridotto contributo delle radici nei plot trattati. Nel complesso ci sono poche differenze statisticamente significative tra i due trattamenti: tuttavia ci sono alcune indicazioni che il trattamento con matricinatura per gruppi aiuti a mantenere le condizioni dei plot trattati più vicine a quelle dei controlli. Insieme all'intuitiva maggiore disponibilità di nicchie ecologiche, questo suggerisce che questa forma di trattamento possa avere un valore aggiunto nella conservazioni di condizioni più vicine al bosco non trattato.

Parole chiave. Dimensioni delle foglie, disponibilità di N, emissioni di CO_2 dal suolo, LAI, mineralizzazione, omogeneità strutturale della vegetazione, throughfall, trasparenza della chioma.

.....
.....
.....
.....

I vari capitoli della sezione 4 di questo volume hanno illustrato le caratteristiche del sito sperimentale TraSForM, il trattamento effettuato e le condizioni di vari indicatori (alberi, suolo, foglie, vegetazione, precipitazioni) nelle aree trattate e di controllo in vari momenti, prima e/o dopo il tratta-

mento (AMORINI *et al.*, 2002; APRUZZESE *et al.*, 2002; BUSSOTTI *et al.*, 2002; CANTIANI *et al.*, 2002; FERRETTI *et al.*, 2002; SARTI, 2002; TEDESCHI e TIRONE, 2002).

Il quadro di riferimento in cui cercare di organizzare la sintesi dei dati raccolti può essere fornito

| Indicatore | Effetto rilevato | Tipo di confronto | Analisi statistica |
|---------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| Condizioni delle chiome | Diminuzione trasparenza non spiegabile | BA-CI | ANOVA |
| | Aumento trasparenza spiegabile | BA-CI | ANOVA |
| Stato nutrizionale degli alberi | Aumento di N | BA-CI | ANOVA |
| LAI | Diminuzione e successivo aumento di LAI | BA-CI | ANOVA ⁽¹⁾ |
| Vegetazione | Variations dell'omogeneità strutturale della fitocenosi | BA-CI | CHI-QUADRO |
| | Ingressione di specie | BA-CI | non eseguita |
| | Aumento numero di specie | BA-CI | non eseguita |
| | Variations della diversità | BA-CI | non eseguita |
| | Variations specie sinantropiche | BA-CI | non eseguita |
| | Variations specie classe Festuco-Brometea | BA-CI | non eseguita |
| | Variations specie eliofile classe Quercio-Fagetea | BA-CI | non eseguita |
| | Variations specie nemorali classe Quercio-Fagetea | BA-CI | non eseguita |
| Ricacci | Variations del diametro al colletto | A-I | ANOVA |
| | Variations di altezza | A-I | ANOVA |
| | Variations di numero | A-I | non eseguita |
| Rilasci | Variations dell'area di insidenza delle chiome | BA-CI | non eseguita |
| Precipitazioni | Aumento della somma annuale delle precipitazioni | A-CI | ANOVA |
| Suolo | Diminuzione emissione CO ₂ | A-CI | ANOVA |

Legenda: B=Before; A=After; C=Control; I=Impact

(1) Effettuata dagli autori sulla base dei dati sintetizzati da AMORINI *et al.* (2002).

Tabella 4/7.1 – Effetti legati ai trattamenti riportati nei vari contributi, tipo di confronto possibile e disponibilità dell'analisi statistica.

da un confronto BACI (*Before-After Control-Impact*; STEWART-OATEN, 1996; SMITH, 2002; UNDERWOOD, 1994) in cui una determinata entità ambientale (in questo caso il bosco incluso nell'area di saggio) soggetta ad un impatto (in questo caso il trattamento) viene confrontata sia con se stessa prima del trattamento che con un'entità di controllo che non ha subito il trattamento. Questo approccio è quello che - nell'ambito degli studi osservazionali in ambiente naturale - si trova al limite tra un tipico monitoraggio e la ricerca (ELZINGA *et al.*, 2001). I principali limiti di un'analisi di sintesi sono di ordine concettuale e tecnico. Il limite concettuale è direttamente determinato dall'impossibilità di operare su scale spaziali ampie. Ciò ha condizionato l'estensione dei blocchi e dei *plot* sperimentali, ma anche e soprattutto la selezione ed il numero di repliche sulle quali basarsi per un'inferenza di tipo causa-effetto. Conseguentemente, l'estrapolabilità delle conclusioni raggiunte è relativa. I limiti tecnici sono invece rappresentati da alcune diversità tra i due blocchi sperimentali e - al loro interno - tra i *plot*, dalla diversa natura dei dati (scale nominali, ordinali, per intervalli e razionale) e dalla loro diversa

disponibilità nella serie spazio-temporale di interesse (prima-dopo, controllo-impatto). Questi aspetti hanno determinato anche diverse soluzioni nel trattamento dei dati (valutazioni descrittive, ANOVA, *t*-test, χ^2 , ...) (APRUZZESE *et al.*, 2002; BUSSOTTI *et al.*, 2002; FERRETTI *et al.*, 2002; SARTI, 2002; TEDESCHI e TIRONE, 2002) che non sempre sono riuscite a fornire indicazioni non ambigue sui cambiamenti indotti dai trattamenti.

In questo contesto, vogliamo quindi proporre una valutazione di sintesi basata sui risultati ottenuti da ciascun gruppo che ha operato sulle aree sperimentali del progetto e di cui una sintesi è riportata in Tabella 4/7.1. A questo fine, verranno utilizzati solo i dati per i quali è disponibile un'analisi statistica (Tabella 4/7.1). Le domande per cui viene cercata una risposta sintetica sono quindi due: **(i)** i trattamenti determinano differenze significative tra *plot* trattati e *plot* di controllo? **(ii)** i trattamenti determinano differenze significative rispetto alle condizioni pre-trattamento?

Metodi

Vengono distinte tre possibilità di confronto, caratterizzate da diversi indicatori e da diversi ambiti di

comparazione.

Confronti completi

prima-dopo controllo-impatto (BACI)

Il confronto riguarda quegli indicatori rilevati sia nei *plot* trattati che di controllo prima e dopo il trattamento: condizione degli alberi, *Leaf Area Index*, omogeneità della vegetazione, parametri morfometrici e chimici delle foglie. Questo confronto è il più adatto per evidenziare statisticamente l'eventuale effetto dei trattamenti. In questa prospettiva, risulta interessante effettuare sia confronti appaiati tra aree trattate e controllo prima e dopo il trattamento, sia confronti "interni" a ciascun *plot* in momenti successivi (prima-dopo). Infatti, l'eventuale impatto del trattamento può essere immediato o ritardato, transitorio (reversibile) o permanente. E' plausibile ipotizzare che, qualunque siano le condizioni di un dato indicatore nelle aree trattate e di controllo prima del trattamento, dopo si instaurino condizioni che - a seconda dell'indicatore considerato - determinino cambiamenti evidenti sul breve periodo, di natura diversa (transitori o permanenti) e che, viceversa, cambiamenti più sottili diventino evidenti solo nel lungo periodo.

Confronti a posteriori

tra controllo-impatto (A-CI)

Il confronto riguarda quegli indicatori che - per varie ragioni - sono stati rilevati sia nei *plot* trattati che nei controlli, ma solo dopo l'intervento. Questo confronto manca di un riferimento alla situazione pre-intervento e affida alle aree di controllo il ruolo di "simularne" le condizioni. Tuttavia, le differenze tra aree di controllo e trattamento possono essere anche indipendenti dal trattamento e quindi non riflettere il ruolo di quest'ultimo (ELZINGA *et al.*, 2001). Conseguentemente, le informazioni hanno valore semi-quantitativo. Gli indicatori utilizzabili a questi fini sono le precipitazioni in foresta e le emissioni di CO₂ dal suolo.

Confronto a posteriori intra impatto (A-I)

Il confronto riguarda quegli indicatori misurati solo sui *plot* trattati e dopo l'effettuazione degli interventi: numero polloni vivi, altezza media dei polloni,

diametro polloni dominanti. Questo confronto è ulteriormente indebolito rispetto al precedente in quanto manca - ovviamente - il riferimento ai *plot* di controllo, dove i polloni di interesse non sono presenti perché non è stata effettuata nessuna ceduazione. Le differenze tra aree trattate possono perciò essere dovute anche a fattori diversi dal trattamento e le informazioni conseguibili non permettono nessuna inferenza sull'effetto dei trattamenti.

Risultati e discussione

Confronti completi

prima-dopo controllo-impatto (BACI)

Stato e tendenze del soprassuolo principale ed aspetti biochimici

Stato e tendenze del soprassuolo principale, che nei *plot* trattati è costituito dalle piante rilasciate, sono valutabili in relazione alle condizioni delle chiome (trasparenza spiegabile - TCN; trasparenza non spiegabile - TCNN) e stato nutrizionale. La Tabella 4/7.2 riporta una sintesi degli effetti risultati significativi illustrati in dettaglio da FERRETTI *et al.* (2002) e BUSSOTTI *et al.* (2002). Nei confronti della condizione della chioma, con l'eccezione di TCN, non si hanno mai, per lo stesso anno, differenze significative tra controllo e trattamento, né tra forme diverse di trattamento. Viceversa, in entrambi i trattamenti si osserva una significativa riduzione della TCNN e - più limitatamente - un aumento della TCN rispetto alla condizione pre-trattamento (FERRETTI *et al.*, 2002).

Nei confronti dello stato nutrizionale, l'unico elemento le cui variazioni risultavano coerentemente (e non episodicamente) legate al trattamento è risultato N. BUSSOTTI *et al.* (2002) hanno evidenziato un aumento delle concentrazioni di N nei *plot* trattati, specialmente nel trattamento A (Figura 4/7.1). Dato che le concentrazioni sono molto dipendenti dalle caratteristiche morfologiche delle foglie, ai fini di questa sintesi i livelli di N sono stati ricalcolati ed espressi come contenuto (mg di azoto per 50 foglie). La Figura 4/7.2 riporta la relazione tra trasparenza della chioma (valori medi di un campione casuale di 30 alberi per *plot*) e contenuto fogliare di N

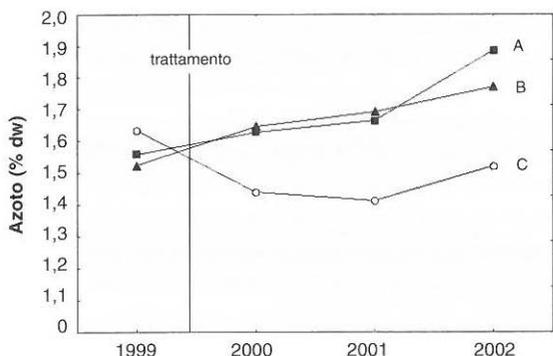


Figura 4/7.1 – Variazioni di N fogliare ai vari anni e trattamenti. Ogni osservazione è la media di 10 alberi (5 roverelle+5 cerri). Disegnato sulla base di dati di BUSSOTTI *et al.* (2002).

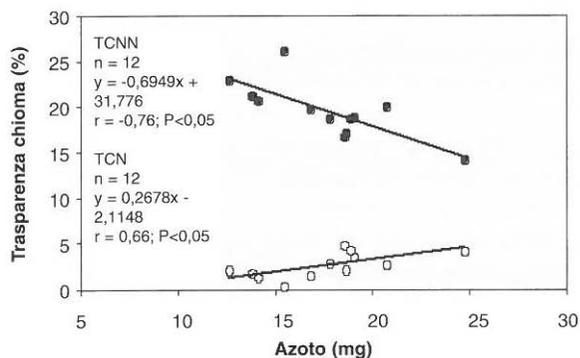


Figura 4/7.2 – Relazione tra N e trasparenza della chioma spiegabile (TCN) e non spiegabile (TCNN) (valori medi annuali per trattamento; 4 anni di osservazione per trattamento).

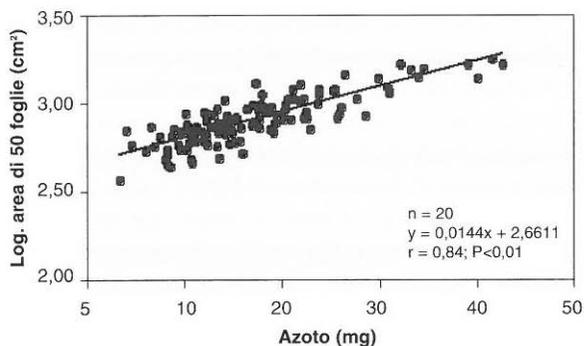


Figura 4/7.3 – Relazione tra contenuto di azoto ed area fogliare. Valori di singoli campioni. Ogni campione è costituito dalle foglie provenienti da diverse parti della chioma superiore di un albero (disegnato sulla base di dati di BUSSOTTI *et al.*, 2002).

(valori medi di un campione casuale di 5 alberi per *plot*) ai vari anni. Come si vede, la trasparenza è significativamente correlata al contenuto di N nelle foglie. In particolare, la TCN aumenta ($r=0,66$; $P<0,05$) all'aumentare di N, mentre la TCNN diminuisce ($r=-0,76$; $P<0,05$).

I due dati possono essere interpretati considerando altri fattori. Nei confronti della TCNN è interessante notare come essa sia inversamente correlata alle dimensioni delle foglie ($n=24$; $r=-0,65$; $P<0,05$) e come quest'ultime siano a loro volta direttamente correlate al contenuto di N ($n=120$; $r=0,84$; $P<0,01$) (Figura 4/7.3). Sembra quindi che esista una relazione tra TCNN, area fogliare e contenuto di N. Relazioni tra concentrazioni fogliari di N ed area fogliare non sono nuove e, ad esempio, sono state dimostrate per stazioni di rovere (ma non per le stazioni di farnia) in Germania (THOMAS e BUTTNER, 1998). In quel caso, l'aumento delle concentrazioni fogliari di N era ben correlato alle deposizioni atmosferiche totali. Nel nostro caso, l'aumento di N fogliare che si verifica essenzialmente nei *plot* trattati può probabilmente essere messo in relazione ad una maggiore disponibilità di questo elemento come conseguenza della maggiore mineralizzazione indotta dai trattamenti. Indicazioni in questo senso vengono da TEDESCHI e TIRONE (2002). L'aumentata disponibilità di N avrebbe effetti sulle dimensioni delle foglie che porterebbero ad un miglioramento dei valori di TCNN.

Nei confronti della TCN, l'aumento di N potrebbe invece aver stimolato una maggiore azione degli insetti (FLÜCKIGER e BRAUN, 1999).

Stato e tendenze della cenosi

Stato e tendenze della cenosi sono valutabili attraverso la dinamica della copertura vegetazionale e del LAI (Tabella 4/7.2) (AMORINI *et al.*, 2002; APRUZZESE *et al.*, 2002). Le elaborazioni condotte sui valori di copertura, tuttavia, permettono solo di stabilire la significatività della disomogeneità delle coperture, ma non il senso di variazione: in altre parole, evidenziano la presenza di un impatto. L'impatto registrato avviene per entrambi i trattamenti e determina una loro differenziazione rispetto al controllo. I dati indicano che:

| Indicatore | Indice | Differenze tra trattamenti | | | | Differenze intra trattamento | | | | | | | |
|--|----------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------|------|
| | | Prima 1999 | | Dopo | | A | | B | | C | | | |
| | | 2000 | 2001 | 2002 | 2000 | 2001 | 2002 | 2000 | 2001 | 2002 | 2000 | 2001 | 2002 |
| | | A-C B-C A-B | A-C B-C A-B | A-C B-C A-B | A-C B-C A-B | 2000 2001 2002 | 2000 2001 2002 | 2000 2001 2002 | 2000 2001 2002 | 2000 2001 2002 | | | |
| Chiome degli alberi | TCN | | | | | | | | | | | | |
| | TCNN | | | | | | | | | | | | |
| Foglie-chimica LAI | N | | | | | | | | | | | | |
| | LAI | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Vegetazione, omogeneità strutturale ⁽¹⁾ | str. arboreo | | | | | | | | | | | | |
| | str. arbustivo | | | | | | | | | | | | |
| | str. erbaceo | | | | | | | | | | | | |
| | totale | | | | | | | | | | | | |

(1) Viene indicato il blocco con variazioni significative. Vedi APRUZZESE *et al.* (2003) per i dati di dettaglio.

Tabella 4/7.2 – Confronti BACI. Vengono riportati solo i casi di differenze significative ($P < 0,05$) rilevati dai vari contributi. Il segno indica quello del risultato della differenza considerata (es. A-C; 2000-1999;...). Nei confronti della vegetazione viene riportato solo il blocco sperimentale dove si è verificata la differenza in quanto altre informazioni non sono possibili sulla base dell'analisi statistica effettuata.

(i) relativamente al controllo, l'impatto è superiore per il blocco 1, che si presentava in condizioni di sviluppo migliori prima del trattamento, mentre il blocco 2 risentiva già di una forma maggiore di antropizzazione; (ii) non sembrano esistere grosse differenze tra i trattamenti, anche se il recupero appare più pronto nel caso del trattamento a matricinatura per gruppi.

Nel loro insieme questi risultati suggeriscono che l'impatto dei trattamenti sulla vegetazione dipende anche dalle condizioni del soprassuolo su cui si va ad intervenire e che il trattamento con matricinatura per gruppi sembra in grado di riavvicinarsi più prontamente alle condizioni di partenza (APRUZZESE *et al.*, 2002).

Gli effetti sul LAI sono riassunti in Tabella 4/7.2. Occorre sempre ricordare che il LAI è stato misurato a 60 cm da terra (AMORINI *et al.*, 2002). Nella situazione pre-intervento il LAI era superiore nelle aree destinate al trattamento. Nel 2000, successivamente ai trattamenti, si hanno ovvie diminuzioni significative rispetto al controllo in entrambe le tesi, mentre non vi sono differenze di LAI tra le tesi. In questa prima fase, il LAI è direttamente correlabile all'area basimetrica del soprassuolo principale, che nelle aree trattate corrisponde alle piante rilasciate ($r=0,88$; $P < 0,05$). Nel 2001, sono ancora evidenti differenze significative per il tratta-

mento A, sia nei confronti del controllo che del trattamento B. Nel 2002, non vi sono più differenze tra i trattamenti, né tra essi ed il controllo. In questo periodo dopo il trattamento, la variazione di LAI è correlata all'area di insidenza delle cepaie ($r=0,70$; $P < 0,05$), il cui aumento nel periodo post-trattamento è dovuto allo sviluppo dei polloni (AMORINI *et al.*, 2002).

Confronti a posteriori tra controllo-impatto (A-CI)

Il confronto a posteriori tra controllo ed impatto è possibile per le indagini sugli scambi di CO₂ suolo-atmosfera (TEDESCHI e TIRONE, 2002) e per le precipitazioni (SARTI, 2002) (Tabella 4/7.3).

Entrambe queste indagini mettono in luce diversità tra controllo e trattamenti, ma in nessun caso vengono evidenziate differenze significative tra i trattamenti. TEDESCHI e TIRONE evidenziano una maggiore respirazione nei *plot* di controllo ($5,37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) rispetto ai trattamenti ($3,87 - 4,41 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Le differenze di respirazione vengono messe in relazione con i cambiamenti nella produttività primaria (abbattimento del contributo radicale alla respirazione) e nel ruolo della componente eterotrofa (accelerazione della mineralizzazione). SARTI (2002) evidenzia limitate differenze nei volumi di precipitazione per singolo campionamento;

| Indicatore | Indice | Post | | | | | |
|----------------|---|-------------------------|---------|------|---------|------|---------|
| | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
| | | A-C | B-C A-B | A-C | B-C A-B | A-C | B-C A-B |
| Suolo | Emissione di CO ₂ ⁽¹⁾ | Indagine non effettuata | | | | | |
| | Temperatura | | | | | | |
| | Umidità | | | | | | |
| Precipitazioni | Singoli campionamenti | | | | | | |
| | Somme annuali | + | + | + | + | | |
| Ricacci | Diametro medio | | | | | | |
| | Blocco 1 - carpino | | | | | | |
| | Blocco 1 - orniello | | | + | + | | |
| | Blocco 2 - roverella | | | | | + | |
| | Altezza media | | | | | | |
| | Blocco 1 - carpino | | | | | | |
| | Blocco 1 - orniello | | | | | | |
| | Blocco 2 - roverella | | | | | | |

(1) Nel caso dei ricacci l'analisi riguarda solo i trattamenti per cui il confronto di interesse è A-B.

Tabella 4/7.3 – Confronti A-CI e CI. Vengono riportati solo i casi di differenze significative ($P < 0,05$) rilevati dai vari contributi. Il segno indica quello del risultato della differenza considerata (es. A-C).

ma differenze statisticamente significative per gli apporti annuali. Le differenze rilevate sono dell'ordine del 5-10% al primo anno e tendono a diminuire al secondo anno dopo il taglio (3-6%), probabilmente in virtù della vigorosa ricrescita dei polloni che determinano un rapido aumento dei valori di LAI. Merita ricordare che le precipitazioni sono state misurate a ca. 50 cm dal suolo ed il LAI a ca. 60 cm: in altre parole, i raccoglitori di pioggia erano posizionati in maniera tale da essere interessati dalle chiome dei polloni e coerenti con le misure di LAI.

Confronto a posteriori *intra* impatto (A-I)

Il confronto possibile in questa sede riguarda diametro ed altezza media dei polloni (AMORINI *et al.*, 2002) (Tabella 4/7.3). I dati evidenziano situazioni contrastanti a seconda dei blocchi, della specie e del parametro. Nel blocco 1, diametro ed altezza dei polloni di carpino sono in genere superiori nel trattamento B, anche se la significatività è limitata al 2001 (diametro ed altezza) e 2002 (altezza); viceversa, il diametro dell'orniello è significativamente superiore in tutti gli anni nel trattamento A. Nessuna differenza significativa è stata rilevata per l'altezza.

Nel blocco 2, i polloni di roverella sono in genere più sviluppati nel trattamento B, ma le differenze

non sono mai risultate significative.

Indicatori non misurati in TraSFoRM: erosione del suolo e fauna

Le risorse disponibili per il progetto TraSFoRM hanno imposto scelte rispetto alle possibili misurazioni da condurre sulle aree sperimentali. Tra le altre, non sono state condotte osservazioni sull'erosione del suolo e sulla fauna, due elementi di sicuro interesse per una completa valutazione degli effetti dei trattamenti. Alcune informazioni utili nei confronti di tali indicatori possono essere reperite tra i risultati del progetto SUMMACOP (AA.VV., 2002), sviluppato sui cedui di alcune foreste umbre. Nei confronti dell'impatto fisico sul suolo, VENANZONI *et al.* (2002) rilevano in genere "un'asportazione totale o parziale degli orizzonti umici e comparsa di fenomeni erosivi a carico dell'orizzonte A". Tali effetti sono tuttavia limitati "alle piste di smacchio e manovra e nei punti di concentrazione ed esbosco" ed, in genere, gli effetti sono stati considerati trascurabili (in termini di superficie interessata) nei casi di esbosco a soma con trattore. Solo in un caso (ceduazione su piccole superfici presso il Monte Peglia ed esbosco a strascico con trattore) sono stati riscontrati effetti "non trascurabili".

Il monitoraggio faunistico ha riguardato vari aspetti (GHETTI *et al.*, 2002). Nei confronti della compo-

nente ornitica, i trattamenti selvicolturali hanno determinato in alcuni casi un significativo aumento della ricchezza media di specie. Relativamente alla macro meso teriofauna, è stata rilevata una diminuzione dei valori di abbondanza totale dei mammiferi, ma un aumento della biodiversità misurata secondo l'indice di Shannon-Wiener. Gli autori suggeriscono che la maggiore diversità di *habitat* in seguito all'intervento offra una maggior varietà di nicchie ecologiche, il che è abbastanza intuitivo, per lo meno fino a che le dimensioni degli interventi rimangono limitate. La diminuzione di abbondanza dei mammiferi viene addebitata al disturbo immediato provocato dagli interventi: vero è che osservazioni condotte in altre aree ad una maggiore distanza temporale dal taglio hanno evidenziato un aumento di abbondanza degli ungulati (capirolo e cinghiale).

Conclusioni

I dati riportati dai vari contributi evidenziano aspetti degni di interesse. I due trattamenti considerati solo occasionalmente determinano effetti significativamente diversi. Più spesso, si assiste a risposte abbastanza simili che possono essere riassunte in uno schema che considera aspetti biogeochimici, floristici e strutturali, a loro volta interconnessi.

Gli interventi condotti hanno asportato dal 70 al 90% dell'area basimetrica presente sui *plot* sperimentali prima dell'intervento. Questo ha determinato ovviamente un cambiamento piuttosto brusco dell'ambiente fisico (luce e temperatura, umidità) e biologico, testimoniato da numerosi indicatori. A livello biogeochimico, i dati indicano che i trattamenti hanno determinato variazioni nel tasso di respirazione del suolo e - prevedibilmente - di mineralizzazione della sostanza organica. Questo può aver determinato una maggiore disponibilità di N per gli alberi, testimoniata dall'aumento dei valori fogliari di N. La maggiore disponibilità di N sembra aver contribuito ad una maggiore vigoria vegetativa, evidenziata da foglie di maggiori dimensioni che hanno avuto un effetto sulle chiome degli alberi, da un lato migliorandone le condizioni, dall'altro rendendoli però forse più suscetti-

bili agli attacchi degli insetti.

La flora e la vegetazione delle aree hanno mostrato livelli diversi di impatto ed una marcata reattività, dipendente tuttavia dalla situazione di partenza. I dati indicano che comunità più mature e sviluppate vengono alterate più profondamente di comunità più giovani. In ogni caso, lo sviluppo della rinnovazione agamica dopo il trattamento è stato vigoroso, in buona parte probabilmente aiutato dal favorevole decorso dell'estate 2002, ma in parte contrastato anche dai danni degli ungulati. Lo sviluppo della rinnovazione ha portato rapidamente al ripristino di valori di LAI simili a quelli prima dell'intervento ed è a ciò che probabilmente si deve la diminuzione dei valori di *throughfall*, anch'essi senza differenze significative a due anni dal taglio.

Come detto precedentemente, le differenze tra i due trattamenti sono risultate quasi sempre non significative. Tuttavia, alcune differenze risultano qualitativamente interessanti ed analisi non riportate in questo capitolo indicano sia tendenze per cui il trattamento a gruppi offre in genere condizioni di vari indicatori più simili a quello del controllo (omogeneità strutturale, APRUZZESE *et al.*, 2002; emissioni di CO₂, TEDESCHI e TIRONE, 2002; precipitazioni, SARTI, 2002; LAI, AMORINI *et al.*, 2002), sia condizioni che implicano miglioramenti più decisi (es. chiome degli alberi, FERRETTI *et al.*, 2002). Insieme all'intuitiva maggiore disponibilità di nicchie ecologiche, questi aspetti suggeriscono che la forma di trattamento per gruppi possa avere un qualche valore aggiunto nella conservazione di condizioni più vicine al bosco non trattato.

Merita ricordare che - in ogni caso - tutte le osservazioni condotte si riferiscono ad una finestra temporale limitata, che copre solo 3 anni dopo il trattamento. Unitamente alla scala spaziale delle osservazioni, questo è un limite per la valutazione degli effetti dei trattamenti. Sarebbe una considerevole opportunità poter continuare le osservazioni sulle aree sperimentali, che rappresenterebbero quindi un vero e proprio sito per ricerche a lungo termine applicate alla gestione del patrimonio forestale umbro.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano tutti i colleghi che hanno cooperato al progetto, e in particolare gli Autori dei singoli contributi su cui si basa la presente sintesi, per la disponibilità dimostrata nel rivedere ed approfondire i dati e le elaborazioni svolte.

Bibliografia

- AA.VV., 2002 - **Gestione sostenibile e multifunzionale dei boschi cedui: il progetto Summacop - Esperienze, attività e risultati.** Regione dell'Umbria, Perugia, 196 pp.
- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002 - **Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:**45-52.
- APRUZZESE A., LUDOVISI A., NICOLETTI G., VALE F., VENANZONI R., 2002 - **Principali valutazioni sulle dinamiche floristico-vegetazionali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 37-43.
- BUSSOTTI F., GRAVANO E., BORGHINI F., LEONZIO C., BIANCONI M., MACCHERINI S., 2002 - **Principali valutazioni sulla composizione chimica e sulla morfologia fogliare di piante di roverella e cerro in aree sottoposte a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 65-71.
- CANTIANI P., FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 - **Il disegno sperimentale del progetto TraSFoRM.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 29-36.
- COZZI A., MACCHERINI S., FERRETTI M., 2002 - **Sintomi fogliari attribuibili ad ozono nel sito sperimentale TraSFoRM (Umbria) nel periodo 1999-2002-Sintesi.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 87-92.
- ELZINGA CL., SALZER DW., WILLOUGHBY JW., GIBBS JP., 2001 - **Monitoring plant and animal population.** Blackwell Science, Malden, Massachusetts, USA: 337 pp.
- FERRETTI M., MACCHERINI S., SAVINI P., 2002 - **Principali valutazioni sulla trasparenza delle chio-**

me degli alberi in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale. In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 53-58.

FLÜCKIGER W., BRAUN S., 1999 - **Nitrogen and its effects on growth, nutrient status and parasite attacks in beech and Norway spruce.** Water Air and Soil Pollution, 116: 99-110.

GHETTI L., AMORI A., CHIAPPINI M., LANCIONI T., MONTEFAMEGLIO M., MUZZATTI M., 2002 - **Aspetti faunistici.** In: AA.VV - **Gestione sostenibile e multifunzionale dei boschi cedui: il progetto SUMMACOP. Esperienze, attività e risultati.** Regione dell'Umbria, Assessorato Agricoltura Foreste Caccia e Pesca: pp. 60-63.

SARTI C., 2002 - **Principali valutazioni sull'intercettazione delle precipitazioni in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 73-78.

SMITH E. P., 2002 - **BACI design.** In: EL-SHAARAWI A., PIEGORSH W. (Eds.) - **Encyclopedia of Environmentrics.** Vol. 1, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester: 141-148

STEWART-OATEN A., 1996 - **Problems in the analysis of environmental data.** In: SCHMITT RJ e OSENBURG CW - **Detecting Ecological Impacts.** p. 109-131.

TEDESCHI V., TIRONE G., 2002 - **Principali valutazioni sugli scambi di CO₂ tra suolo e atmosfera in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFoRM:** 59-64.

THOMAS F.M., BUTTNER, G., 1998 - **Correlations between nutrient status and degree of foliation in mature oak stands of northwestern Germany.** Forstwissenschaftliches Centralblatt, 117 (2):115-128.

UNDERWOOD A.J., 1994 - **On beyond BACI: sampling design that might reliably detect environmental disturbances.** Ecological Applications, 4 (1): 3-15.

VENANZONI R., TRENTINI S., VINTI G., 2002 - **Aspetti geopedologici.** In: AA.VV - **Gestione sostenibile e multifunzionale dei boschi cedui: il progetto SUMMACOP. Esperienze, attività e risultati.** Regione dell'Umbria, Assessorato Agricoltura Foreste Caccia e Pesca: pp. 59-60.

Sintomi fogliari attribuibili ad ozono nel sito sperimentale TraSFoRM (Umbria) nel periodo 1999-2002 - Sintesi

A. Cozzi⁽¹⁾
S. Maccherini⁽²⁾
M. Ferretti⁽³⁾

(1) LINNÆA ambiente srl • Firenze
(2) Università degli Studi di Siena
(3) Regione dell'Umbria • Perugia

Abstract. OZONE LIKE FOLIAR SYMPTOMS AT THE TRASFORM EXPERIMENTAL SITE (UMBRIA, CENTRAL ITALY) OVER THE PERIOD 1999-2002 - A SYNTHESIS. The "Biomonitoring" section of the project is devoted to identify, describe and quantify ozone (O₃)-like foliar symptoms at the experimental site of the TraSFoRM project. The site is subjected to mean weekly summer O₃ concentrations about 30-50 ppb with estimated AOT40 values exceeding 10 ppm*h⁻¹ over a 4 months period. In 1999, a survey was undertaken to identify and describe foliar symptoms: several species, including *Ailanthus altissima*, *Clematis vitalba*, *Cornus sanguinea*, *Euonymus europaeus*, *Fraxinus ornus*, *Lonicera sp.*, were found symptomatic. *Fraxinus ornus* resulted the most frequent among the sensitive species founded at the TraSFoRM site. A more formal investigation was carried out in the years 2000, 2001, 2002 with the aim to quantify symptoms attributable to O₃ on sprouts of *Fraxinus ornus*. Overall, 479 sprouts were assessed in 2000, 465 in 2001 and 219 in 2002. The results showed considerable spatial and temporal variation of O₃-like foliar symptoms even at the local scale.

Key words. Bioindication, ozone, variability, spontaneous vegetation, management practices, Umbria (Italy).

Riassunto. La sezione di progetto "Biomonitoraggio" è dedicata a identificare, descrivere e quantificare sintomi attribuibili ad ozono (O₃) presso il sito sperimentale TraSFoRM. Il sito è soggetto a concentrazioni medie settimanali di O₃ di 30-50 ppb durante il periodo estivo e valori stimati di AOT40 che mediamente eccedono i 10 ppm h⁻¹ su una base di 4 mesi. Durante il 1999 è stata condotta un'indagine per identificare e descrivere i sintomi fogliari. Parecchie specie hanno mostrato sintomi, tra cui *Ailanthus altissima*, *Clematis vitalba*, *Cornus sanguinea*, *Euonymus europaeus*, *Fraxinus ornus*, *Lonicera sp.* L'orniello è risultata la più frequente tra le specie sintomatiche e, per questo motivo, oggetto di una campagna di rilevamento *ad hoc* condotta negli anni 2000, 2001 e 2002. Nel complesso, sono stati osservati 479 polloni nel 2000, 465 nel 2001 e 219 nel 2002. I risultati mostrano una considerevole variabilità spaziale e temporale e le sorgenti di variazione sembrano cambiare di anno in anno.

Parole chiave. Bioindicazione, ozono, variabilità, vegetazione spontanea, trattamenti selvicolturali, Umbria.

In Europa, l'inquinamento da ozono (O₃) rappresenta un problema di crescente interesse a livello continentale (DOLLARD *et al.*, 1995; ALLEGRIANI e BROCCO, 1995; FOWLER *et al.*, 1999). Numerosi studi documentano gli effetti negativi di questo inquinante sugli ecosistemi naturali non solo in Europa (MATYSSEK e INNES, 1999; FUHRER e ACKERMANN, 1999), ma anche in varie altre regioni del mondo (MILLER *et al.*, 2002). In Italia l'impatto dell'O₃ è stato documentato soprattutto per le colture agrarie (FUMAGALLI *et al.*, 2001), mentre risultano scarse le informazioni sugli ecosistemi forestali (Cozzi *et al.*, 2000; BUSSOTTI e Cozzi, 2001),

nonostante risultino accertate concentrazioni fitotossiche di questo inquinante in aree remote (BUFFONI, 2002).

Fino a pochi anni orsono, in Umbria l'unica informazione sull'impatto dell'O₃ sulla vegetazione derivava da una campagna di biomonitoraggio con *Nicotiana tabacum* cv. Bel W-3 condotta nel 1990 nella Conca Ternana (MERCORELLI, 1994). Dal 1996, dati sulle concentrazioni di O₃ in aree forestali sono disponibili nell'ambito del progetto CONtrollo ECOsistemi FOrestali (CON.ECO.FOR.). I dati 1996-2000 hanno accertato la presenza di concentrazioni medie settimanali di 30-47 ppb e mas-

sime settimanali di 57 ppb (BUFFONI e TITA, 2000). I valori di AOT40 (*O₃ Accumulated Over Threshold* 40 ppb) sono stati stimati - per un periodo di 4 mesi - mediamente attorno a 11 ppm h⁻¹, con punte di 20 ppm h⁻¹, nel periodo 1996-2000 (FERRETTI *et al.*, 2002). Considerando che il Livello I di rischio per gli ecosistemi forestali è di 10 ppm*h⁻¹ stimato su una base semestrale di accumulo, è evidente che esiste un potenziale rischio anche per le foreste ombre. Tra i metodi più semplici per evidenziare un potenziale impatto dell' *O₃* sulle foreste, l'identificazione dei sintomi fogliari ha visto recentemente un'applicazione diffusa. L'indagine qui descritta ha avuto quindi gli scopi di (i) identificare la presenza di sintomi attribuibili ad *O₃* nella zona del sito sperimentale e, dopo i trattamenti selvicolturali, (ii) cercare di quantificare il danno sui ricacci delle aree trattate. Primi risultati di questo lavoro sono stati recentemente pubblicati (MACCHERINI *et al.*, 2002).

Materiali e Metodi

L'indagine si è svolta in due fasi: verifica dell'eventuale presenza di sintomi attribuibili ad *O₃* attraverso una indagine estensiva a livello di sottobacino idrografico (anno 1999); quantificazione dei sintomi fogliari sui polloni di orniello ricadenti nei *subplot* allestiti per l'indagine fitosociologica (anni 2000, 2001, 2002).

Anno 1999: osservazioni sui sintomi fogliari visibili sulla vegetazione spontanea

Lo scopo dell'indagine era di individuare le specie sintomatiche, identificare i sintomi e classificarli secondo le tipologie descritte in letteratura (GUDERIAN, 1985). A questi fini, è stata condotta una serie di osservazioni distribuite secondo le vie d'accesso e la percorribilità dell'area di indagine. Ne consegue che i risultati dell'indagine 1999 hanno essenzialmente validità per la descrizione dei sintomi, non per la loro distribuzione territoriale.

L'area ispezionata (ca. 60 ettari) è centrata sulle aree sperimentali ed è stata percorsa lungo il perimetro ed al suo interno sfruttando la sentieristica esistente. Le osservazioni sono state condotte sulla vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea naturale, sugli impianti artificiali (rappresentati da pinete di

pino nero, impianti di ciliegio e frassino), sulla vegetazione naturalizzata (robinia, ailanto ed altre specie presenti lungo i margini delle strade e nei luoghi a forte alterazione antropica) e coltivata (frutteti, colture erbacee, piante ornamentali nei giardini). Sono state raccolte informazioni sia di tipo stazionario (caratteri topografici e fisici della stazione - altitudine, esposizione, morfologia, pendenza, categoria di uso del suolo, drenaggio, profondità del suolo-), sia più specificatamente sui tipi di sintomo.

Anni 2000-2001-2002: quantificazione dei sintomi fogliari visibili su polloni di orniello

L'obiettivo dell'indagine era la quantificazione dei sintomi visibili fogliari su orniello (la specie sintomatica più frequente nell'area indagata), rappresentati da chiazze internervali di colore marrone-rossiccio sulla pagina superiore della foglia (Cozzi *et al.*, 2000; INNES *et al.*, 2001).

Il rilevamento 2000-2002 è avvenuto all'interno dei *plot* trattati (nei *plot* di controllo non erano infatti reperibili polloni di orniello), utilizzando i *subplot* 10x10m allestiti per l'indagine fitosociologica. All'interno di questi *subplot*, sono state considerate tutte le ceppaie di orniello con ricacci dell'anno (2000) e con almeno 5 polloni più alti di 30 cm. In ogni caso sono stati osservati e numerati solo i 5 polloni più alti per ceppaia.

I dati raccolti riguardavano la diffusione (percentuale di foglioline danneggiate rispetto al totale delle foglioline presenti sul pollone), la severità del danno (percentuale di superficie fogliare danneggiata rispetto alla superficie fogliare totale, considerando il danno medio solamente delle foglioline sintomatiche) secondo la scala modificata di HORSFALL e BARRATT (1940) e l'indicazione della localizzazione dei sintomi sulle foglie e sulla pianta.

Il Danno Totale (DT) è stato calcolato come prodotto tra severità e diffusione del sintomo. Il dato per singola ceppaia è stato ottenuto come media dei valori di DT dei vari polloni:

$$\overline{DT}_{\text{ceppaia}} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N DT_{\text{poll } j}$$

dove N = numero di polloni

Le indagini sono state condotte nei diversi anni nell'arco temporale di pochi giorni, sempre tra l'8 ed il 18 settembre.

I dati sono stati normalizzati (trasformazione logaritmica) ed analizzati sia per singolo anno mediante ANOVA a due vie, sia sul totale dei tre anni (2000-2002) mediante ANOVA a tre vie Entro-Soggetti, utilizzando l'anno come fattore a misure ripetute. Per questa analisi, sono stati considerati solo i polloni con misure per tutti i tre anni esaminati. F multivariato (*lambda* di Wilks) è stato usato per confermare la significatività del fattore a misure ripetute (anno) e delle interazioni che lo coinvolgono (es. trattamento*anno) evidenziata dall'analisi univariata. Nell'ambito dei fattori significativi all'analisi della varianza è stato applicato il test HSD di Tukey.

Risultati

Ricognizione 1999

Le specie sintomatiche sono state sia legnose (*Ailanthus altissima*, *Fraxinus ornus*, *Prunus avium*, *Euonymus europeaus*, *Syringa vulgaris*, *Rubus* spp, *Clematis vitalba*, *Lonicera caprifolium*, *Sambucus niger*) che erbacee (*Eupatorium cannabinum*, *Origanum vulgare*) con diversi tipi di sintomo (punteggiature sulla pagina superiore delle foglie, chiazze ed arrossamenti internervali). Le specie con danni quasi certamente da O₃ sono state ailanto, orniello, ciliegio e rovo (INNES *et al.*, 2001). Vitalba, corniolo, sambuco nero, lonicera, forsizia erano già state citate, ma la descrizione dei sintomi riportata non è sufficiente per confermare il ritrovamento, mentre origano e canapa d'acqua sono nuove per la letteratura. La proporzione dei siti sintomatici sul totale è elevata, ed i siti asintomatici si ritrovano solo sotto la copertura forestale continua e chiusa.

Quantificazione dei sintomi fogliari visibili su polloni di orniello: risultati 2000-2002

Il numero di polloni è risultato nettamente differenti tra i due blocchi (Tabella 5.1). Il numero di polloni rivalutati nel 2001 è risultato leggermente inferiore dell'anno precedente a causa del manca-

to ritrovamento di alcune ceppaia e di perdite nel campione causate da danni da ungulati. Nel 2002, il numero di polloni che ha fornito dati utili è risultato ridotto a causa di vistosi imbrunimenti e/o necrosi diffuse sulle foglie ed una loro precoce caduta (vedi discussione risultati).

Sia nel blocco 1 che nel blocco 2, i sintomi, quando presenti, sono poco diffusi. Valori più elevati sono stati ottenuti nel 2001 e 2002. In quest'ultimo caso il risultato è da valutare con cautela a causa di un concomitante attacco di un agente biotico che ha reso particolarmente difficile la diagnosi differenziale tra i diversi sintomi. Quando presenti, i sintomi tendono ad essere generalmente più frequenti sulle foglie più vecchie, nella porzione centrale o basale del fusto. Fa eccezione il 2002, allorquando in entrambi i blocchi i sintomi erano più frequentemente localizzati sulle foglie giovani (classe 1).

I valori di Danno Totale (DT) sono stati analizzati in funzione di blocco sperimentale, trattamento e *subplot* sia su base annuale che sul totale degli anni. I risultati su base annuale (Tabella 5.2) evidenziano una elevata variabilità spaziale dei dati, testimoniata dal fatto che *subplot* è risultato, assieme a trattamento, un fattore significativo sia nel 2000 che nel 2001. Un'analisi comparativa ha evidenziato come molte ceppaie abbiano dato risposte opposte nel corso del tempo: alcune ceppaie sono risultate sintomatiche ad un anno ed asintomatiche nel successivo e viceversa.

La Tabella 5.2 riporta anche i risultati di ANOVA per misure ripetute. E' bene ricordare che, come già descritto nei metodi di elaborazione, il dataset utilizzato per questa analisi (osservazioni in comune per tutti i tre anni) è diverso da quello utilizzato per ANOVA su base annuale (osservazioni relative ai singoli anni). Singolarmente, nessuno dei fattori esaminati è risultato significativo, mentre lo sono risultate le interazioni anno*trattamento e blocco*anno*trattamento. La Tabella 5.3 riporta quindi i confronti anno*trattamento. Il livello di danno fogliare nei vari anni è risultato molto differente (Figura 5.1), inoltre le differenze tra i trattamenti sono assai incostanti: le uniche tendenze coerenti sono l'aumento dei valo-

| | Classi | Blocco 1 | | | Blocco 2 | | |
|--|--------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 2000 N=439 | 2001 N=426 | 2002 N=116 | 2000 N=40 | 2001 N=39 | 2002 N=28 |
| Distribuzione polloni per classi di diffusione dei sintomi | 0 | 56,04 | 62,20 | 38,8 | 57,50 | 59,00 | 46,40 |
| | 1 | 1,14 | 14,30 | 5,2 | 0,0 | 23,10 | 3,60 |
| | 2 | 13,67 | 10,10 | 31,9 | 5,00 | 5,10 | 10,70 |
| | 3 | 8,66 | 3,50 | 5,2 | 7,50 | 0,00 | 7,10 |
| | 4 | 9,79 | 4,20 | 9,5 | 7,50 | 5,10 | 14,30 |
| | 5 | 6,38 | 3,10 | 4,3 | 10,00 | 0,00 | 10,70 |
| | 6 | 3,42 | 1,90 | 1,7 | 12,50 | 2,60 | 7,10 |
| | 7 | 0,68 | 0,70 | 0,0 | 0,00 | 5,10 | 0,00 |
| | 8 | 0,23 | 0,00 | 1,7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 9 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 10 | 0,00 | 0,00 | 1,7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Distribuzione polloni per classi di severità dei sintomi | 0 | 56,04 | 62,20 | 38,80 | 57,50 | 59,00 | 46,40 |
| | 1 | 9,11 | 1,90 | 0,00 | 5,00 | 2,60 | 0,00 |
| | 2 | 9,57 | 17,60 | 10,30 | 5,00 | 23,10 | 7,10 |
| | 3 | 6,61 | 7,30 | 15,50 | 10,00 | 5,10 | 14,30 |
| | 4 | 5,47 | 6,80 | 12,10 | 5,00 | 2,60 | 17,90 |
| | 5 | 5,47 | 3,80 | 13,80 | 5,00 | 2,60 | 14,30 |
| | 6 | 5,24 | 0,50 | 6,00 | 10,00 | 2,60 | 0,00 |
| | 7 | 1,59 | 0,00 | 0,00 | 2,50 | 0,00 | 0,00 |
| | 8 | 0,68 | 0,00 | 1,70 | 0,00 | 2,60 | 0,00 |
| | 9 | 0,23 | 0,00 | 1,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Distribuzione polloni per classi di localizzazione dei sintomi | 0 | 56,04 | 62,20 | 38,80 | 57,50 | 59,00 | 46,40 |
| | 1 | 9,34 | 10,80 | 40,50 | 2,50 | 12,80 | 35,70 |
| | 2 | 6,38 | 11,30 | 12,10 | 15,00 | 20,50 | 0,00 |
| | 3 | 20,96 | 12,70 | 0,90 | 20,00 | 2,60 | 0,00 |
| | 4 | 7,29 | 3,10 | 7,80 | 5,00 | 5,10 | 17,90 |

Legenda: Classe 0: 0%; **1:** >0-1%; **2:** >1-5%; **3:** >5-10%; **4:** >10-25%; **5:** >25-50%; **6:** >50-75%; **7:** >75-90%; **8:** >90-95%; **9:** >95-99%; **10:** >99-100%. **Classi di localizzazione dei sintomi: classe 0:** sintomo assente; **1:** foglie danneggiate più giovani localizzate nella porzione superiore della chioma; **2:** foglie danneggiate localizzate nella porzione centrale della chioma; **3:** foglie danneggiate più vecchie localizzate nella porzione basale della chioma; **4:** altro.

Tabella 5.1 – Classi di diffusione e di severità dei sintomi.

ri di DT nel trattamento A e l'aumento dei valori registrato nel 2002 in entrambi i trattamenti.

Le variazioni di DT nel tempo sono difficili da interpretare. Da un lato le condizioni effettive dei *plot* sembrano non differire sostanzialmente tra trattamento A e B: la riduzione di LAI in seguito al taglio (un *proxy* del potenziale cambiamento di radiazione ricevuta dai polloni) è analoga e lo stesso vale per le precipitazioni. D'altro canto è difficile pensare ad una forte variabilità dei livelli di O₃ nell'ambito del sito sperimentale, e che tale variabilità segua tendenze diverse in *plot* contigui. Infatti, i dati di O₃ disponibili (2000 e 2001) evidenziano concentrazioni analoghe nei due anni (BUFFONI, com. pers.), mentre i livelli di DT variano tra gli anni, in entrambi i trattamenti e talvolta con direzione diversa. Anche l'unica variazione coerente

tra i due trattamenti (l'aumento dei valori di DT nel 2002) è difficile da interpretare. Occorre dire che il decorso stagionale dell'estate 2002 (piovoso, con temperature relativamente meno elevate) è stato sì sfavorevole ad episodi di elevate concentrazioni O₃, ma molto favorevole all'assorbimento dell'O₃ presente. In ambiente mediterraneo, è soprattutto questo aspetto ad essere importante per il manifestarsi dei sintomi. Infatti, nell'estate 2002 sono stati osservati sintomi molto evidenti su una varietà di specie che gli anni precedenti non si erano mai, o solo occasionalmente, mostrate sintomatiche (es. robinia).

Conclusioni

L'indagine ha documentato l'esistenza di sintomi fogliari visibili attribuibili ad O₃ su numerose spe-

| Fattore | gdl Effetto | MS Effetto | gdl Errore | MS Errore | F | p-level |
|-------------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|---------------|
| 2000 | | | | | | |
| Blocco | 1 | 0,0017 | 73 | 0,2081 | 0,0083071 | 0,9276 |
| Trattamento | 1 | 1,3618 | 73 | 0,2081 | 6,5436288 | 0,0126 |
| Subplot | 21 | 0,3964 | 73 | 0,2081 | 1,9049717 | 0,0230 |
| 2001 | | | | | | |
| Blocco | 1 | 0,0432 | 71 | 0,1205 | 0,3589622 | 0,5510 |
| Trattamento | 1 | 2,9089 | 71 | 0,1205 | 24,122655 | 0,0000 |
| Subplot | 20 | 0,3592 | 71 | 0,1205 | 2,978947 | 0,0004 |
| 2002 | | | | | | |
| Blocco | 1 | 0,0117 | 19 | 0,2026 | 0,0581553 | 0,8120 |
| Trattamento | 1 | 0,4809 | 19 | 0,2026 | 2,3737648 | 0,1399 |
| Subplot | 12 | 0,3194 | 19 | 0,2026 | 1,5767183 | 0,1815 |
| 2000-2002 pooled | | | | | | |
| Blocco | 1 | 0,0589 | 28 | 0,2998 | 0,1963925 | 0,6611 |
| Trattamento | 1 | 0,0845 | 28 | 0,2998 | 0,2819688 | 0,5996 |
| Anno | 2 | 0,0094 | 56 | 0,1794 | 0,0525101 | 0,9489 |
| Blocco*Trattamento | 1 | 0,8408 | 28 | 0,2998 | 2,8049345 | 0,1051 |
| Blocco*Anno | 2 | 0,1983 | 56 | 0,1794 | 1,1053694 | 0,3382 |
| Anno*Trattamento | 2 | 0,7484 | 56 | 0,1794 | 4,1709294 | 0,0205 |
| Blocco*Trattamento*Anno | 2 | 0,7428 | 56 | 0,1794 | 4,1397262 | 0,0210 |

Tabella 5.2 – Risultati di ANOVA per i vari anni e per l'insieme degli anni (dati trasformati). I valori significativi ($P < 0,05$) sono indicati in grassetto.

| | | | | | | |
|--------|--------------|--------|--------------|--------------|--------|--------|
| A 2000 | | | | | | |
| A 2001 | 0,928 | | | | | |
| A 2002 | 0,051 | 0,365 | | | | |
| B 2000 | 0,013 | 0,156 | 0,999 | | | |
| B 2001 | 0,095 | 0,545 | 0,999 | 0,968 | | |
| B 2002 | 1,000 | 0,878 | 0,030 | 0,007 | 0,059 | |
| | A 2000 | A 2001 | A 2002 | B 2000 | B 2001 | B 2002 |

Tabella 5.3 – Confronto tra i valori di DT ai vari anni e trattamenti (dati trasformati). I valori significativi (Test HSD di Tukey, $P < 0,05$) sono indicati in grassetto.

cie legnose ed erbacee nel sito TraSFoRM. La quantificazione dei sintomi fogliari ha mostrato un'elevata variabilità a livello spaziale (tra polloni, ceppaie, subplot, trattamenti e blocchi) e temporale (tra gli anni). L'analisi della varianza ha evidenziato che i fattori significativi possono variare di anno in anno: ad esempio, il trattamento è risultato essere significativo nel 2000 e nel 2001, ma non nel 2002 (probabilmente anche a causa della riduzione delle osservazioni). Le differenze riscontrate tra trattamenti sono però incoerenti tra gli anni: ciò rende difficilmente interpretabile il risultato dell'analisi statistica, che sembra più riflettere una variabilità random (connessa all'elevata variabilità spazio-temporale dei sintomi) che non un reale effetto del trattamento. Probabilmente, solo

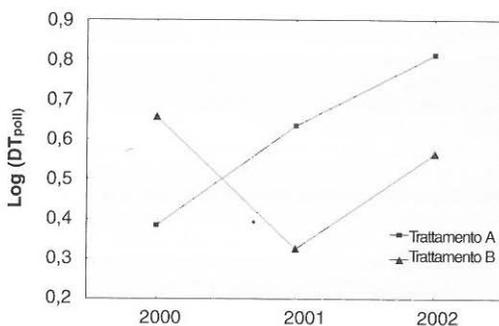


Figura 5.1 – Evoluzione temporale di DT_{poll} nei due trattamenti (dati trasformati).

una serie più lunga di osservazioni potrà fornire dati in grado di chiarire questo aspetto. Il sito sperimentale TraSFoRM si è quindi mostra-

to soggetto a sintomi attribuibili ad O₃ e ciò induce ad interrogarsi sulla possibilità di effetti meno evidenti, ma potenzialmente più pericolosi (effetti sulla diversità, con potenziale *shift* verso le specie e gli individui più resistenti; effetti sugli accrescimenti) di questo contaminante.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano il Dr. GIANNI BETTI del Dipartimento Metodi Quantitativi, Università di Siena, per l'aiuto in una prima fase di analisi dei dati. Ulteriori ringraziamenti vanno al Dr. BRUNO PETRICCIONE (Ministero Politiche Agricole e Forestali, servizio CON.ECO.FOR.) ed al Dr. ARMANDO BUFFONI (Istituto Ambiente Italia) per aver messo a disposizione i dati relativi alle concentrazioni di O₃ nel sito sperimentale.

Bibliografia

- ALLEGRI I., BROCCO D., 1995 - **The historical development of atmospheric pollution and its effects in Italy.** In: **Responses of plants to air pollution**, eds. G. LORENZINI and G.F. SOLDATINI. Agricoltura Mediterranea, s.v., 11-22.
- BUFFONI A., 2002 - **Ozone and nitrogen dioxide measurements in the framework of the national integrated programme for the Control of Forest Ecosystems (CON.ECO.FOR.).** Journal of Limnology, vol. 61 (Suppl. 1): 69-76.
- BUFFONI A., TITA M., 2000 - **Ozone measurements by passive samplers at Italian forest sites.** In: FERRETTI M. (ed.): **Integrated and Combined (I&C) evaluation of intensive monitoring of forest ecosystems in Italy - Concepts, methods and first results.** Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Special issue, Arezzo anno 1999, volume 30, pp. 121-128.
- BUSSOTTI F., COZZI A., 2001 - **Valutazione del danno fogliare visibile da ozono sulla vegetazione spontanea nelle aree CON.ECO.FOR..** Relazione sull'attività dell'anno 2001. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, 10 pp.
- COZZI A., FERRETTI M., GROHMANN F., MACCHERINI S., SAVINI P., 2001 - **Ozone - like foliar symptoms at the TraSFORM experimental site in Umbria, central Italy.** Proceedings of the 3rd SISEF meeting, Italy.
- COZZI A., FERRETTI M., INNES, J.L., 2000 - **Sintomi fogliari attribuibili ad ozono sulla vegetazione spontanea in Valtellina.** Monti e Boschi, 3-4, 42-49.
- DOLLARD G., FOWLER D., SMITH R.I., HJELLBREKKE A.-G., UHSE K., WALLASCH M., 1995 - **Ozone measurements in Europe.** Water Air and Soil Pollution, 85, 1949-54.
- FERRETTI M., ALIANIELLO F., AMORIELLO T., AMORINI E., BUFFONI A., BUSSOTTI F., CAMPETELLA G., CANULLO R., COSTANTINI A., COZZI A., FABBIO G., GEROSA G., MATTEUCCI G., MOSELLO, R., PETRICCIONE, B., POMPEI, E., SPINAZZI, F., 2002 - **Assessment of Ozone Exposure and Effects on Forest Vegetation through Routine Monitoring Programmes - A Risk Analysis in Italy.** UN/ECE Workshop Establishing Ozone Critical Levels II. Goteborg, Sweden, 19-22 November 2002. Background paper - Forests: 128-140.
- FOWLER D., CAPE JN, CYLE M, FLECHARD C, KUYLENSTIERNA J, HICKS K, DERWENT D, JOHNSON C, STEVENSON D, 1999 - **The global exposure of forests to air pollutants.** Water Air and Soil Pollution 116: 5-32.
- FUHRER J., ACHERMANN B., 1999 - **Critical levels for ozone - Level II.** Environmental Documentation No. 115. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL). 333 pp.
- FUMAGALLI I., GIMENO B.S., VELISSARIOU D., DE TEMMERMAN L., MILLS G., 2001 - **Evidence of ozone induced adverse effects on crops in the Mediterranean region.** Atmospheric Environment 35(14): 2583-2587.
- GUDERIAN R. (ed.), 1985 - **Air pollution by photochemical oxidants. Formation, transport, control and effects on plants.** Ecological Studies, Vol. 52, 335 pp.
- HORSFALL J.G., BARRATT R.W., 1940 - **An improved grading system for measuring plant disease.** Phytopathology, 35: 655.
- INNES J.L., SKELLY J.M., SCHAUB M., 2001 - **Ozone and broadleaved species. A guide to the identification of ozone-induced foliar injury.** Paul Haupt, Berne. 136 pp.
- MACCHERINI S., BETTI G., COZZI A., FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 - **Unaccounted spatial variability may bias site-related estimates of ozone-like foliar symptoms.** In Long-term air pollution effects on forest ecosystems-20th International meeting for specialists of air pollution effects on forests, Zvolen, Slovak Republic, August 30-September 1, 2002, Book of Abstracts: 123.
- MATYSSEK R., INNES J.L., 1999 - **Ozone - a risk factor for trees and forests in Europe?** Water Air and Soil Pollution 116: 199-226.
- MERCORELLI S., 1994 - **Valutazione della presenza di ozono troposferico nel versante narnese della "conca" ternana, mediante l'uso di una specie indicatrice vegetale.** Biologi Italiani, 5, 18-25.
- MILLER P.R., DE BAUER L.I., HERNANDEZ TEJEDA T., 2002 - **Oxidant exposure and effects on pines in forests in the Mexico City and Los Angeles, California, Air Basins.** Urban Air Pollution and forests, Vol 156: 225-242.

Il progetto TraSFoRM: sintesi dei risultati

M. Ferretti
M. Frattegiani
F. Grohmann
P. Savini

Regione dell'Umbria • Perugia

Abstract. *THE TRASFORM PROJECT: SYNTHESIS OF RESULTS.* The TraSForm project was based on a series of investigations ranging from large-scale survey to an experimental approach on a local basis. The condition of deciduous oaks (*Quercus cerris* L., *Q. pubescens* Willd.) were surveyed over the period 1998-2001 at selected forest districts. When examined together with the existing 1992-1995 data series, results identify increased crown transparency, mainly due to recent insect attacks. Silvicultural treatments were designed and implemented at the experimental site of the project. Two blocks with three plots each (two treatments and one control) were installed and monitored before and after the treatments. A number of statistically significant effects were reported for the treated plots, including changes in the structural homogeneity of vegetation, reduction of unexplained crown transparency, increase of explained crown transparency, increase in foliar N, reduction and subsequent increase of LAI, higher soil CO₂ emissions, higher annual throughfall. Interesting relationships were found between crown transparency, leaf area and foliar N content. In some cases (LAI, throughfall, crown transparency, ...) effects seem reversible. Ozone symptoms were surveyed at the experimental site over the period 1999-2002. A number of species were found symptomatic, while intensity of symptoms on sprouts of *Fraxinus ornus* varies in space and time.

Key words. Bioindication, deciduous oaks, coppice, experimental design, silvicultural techniques, tree condition, Umbria, Italy.

Riassunto. Il progetto TraSForm si è basato sia su indagini a scala regionale che su un approccio sperimentale a scala locale. Le condizioni di cerro e roverella sono state monitorate tra il 1998 ed il 2001 in definite aree forestali di proprietà pubblica. Insieme alla esistente serie di dati 1992-1995, i risultati evidenziano un aumento della trasparenza della chioma essenzialmente dovuto a recenti attacchi di insetti. La parte sperimentale del progetto ha riguardato la progettazione e la realizzazione di interventi selvicolturali in due blocchi sperimentali (tre aree di saggio ciascuno: due trattamenti ed un controllo) monitorati prima e dopo l'esecuzione dei trattamenti. Sono state individuati numerosi effetti significativi a carico dei plot trattati: cambiamenti nell'omogeneità strutturale della vegetazione, riduzione della trasparenza delle chiome dovuta a cause non riconoscibili, aumento della trasparenza delle chiome dovute a cause riconoscibili, aumento dei livelli fogliari di N, riduzione e rapido aumento del LAI, maggiori emissioni di CO₂ dal suolo, maggiore ammontare di precipitazioni sottochioma. Relazioni interessanti sono state rilevate tra trasparenza della chioma, area fogliare e contenuto di N nelle foglie. In alcuni casi (LAI, *throughfall*, trasparenza della chioma, ...) gli effetti sembrano reversibili. I sintomi da ozono sono stati monitorati presso il sito sperimentale dal 1999 al 2002. Numerose specie erbacee, arbustive ed arboree sono risultate sintomatiche. Tuttavia, l'intensità dei sintomi sui ricacci di orniello ha mostrato una considerevole variabilità spaziale e temporale.

Parole chiave. Bioindicazione, ceduo, condizione degli alberi, disegno sperimentale, querce decidue, tecniche selvicolturali, Umbria, Italia.

.....
.....
.....
.....

Le varie sezioni di questo volume hanno riportato i principali risultati ottenuti dalle varie indagini afferenti al progetto "Individuazione di forme appropriate di trattamento selvicolturale per il mantenimento ed il recupero di foreste degradate" (TraSFoRM) (AMORINI *et al.*, 2002; APRUZZESE *et al.*, 2002; BUSSOTTI *et al.*, 2002; CANTIANI *et al.*, 2002; COZZI *et al.*, 2002; FERRETTI *et al.*, 2002a, b e c; SARTI, 2002; TEDESCHI e TIRONE, 2002). In questo capitolo se ne

riassumono brevemente gli elementi essenziali in relazione agli scopi (GROHMANN *et al.*, 2002).

Le condizioni delle querce in Umbria

La roverella è in condizioni complessive peggiori del cerro, sia per quanto riguarda la Trasparenza Spiegabile (TCN) che la Trasparenza Non Spiegabile (TCNN). Per entrambe le specie, la

TCN aumenta significativamente essenzialmente a causa di attacchi di defogliatori riscontrato negli ultimi anni in varie aree forestali della regione. L'aumento di TCN, esso è stato registrato in diverse aree forestali, categorie colturali, classi di pendenza ed esposizione. Per entrambe le specie, la TCNN mostra in genere *trend* non significativi, ad eccezione delle foreste dell'Alto Tevere (aumento), del Coscerno e Monte Cucco (diminuzione) e - per la sola roverella - del Tevere (diminuzione). Un dato importante, in quanto incorporato negli indicatori di GSF è l'andamento della proporzione di piante con trasparenza >25% negli ultimi 5 anni. Considerando il periodo 1998-2001, si assiste ad un aumento di questa proporzione in entrambe le specie, ma nettamente più marcata nel cerro. Sembra essenziale mantenere un sistema di sorveglianza delle condizioni degli alberi.

Trattamenti selvicolturali: identificazione, esecuzione e monitoraggio degli effetti

Nei tre anni successivi alla loro effettuazione, i due trattamenti considerati (che nel complesso hanno asportato dal 70 al 90% dell'area basimetrica presente sui *plot* sperimentali prima dell'intervento) solo occasionalmente determinano effetti significativamente diversi. Il cambiamento indotto nell'ambiente fisico (luce e temperatura, umidità) e biologico, è testimoniato da numerosi indicatori ed ha probabilmente causato una serie di effetti. Tra essi, appare interessante la serie di relazioni, in parte dedotte, in parte statisticamente verificate, tra variazioni nel tasso di respirazione del suolo e - prevedibilmente - di mineralizzazione della sostanza organica, aumento dei valori fogliari di N nelle foglie, maggiore vigoria vegetativa con conseguente effetto sulla trasparenza della chioma degli alberi, da un lato migliorandone le condizioni, dall'altro rendendoli però forse più suscettibili agli attacchi degli insetti.

I dati di flora e la vegetazione indicano che comunità più mature e sviluppate vengono alterate più profondamente di comunità più giovani. Lo sviluppo della rinnovazione agamica dopo il trattamento è stato vigoroso ed ha portato rapidamente al

ripristino di valori di LAI simili a quelli prima dell'intervento, cosa che è probabilmente responsabile della diminuzione dei valori di *throughfall*, che non presentano più differenze con i *plot* di controllo dopo soli due anni dal taglio.

Sebbene le differenze tra i due trattamenti sono risultate quasi sempre non significative, ci sono alcune indicazioni qualitativamente interessanti: tra esse ricordiamo tendenze per cui il trattamento a gruppi offre in genere condizioni di vari indicatori più simili a quello del controllo (omogeneità strutturale, APRUZZESE *et al.*, 2002; emissioni di CO₂, TEDESCHI e TIRONE, 2002; precipitazioni, SARTI, 2002; LAI, AMORINI *et al.*, 2002), sia condizioni che implicano miglioramenti più decisi (es. chiome degli alberi, FERRETTI *et al.*, 2002).

Biomonitoraggio di effetti degli inquinanti atmosferici sulle specie forestali presenti nell'area di studio

Fino a pochi anni orsono, in Umbria l'unica informazione sull'impatto dell'O₃ sulla vegetazione derivava da una campagna di biomonitoraggio con *Nicotiana tabacum* cv. Bel W-3 condotta nel 1990 nella Conca Ternana (MERCORELLI, 1994). Più recentemente, dati sulle concentrazioni di O₃ in aree forestali si sono resi disponibili nell'ambito del progetto CONtrollo ECOsistemi FOrestali (CON.ECO.FOR.) ed evidenziano, per un sito prossimo a Pietralunga, concentrazioni medie settimanali di 30-47 ppb e massime settimanali di 57 ppb (BUFFONI e TITA, 2000). I valori di AOT40 (O₃ *Accumulated Over Threshold* 40 ppb) sono stati stimati - per un periodo di 3 mesi - mediamente attorno a 11 ppm h⁻¹, con punte di 20 ppm*h⁻¹, nel periodo 1996-2000 (FERRETTI *et al.*, 2002d).

Considerando che il Livello I di rischio per gli ecosistemi forestali è di 10 ppm h⁻¹ stimato su una base semestrale di accumulo, è evidente che esiste un potenziale rischio anche per le foreste umbre. In effetti, l'indagine eseguita nel periodo 2000-2002 a Pietralunga ha documentato l'esistenza di sintomi fogliari visibili attribuibili ad O₃ su numerose specie legnose ed erbacee. La quantificazione dei sintomi fogliari ha mostrato un'elevata

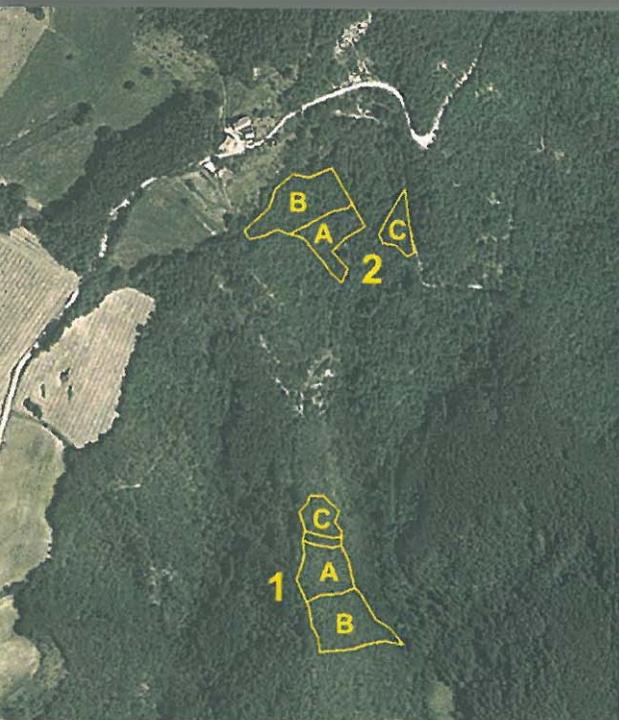
variabilità a livello spaziale (tra polloni, ceppaie, *subplots*, trattamenti e blocchi) e temporale (tra gli anni). In ogni caso, il sito sperimentale TraSFORM si è mostrato soggetto a sintomi attribuibili ad O₃ e ciò induce ad interrogarsi sulla possibilità di effetti meno evidenti, ma potenzialmente più pericolosi (effetti sulla diversità, con potenziale shift verso le specie e gli individui più resistenti; effetti sugli accrescimenti) di questo contaminante.

Conclusioni

Il Progetto TraSFORM ha permesso di dare continuità al sistema regionale di sorveglianza dello stato dei boschi, sperimentare forme di mirate a favorire il miglioramento dei boschi degradati di specie quercine, e fornire primi dati sull'impatto dell'ozono sulla vegetazione forestale spontanea. Crediamo che i risultati siano interessanti per accademici, tecnici e gestori del patrimonio forestale. Merita tuttavia ricordare che le osservazioni condotte si riferiscono ad un periodo limitato e che sarebbe certamente auspicabile un mantenimento delle attività di studio e monitoraggio sulle aree sperimentali, che rappresenterebbero quindi un vero e proprio sito per ricerche a lungo termine applicate alla gestione del patrimonio forestale umbro.

Bibliografia

- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002 - **Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 45-52.
- APRUZZESE A., LUDOVISI A., NICOLETTI G., VALE F., VENANZONI R., 2002 - **Principali valutazioni sulle dinamiche floristico-vegetazionali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 37-43.
- BUFFONI A., TITA M., 2000 - **Ozone measurements by passive samplers at Italian forest sites.** In: FERRETTI M. (ed.) - **Integrated and Combined (I&C) evaluation of intensive monitoring of forest ecosystems in Italy - Concepts, methods and first results.** Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Special issue, Arezzo anno 1999, volume 30, pp. 121-128.
- BUSSOTTI F., GRAVANO E., BORGHINI F., LEONZIO C., BIANCONI M., MACCHERINI S., 2002 - **Principali valutazioni sulla composizione chimica e sulla morfologia fogliare di piante di roverella e cerro in aree sottoposte a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 65-71.
- CANTIANI P., FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 - **Il disegno sperimentale del progetto TraSFORM.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 29-36.
- COZZI A., MACCHERINI S., FERRETTI M., 2002 - **Sintomi fogliari attribuibili ad ozono nel sito sperimentale TraSFORM (Umbria) nel periodo 1999-2002-Sintesi.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 87-92.
- FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 1999 - **TraSFORM - Un progetto per la valutazione della risposta di querceti decidui a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** Atti S.I.S.E.F. 2,3-8.
- FERRETTI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002a - **La trasparenza delle chiome in *Quercus cerris* L. e *Q. pubescens* Willd. in alcuni complessi forestali dell'Umbria nel periodo 1992-2001.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 21-28.
- FERRETTI M., MACCHERINI S., SAVINI P., 2002b - **Principali valutazioni sulla trasparenza delle chiome degli alberi in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento culturale.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 53-58.
- FERRETTI M., GROHMANN F., FRATTEGANI M., SAVINI P., 2002c - **Effetti dei trattamenti su stato e tendenze a breve termine delle aree sperimentali: una sintesi delle principali evidenze.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 79-86.
- FERRETTI M., ALIANIELLO F., AMORIELLO T., AMORINI E., BUFFONI A., BUSSOTTI F., CAMPETELLA G., CANULLO R., COSTANTINI A., COZZI A., FABBIO G., GEROSA G., MATTEUCCI G., MOSELLO R., PETRICCIONE B., POMPEI E., SPINAZZI F., 2002d - **Assessment of Ozone Exposure and Effects on Forest Vegetation through Routine Monitoring Programmes - A Risk Analysis in Italy.** UN/ECE Workshop Establishing Ozone Critical Levels II. Goteborg, Sweden, 19-22 November 2002. Background paper - Forests: 128-140
- GROHMANN F., FERRETTI M., FRATTEGANI M., SAVINI P., 2002 - **Trattamenti selvicolturali per il recupero e mantenimento di foreste degradate: il progetto TraSFORM.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 15-19.
- MERCORELLI S., 1994 - **Valutazione della presenza di ozono troposferico nel versante narnese della "conca" ternana, mediante l'uso di una specie indicatrice vegetale.** Biologi Italiani, 5, 18-25.
- SARTI C., 2002 - **Principali valutazioni sull'intercettazione delle precipitazioni in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 73-78.
- TEDESCHI V., TIRONE G., 2002 - **Principali valutazioni sugli scambi di CO₂ tra suolo e atmosfera in querceti decidui sottoposti a forme diverse di trattamento culturale in Umbria.** In: FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 (a cura di) **Il Progetto TraSFORM**: 59-64.



I boschi cedui, le querce: due elementi importanti nel paesaggio, nell'ecologia, nell'economia e nelle tradizioni dell'Umbria. Ma come stanno le querce in Umbria? Esistono effetti dei contaminanti ambientali sulle specie vegetali dei boschi cedui? Quali possibili tecniche alternative di ceduzione possono essere applicate? E con quali effetti sui vari compartimenti dell'ecosistema? Queste sono in buona sostanza le domande a cui il progetto TraSFoRM ha cercato di rispondere attraverso una serie di indagini condotte su scale spaziali e temporali diverse tra il 1998 ed il 2002.