

RICERCA GEBOTANICA

STUDI AUTOECOLOGICI

(Graziano Rossi, Dipartimento di Ecologia del Territorio, Università di Pavia)

Premessa

Tradizionalmente l'Ecologia vegetale viene suddivisa in autoecologia e sinecologia (PIGNATTI, 1995; UBALDI, 1997). L'autoecologia, di cui qui trattiamo, è lo studio delle risposte di una specie ai fattori ambientali, fisici, chimici e biotici, con il fine di spiegare l'adattamento della pianta all'ambiente e la sua distribuzione (VIRZO DE SANTO e ONNIS, 1988). In questo caso, generalmente, si opera una semplificazione, considerando un fattore alla volta e assumendo che la specie sia indipendente dalle altre. In realtà in natura la situazione è molto più complessa: i diversi fattori ambientali agiscono contemporaneamente sulle piante, ma anche queste hanno la capacità di influire sull'ambiente, modificandone lo stato chimico, fisico e biologico (almeno fino ad un certo punto).

Come risultato dell'interazione pianta-ambiente e pianta-pianta, tra le diverse specie si instaurano complessi rapporti di convivenza, basati in genere sulla massima diversificazione possibile a livello di occupazione delle diverse nicchie ecologiche disponibili, anche se non mancano fenomeni di competizione per le risorse; a volte, tra le piante si possono instaurare anche rapporti speciali di convivenza, come la simbiosi o il parassitismo, più o meno spinto.

I principali temi di ricerca dell'autoecologia consistono nell'individuare i limiti di tolleranza per le diverse specie verso i fattori ecologici, quali la luce, la temperatura, l'acqua e il suolo; in particolare si cerca di evidenziare le condizioni ottimali (*optimum*) di crescita e di riproduzione, dove la specie presenta il massimo numero di individui o di biomassa; importante è anche la definizione dei limiti inferiore e superiore di sopravvivenza per un determinato fattore, seppure qui il numero di individui della specie sia in genere basso, date le situazioni estreme di vita. La definizione di condizioni di vita ottimali, al limite inferiore e superiore di sopravvivenza per un certo fattore considerato, è definito come intervallo di tolleranza; esso permette di comprendere l'ambito di crescita del *taxon* indagato.

Rispetto ai fattori ambientali, ad esempio la temperatura, è così possibile definire categorie diverse di piante. Possiamo ricordare le piante sensibili al freddo, come in genere avviene per quelle tropicali, prive di qualsiasi meccanismo di difesa, che subiscono gravi danni o muoiono se trasportate in luoghi non sufficientemente caldi, ancor prima che le temperature scendano verso lo zero. Abbiamo poi piante sensibili al gelo, che possono tollerare temperature relativamente basse, ma risultano danneggiate appena il ghiaccio comincia a formarsi nei tessuti, come nel caso di molte piante tipicamente mediterranee. Le piante tolleranti al gelo, al contrario delle precedenti, se si trovano in condizioni fisiologiche adeguate, riescono a sopportare persino la formazione di ghiaccio all'interno dei tessuti, almeno a livello degli spazi presenti tra le singole cellule. Questo è il caso delle piante artiche o delle conifere delle zone boreali (*Picea*, *Pinus*).

Le conoscenze "di base" acquisite negli studi ecologici permettono di sviluppare tutta una serie di attività che rientrano nell'ecologia applicata, che vanno dalla riproduzione delle piante in condizioni controllate (serre, campi sperimentali), fino alla realizzazione di interventi in ambiente, come nel caso delle rinaturalizzazioni di siti fortemente degradati, quali le cave e le miniere (MUZZI e ROSSI, 2003).

L'Ecologia vegetale pertanto è una disciplina con forti implicazioni di tipo pratico e che quindi può facilmente interconnettersi con altre discipline, quali le Scienze Agrarie o le Scienze Forestali: si pensi ad esempio, durante interventi di rinaturalizzazione, alla necessità di modificare e

orientare le condizioni ambientali in un sito di cava, dove è presente, in genere, un insieme di fattori fortemente limitanti, come l'eccesso di certe componenti del suolo (es. pH estremamente alto o basso), o loro difetto (mancanza di sostanza organica o tessitura squilibrata). Infine, questi studi possono avere anche importanti risvolti sul piano dell'applicazione nel campo della conservazione delle piante (CONTI et al., 1992; KÄSERMANN e MOSER, 1999), favorendole mediante interventi direttamente *in situ*, ad esempio contenendo i competitori naturali, precedentemente individuati, o contrastando la successione ambientale che, per gli ambienti umidi, porta alla graduale chiusura per interrimento degli specchi d'acqua, a causa del continuo deposito di materiali solidi sul fondo (PIROLA, 1968); inoltre si può attuare una conservazione *ex situ*, ad esempio in banche del germoplasma (SMITH et al., 2004), a cui può abbinarsi la riproduzione controllata delle specie di interesse conservazionistico, prima di inserirle nell'ambiente, come nel caso di progetti di salvaguardia e reintroduzione (RINALDI e ROSSI, 2005; CERABOLINI et al., 2004; MINUTO et al., 2004). Infine, la conoscenza delle condizioni naturali di vita delle piante spontanee può rendere possibile la loro coltura a scopo utilitaristico, come nel caso delle piante officinali e aromatiche.

Per sfruttare a pieno le conoscenze di base acquisite, sono particolarmente utili gli studi autoecologici svolti in ambiti territoriali ampi, che possono portare alla realizzazione di importanti opere di sintesi sulle esigenze ambientali delle diverse specie, come già realizzato da tempo per paesi dell'Europa centro-settentrionale (ELLENBERG, 1974; LANDOLT, 1977; GRIME et al., 1989); da queste opere si può anche dedurre il significato delle diverse entità come bioindicatori: specie sciafile o eliofile, acidofile o basifile, ecc. (PIGNATTI, 1995; SARTORI, 1998). In particolare, le specie di limitata tolleranza per uno o più fattori (stenoecie) possono essere validamente utilizzate in tal senso. Esempi di specie sciafile sono quelle di sottobosco, come le specie erbacee di faggeta, *Cardamine kitaibelii* e *Geranium nodosum*; al contrario, specie eliofile sono quelle di spazi aperti e soleggiati, come *Cheilanthes maranthae* e *Robinia pseudoacacia*.

Importante è anche l'adeguato trattamento numerico dei dati; validi esempi sono disponibili nella letteratura straniera e italiana (SATO et al., 1989; ZUCCARELLO et al., 1999; ANDREUCCI et al., 2000).

Purtroppo in Italia, a fronte di una notevole produzione scientifica nel campo dell'Ecologia vegetale (VIRZO DE SANTO E ONNIS, 1988; PIGNATTI, 1995), a tutt'oggi, manca una valida sintesi sulle caratteristiche ecologiche delle specie della flora spontanea, anche se diverse informazioni sono riportate nella stessa Flora d'Italia (PIGNATTI, 1982). Al più risultano disponibili informazioni relative ad alcuni territori, come nel recente caso delle Alpi (AESCHIMANN et al., 2004).

Temi e modalità di studio

Numerosi sono i temi che attualmente sviluppa l'Ecologia vegetale. Tra questi si possono ricordare le ricerche in biometeorologia (es. fenologia, dendroecologia, cartografia fitoclimatica ecc.), produttività, nicchia, dinamica di popolazione, ecofisiologia; quest'ultima è tesa ad individuare i meccanismi fisiologici e biochimici che sono alla base delle risposte adattative; infine, vanno ricordate le ricerche sull'impatto delle attività umane a livello delle piante, come nel caso dell'inquinamento, del cambiamento climatico, del calpestio, dell'incendio, ecc. (VIRZO DE SANTO e ONNIS, 1988; BLASI, 1994, 2004; PIGNATTI, 1995; SALLEO et al., 1997; MANES et al., 1997; PUPPI, 1997; MINGO e MAZZOLENI, 1998; NIMIS et al., 1998; GRATANI et al., 1998; WALLOSSEK, 1999; BARRADAS et al., 1999; GOUGH et al., 2000; NOLA et al., 2000; GRATANI, 2000; TAFFETANI e RICCI, 2001; CANULLO e FALINSKA, 2003; DIAZ, 2003; CHIATANTE et al., 2003; GRISELLI et al., 2003; AMATO et al., 2004; GERDOL et al., 2004; BALDONI et al., 2004; TOMASELLI et al., 2005).

L'Ecologia vegetale si basa su ricerche dirette, effettuate in natura oppure in laboratorio o comunque in ambito sperimentale controllato (es. camere di crescita, serre, campi sperimentali), su colture appositamente preparate (LARCHER, 1995); possono tuttavia esistere anche ricerche di tipo indiretto, ad esempio sfruttando le informazioni riportate in documenti di varia natura, come quelli

storici (es. mappe, archivi) e persino le etichette che accompagnano i campioni d'erbario (ROSSI e BONAFEDE, 1995).

Le ricerche ecologiche sulle piante spontanee si svolgono principalmente in natura, cioè nel loro ambiente di crescita, non di rado manipolando le condizioni normali di vita, come la disponibilità idrica, il contenuto in elementi nutritivi o la durata della copertura nevosa (CHIARUCCI et al., 1998; GRATANI et al., 1998; LIU et al., 2002). Dal punto di vista operativo cambia molto l'approccio e la metodologia di indagine a seconda del tipo di fattori indagati e, di conseguenza, sorge spesso la necessità di disporre di adeguate apparecchiature e, a volte, anche di accompagnare il lavoro in campo con analisi specialistiche di laboratorio. Per esempio, per quanto riguarda gli studi pedologici in relazione alle piante (AVENA e DOWGIALLO, 1995; DOWGIALLO, 1998; AMATO et al., 2004), in ambiente avviene il campionamento del suolo (rizosfera), in genere a profondità predefinite (es. nei primi 5 o 10 cm di profondità, nel caso di specie erbacee di piccola taglia) e all'incirca sempre nello stesso raggio di rizosfera (PIROLA, 1959); oppure il campionamento avviene all'interno dei diversi orizzonti evidenziati dall'indagine pedologica. Si opera raccogliendo campioni che vengono inseriti in appositi contenitori (normalmente sacchetti in plastica), schedati e portati in laboratorio, dove vengono fatti seccare e quindi analizzati, secondo metodologie standard (S.I.S.S., 1985). Si potranno così analizzare vari parametri, quali la reazione del suolo (pH), il contenuto in carbonato di calcio (totale e attivo), la sostanza organica, i diversi elementi nutritivi, ecc. Per poter affermare quali siano le condizioni di vita più frequenti di una certa specie per un dato parametro pedologico, serve aver prelevato e testato un gran numero di casi, possibilmente nell'intero areale distributivo della specie. Esempi in tal senso sono reperibili soprattutto per entità ad areale ristretto, oppure particolarmente selettive per tipo di habitat di vita, come nel caso delle piante delle torbiere (GERDOL, 1990). Tra i vari studi disponibili in letteratura, per esempio, si ricordano le caratteristiche del substrato in cui vegeta la graminacea *Festuca veneris* (ROSSI et al., 1996), che presenta un areale estremamente ristretto (zona di Portovenere, in Liguria): pH subalcalino (7.8), con un alto contenuto in carbonato di calcio totale (37%), di cui però solo una piccola frazione risulta essere attivo (4.7%), con un alto contenuto in sostanza organica (16%) e azoto (0.35%); infatti questa pianta vive in fessure della roccia carbonatica, dove comunque si accumulano foglie morte e altra materia organica.

Anche il microclima, cioè il clima valutato a livello locale, quindi della stazione di crescita della pianta che consideriamo, riveste un grande interesse nell'ambito degli studi ecologici. Il microclima è dato dall'andamento temporale dei valori di temperatura ed umidità che si osservano in una data stazione a vari livelli, all'interno del suolo, alla superficie, all'interno della chioma della pianta stessa o al suo esterno (LARCHER, 1995; UBALDI, 1997).

Un esempio di studio del microclima a livello del suolo, collegato a stazioni di vita di piante alpine, è stato recentemente realizzato nell'ambito del progetto dell'Unione Europea denominato GLORIA, *Global Observation Research Initiative in Alpine Environments*, svolto nel periodo 2001-2003, contemporaneamente in 13 paesi e in 18 aree campione del continente (www.gloria.ac.at). In questa ricerca la temperatura è stata registrata a -10 cm di profondità, al centro di plot fissi di monitoraggio, grazie all'uso di data-logger miniaturizzati, che registravano il dato con cadenza oraria (BERTIN et al., 2003; DIAZ, 2003; PAULI et al., 2004; ROSSI et al., 2004). In tal modo è stato anche possibile, verificare le differenze di temperatura in relazione al periodo di misura (confronto tra gli andamenti annuali), all'esposizione dei versanti, nonché i cicli di gelo e disgelo, osservando le oscillazioni attorno agli 0°C e, quindi, indirettamente, la durata della copertura nevosa. Questo progetto, recentemente esteso a livello mondiale, continua, potendo così classificarsi come esempio di monitoraggio del clima e del contemporaneo assetto floristico del sito di misura, che potrebbero subire cambiamenti nel tempo, in funzione dell'incremento della temperatura ambientale, prevista per i prossimi 50-100 anni (1,5-4,5°C secondo le previsioni dello IPCC).

Erbari ed autoecologia delle specie vegetali

Nell'ambito degli studi autoecologici la ricerca di campo o di laboratorio può essere utilmente integrata anche dall'esame di materiale erbariologico, soprattutto se abbondante, ben raccolto e conservato, al fine di disporre di una maggiore base conoscitiva da cui estrapolare conclusioni generali. I campioni d'erbario possono, così, costituire una fonte di dati molto importante, non solo per gli studi tassonomici o fitogeografici, ma anche per caratterizzare l'ambiente in cui vivono le diverse specie vegetali.

E' possibile ipotizzare che in futuro i campioni d'erbario conservati in Erbari pubblici diventino di fondamentale importanza per gli studi qui descritti, in quanto si tratta di materiale facilmente reperibile, altrettanto agevolmente confrontabile e proveniente dalle diverse località geografiche, oltre che riferito alle diverse condizioni ambientali di crescita.

Le informazioni di tipo autoecologico che si possono ottenere mediante la consultazione degli erbari possono essere distinte in informazioni dirette ed indirette. Le prime si ricavano dall'analisi dei dati riportati nelle etichette che accompagnano i campioni d'erbario e, cioè, dei dati registrati direttamente in campo dai raccoglitori. Le informazioni indirette, invece, si ricavano essenzialmente sulla base della localizzazione del sito di raccolta dei campioni.

Nelle etichette vengono riportate le caratteristiche del sito di raccolta (o stazione), come quota, esposizione, inclinazione, tipo di habitat, substrato geologico. Queste informazioni sono disponibili soprattutto per campioni d'erbario raccolti in tempi piuttosto recenti (ultimo secolo al più), mentre in passato, in genere, era minore l'attenzione rivolta alle caratteristiche della stazione di raccolta. Inoltre, la bontà del dato dipende anche dal suo sistema di raccolta: se il botanico erborizzatore dispone di strumenti come bussola, altimetro, clinometro (spesso incluso nella bussola), ed eventualmente di un GPS (*Geographic Position System*) i dati riportati saranno più precisi ed utili sul piano ecologico; altrimenti, i dati riportati saranno solo indicativi. Anche l'uso di una carta geologica è molto importante per definire il tipo di substrato; ulteriori informazioni si possono ottenere direttamente in campo mediante l'utilizzo di acido cloridrico (contenuto in una bottiglietta munita di contagocce): versando appena un po' del prodotto si osserverà se il campione di roccia reagisce con schiuma e con il caratteristico rumore ("frigge"); in tal caso significa che si tratta di una roccia carbonatica (es. calcare); se non reagisce sarà invece di natura silicea (es. quarzite).

La precisione del dato ecologico riportato in etichetta dipende anche dalle finalità dello studio floristico da cui derivano i campioni d'erbario: se si tratta dell'esplorazione floristica di un'area poco conosciuta e vasta il botanico raccoglierà molti campioni, normalmente senza preoccuparsi molto di segnare con precisione tutte le stazioni di raccolta; se invece si tratta di una ricerca relativa soprattutto ad entità rare dal punto di vista fitogeografico (es. ritrovamenti di specie al limite di areale o per zone dove comunque non era nota la loro presenza) l'attenzione del rilevatore sarà generalmente maggiore e i dati riportati in etichetta risultano più attendibili. Questo è il caso, per esempio, delle segnalazioni floristiche realizzate negli ultimi venti anni e pubblicate a cura della Società Botanica Italiana sulla rivista *Informatore Botanico Italiano*; i relativi campioni d'erbario, infatti, sono depositati e consultabili presso l'Erbario Centrale Italiano in Firenze (sigla internazionale FI). Altri esempi di ritrovamenti ben documentati e utili sul piano ecologico sono quelli in cui si utilizza parallelamente una cartografia topografica di grande dettaglio, ad es. una C.T.R. (Carta Tecnica Regionale) alla scala 1: 5000, per localizzare i siti di crescita e le popolazioni; queste mappe possono essere gestite ed elaborate in ambiente GIS (*Geographic Information Systems*), come nel caso di alcune specie rare studiate in Emilia-Romagna, sul crinale dell'Appennino Tosco-Emiliano (BERTIN, 2002), ricavando numerose e precise informazioni, quali quota minima e massima di crescita delle diverse popolazioni, esposizione prevalente, quota media, ecc.

Attualmente, nei vari erbari, si possono osservare etichette prestampate con voci differenti; in alcuni casi vi è una sola voce sotto cui l'autore indica, o meno, anche i dati stazionali, come nel caso dell'Erbario Centrale Italiano di Firenze (FI) dove si riporta la voce "Località" (CUCCUINI e NEPI, 1999, cfr. p. 212 e 254); invece altre etichette, come quelle in uso presso l'Erbario del Museo Civico di Rovereto (ROV), in Provincia di Trento, o presso l'Erbario dell'Università di Pavia (PAV) presentano già, prestampate, voci più dettagliate. Nel caso di Rovereto, in particolare, sono

indicate le voci “*Locus*”, “*Oecologia*” e “*Altitudo*” (CUCCUINI e NEPI, 1999, cfr. p.350). Le etichette attualmente in uso presso l’Erbario di Pavia sono ben articolate e, se compilate con precisione dal raccoglitore, si rivelano molto utili per fornire dati ecologici; infatti riportano, nell’ordine, le voci: località, altezza m s.l.m., esposizione, substrato e habitat (Fig. 1). Importante è anche l’indicazione della data di raccolta del campione, che andrebbe sempre riportata. Questa, infatti, può fornire diverse informazioni utili, ad esempio sullo stato di conservazione della specie (es. areale in espansione o in regressione) e sulla sua fenologia.

Dopo aver citato questi esempi di etichetta si possono osservare alcuni esempi concreti, tratti da vari erbari.

Il primo esempio è relativo ad un campione dell’Erbario Lombardo, ospitato in PAV, relativo ad *Armeria alpina* Willd., raccolto da Massimo Longa (n. 1854, m. 1928) a Bormio, in Valtellina, nel mese di Luglio, ma senza indicazione di data (Fig. 2). L’ambiente di vita, di tipo alpino o nivale, è descritto in maniera alquanto poetica, ma efficace: “Adorna gli estremi pascoli non lungi dalle nevi eterne”. La quota riportata “2500-2800” (m s.l.m.) ci indica invece il *range* altitudinale locale occupato dalla specie.

Il secondo esempio proviene ancora dall’Erbario Lombardo (PAV) ed è relativo ad un *exiccata* di *Alchemilla alpina* L., raccolto da Ottone Penzing (n. 1856, m. ?) in Valcamonica nell’Agosto 1914 (Fig. 3). È interessante innanzitutto notare come l’etichetta riporti una serie di voci prestampate (a differenza della prima esaminata), in particolare: “Stazione” (ovvero habitat di vita, nello specifico caso “Luoghi erbosi”), “Terreno” (ovvero substrato geologico, nello specifico caso granito) e “Altezza m.”, qui pari a 2200 m.

Il terzo esempio (Fig. 4) proviene ancora dall’Erbario Lombardo (PAV), ed è relativo a *Cytinus hypocistis* (L.) L., rinvenuto nel 1993 per la prima volta in Lombardia (AESCHIMANN et al., 2004), dove l’etichetta è stata completata in ogni sua parte.

Infine il quarto esempio (Fig. 5) proviene dall’Erbario del Museo Civico di Verona (VER) ed è relativo a *Festuca violacea* subsp. *puccinellii* Foggi, Graz. Rossi et Signorini 1999 (sub. *F. rubra* subsp. *trichophylla* (Duer.) Gaud., rinvenuta a M. Falco nell’Appennino tosco-romagnolo da Pietro Zangheri (n. 1889, m. 1983) nel 1941, dove l’etichetta riporta come dati sulle caratteristiche ambientali del sito di raccolta l’indicazione di “dirupi verso N”. Questa stazione è molto interessante in quanto rappresenta l’ultimo sito di vita della specie verso sud per l’Italia (FOGGI et al., 1999).

Le indagini autoecologiche attraverso la consultazione delle etichette che accompagnano i campioni d’erbario appaiono di particolare importanza nell’ambito di studi relativi a territori estesi (es. studi tassonomici), per i quali può risultare troppo dispendioso, sia economicamente che in termini di tempo, esplorare tutta l’area di studio. In tal caso, oltre ai propri dati di campo o di letteratura, si esaminano anche campioni provenienti da vari Erbari. Maggiore è il numero dei casi considerati, più circostanziata sarà la descrizione delle condizioni di vita della specie nel territorio considerato. I campioni esaminati nel corso dello studio spesso vengono, almeno in parte, elencati nei lavori che seguono, riportando i principali dati contenuti nell’etichetta e la sede di deposito del campione stesso (“*Specimina visa*”, cioè campioni esaminati). Nel caso di un recente studio svolto sull’aggregato di *Festuca violacea* nelle Alpi e negli Appennini, sono stati esaminati complessivamente ben 1000 *exiccata*, provenienti da 35 erbari (FOGGI et al., 1999).

La caratterizzazione ecologica delle diverse entità tassonomiche è importante non solo per completare il livello di conoscenza (es. definizioni dell’habitat di vita) ma, a volte, contribuisce anche alla distinzione tra le stesse entità in studio, in aggiunta ovviamente ai dati morfologici, distributivi, cariologici, biochimici, ecc. Esempi classici per la flora italiana, tra i tanti, sono relativi al genere *Rhododendron*. *R. ferrugineum* L. vive nelle Alpi e nell’Appennino settentrionale su substrati silicei, mentre *R. hirsutum* L. vive sempre sulle Alpi, ma su substrati calcarei (PIGNATTI, 1982). Il fattore ecologico, quando diventa discriminante per distinguere tra loro diverse entità, viene utilizzato anche nella costruzione delle chiavi analitiche dicotomiche. Ad esempio, *Festuca nitida* Kit. ex Schultes vive su substrati calcarei, mentre *F. picturata* Pils vive su substrati a reazione acida (FOGGI et al., 1999).

Le informazioni di tipo indiretto deducibili dai campioni d'erbario sono, anch'esse, di notevole importanza per gli studi di tipo autoecologico. Infatti, se la località di raccolta è riportata chiaramente e con buon dettaglio, essa può servire a posizionare il sito di ritrovamento su carte tematiche ambientali (es. carta geologica, pedologica, climatica, ecc.). In questo modo si possono ricavare dati utili per la caratterizzazione delle specie in studio. Diverse flore regionali (POLDINI, 1991; BONAFEDE et al., 2001) o nazionali (WELTEN e SUTTER, 1982) sono dotate di carte tematiche relative all'andamento di alcuni fattori ambientali, disegnate su materiale trasparente che possono essere sovrapposte alle carte distributive delle specie e quindi fornire informazioni sulle caratteristiche ambientali del sito di crescita della pianta considerata (Fig. 6). Per alcuni territori (es. Svizzera, certe regioni amministrative italiane come l'Emilia-Romagna o zone di parchi regionali o nazionali) alcuni tematismi ambientali sono anche disponibili in ambiente GIS, i quali consentono di correlare facilmente tra loro punti o aree e quindi fornire precise ed utili informazioni.

Bibliografia

- AESHIMANN D., LAUBER K. MOSER D.M. e THEURILLAT, 2004 – *Flora alpina*. Zanichelli, Bologna.
- ANDREUCCI F., BIONDI E., FEOLI E e ZUCCARELLO V., 2000. *Modeling environmental responses of plant associations by fuzzy set theory*. Community Ecology 1(1): 73-80.
- AMATO M., MIGLIOZZI A. e MAZZOLENI S., 2004 – *Il sistema suolo vegetazione*. Liguori Ed., Napoli.
- AVENA G. e DOWGIALLO G., 1995 – *Substrato*. In (Pignatti S., a cura di) *Ecologia Vegetale*: 25-45. UTET, Torino.
- BALDONI M., BIONDI E. e FERRANTE L., 2004 – *Demographic and spatial analysis of a population of Juniperus oxycedrus L. in an abandoned grassland*. Plant Biosystems 138 (2): 89-100.
- BARRADAS DIAZ M.C., ZUNZUNEGUI M. e GARCIA NOVO F., 1999 – *Autoecological traits of Halimium halimifolium in contrasting habitats under a mediterranean type climate – A review*. Folia Geobotanica 34: 189-208.
- BERTIN L., 2002 – *Realizzazione di un Sistema Informativo Geografico per il monitoraggio della flora dell'Appennino Settentrionale (Italia)*. Arch. Geobot. 6 (2) 2000: 169-174.
- BERTIN L., DELLAVEDOVA R., GUALMINI M., ROSSI G. e TOMASELLI M., 2003 - *Monitoring plant diversity in the Northern Apennines, Italy. The GLORIA Project*. Arch. Geobot. 7 (1) 2001: 71-74.
- BLASI C., 1994 – *Fitoclimatologia del Lazio*. Fitosociologia 27: 151-176.
- BLASI C. (ed.), 2004 – *Conoscenze naturalistiche in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio-DCN, Società Botanica Italiana.
- BONAFEDE F., MARCHETTI D., TODESCHINI R. e VIGNODELLI M. – 2001. *Atlante delle Pteridofite nella Regione Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna.
- CHIATANTE D., SARNATARO M., FUSCO S., DI IORIO A. e SCIPPA G.S., 2003 – *Modification of root morphological parameters and root architecture in seedlings of Fraxinus ornus L. and Spartium junceum L. growing on slope*. Plant Biosystems 137 (1): 47-56.
- CANULLO R. e FALINSKA K., 2003 – *Ecologia vegetale. La struttura gerarchica della vegetazione*. Liguori Ed., Napoli.
- CERABOLINI B., DE ANDREIS R., CERIANI R.M., PIERCE S. e RAIMONDI B., 2004 – *Seed germination and conservation of endangered species from the Italian Alps: Physoplexis comosa and Primula glaucescens*. Biological Conservation, 117: 351-356.
- CONTI F., MANZI A. e PEDROTTI F., 1992 – *Libro rosso delle piante d'Italia*. WWF, Min. Ambiente.
- CHIARUCCI A., MACCHERINI S., BONINI I. e DE DOMINICIS V., 1998 – *Effects of nutrient addition on species diversity and ground cover of "serpentine" vegetation*. Plant Biosystems 132 (2): 143-150.

- CUCCUINI P. e NEPI C., 1999 – *Herbarium Centrale Italicum (the fanerogamic section): the genesis and structure of a herbarium*. Università di Firenze.
- DOWGIALLO G., 1998 - *I suoli forestali*. In: (Pignatti S. Ed.), *I boschi d'Italia*: 73-104. UTET, Torino.
- DIAZ H.F. (ed.), 2003 – *Climate variability and change in high elevation regions: past, present & future*. Kluwer Academic Publishers.
- ELLENBERG H., 1974 – *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. Scripta Geobotanica 9, 97 s.
- FOGGI B., ROSSI G. e SIGNORINI M.A., 1999 – *The Festuca violacea aggregate (Poaceae) in the Alps and Apennines (central southern Europe)*. Can. J. Bot. 77: 989-1013.
- GERDOL R., 1990. *Seasonal variations in the element concentrations in mire water and in Sphagnum mosses on an ombrotrophic bog in the southern Alps*. Lindbergia 16: 44-50.
- GERDOL R., ANFODILLO T., GUALMINI M., CANNONE N., BRAGAZZA L. e BRANCALEONI L., 2004 – *Biomass distribution of two subalpine dwarf-shrubs in relation to soil moisture and nutrient content*. Journal of Vegetation Science 15: 457-464.
- GOUGH L., SHAVER G.R., CARROLL J., ROYER D.L. e LAUNDRE J.A., 2000 – *Vascular plant species richness in Alaskan arctic tundra: the importance of soil pH*. Journal of Ecology 88: 54-66.
- GRATANI L., 2000 – *Leaf temperature effects on gas exchange in Quercus ilex L. growing under field conditions*. Plant Biosystems 134 (1): 19-24.
- GRATANI L., CRESCENTE M.F. e ROSSI G., 1998. *Photosynthetic performance and water use efficiency of the fern Cheilanthes persica*. Photosynthetica 35 (4): 507-516.
- GRIME J.P., HODGSON J.G. e HUNT R., 1989 – *Comparative plant ecology*. Unwin Hyman, London.
- GRISELLI B., BARI A., MAGNONI M., BERTINO S., ISOCRONO D. e PIERVITTORI R., 2003 – *Biomonitoring in the evaluation of human impact: use of lichen biodiversity, and moss accumulation of radioisotopes in a Alpine valley (Valle Orco, Piedmont, Italy)*. Plant Biosystems 137 (1): 35-46.
- KÄSERMANN C. e MOSER D. M., 1999. *Fiches pratiques pour la conservation. Plantes à fleurs et fougères*. Office Fédéral de l'Environnement, des forets et du paysage (OFEFP). Svizzera.
- LANDOLT E., 1977 – *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, Zurigo.
- LARCHER W., 1995. *Physiological plant ecology*. Springer, Berlin.
- LIU S., BARTON C., LEE H., JARVIS P.G. e DURRANT D., 2002 – *Long-term response of Sitka spruce (Picea sitchensis (Bong.) Carr.) to CO₂ enrichment and nitrogen supply: growth, biomass allocation and physiology*. Plant Biosystems 136 (2): 189-198.
- MANES F., ASTORINO G., VITALE M. e LORETO F., 1997 – *Morpho-functional characteristics of Quercus ilex L. leaves of different age and their ecophysiological behaviour during different seasons*. Plant Biosystems 131 (2): 149-158.
- MINGO A. e MAZZOLENI S., 1998 – *Ecophysiology of five Mediterranean perennial grasses: I) effects of shade, water stress and defoliation on growth and allocation*. Plant Biosystems 131 (3): 207-216.
- MINUTO L., CASAZZA G. e PROFUMO P., 2004 – *Population decrease of Thymelaea hirsuta (L.) Endl. In Liguria: conservation problems for the North Tyrrhenian sea*. Plant Biosystems 138 (1): 11-20.
- MUZZI E. e ROSSI G., 2003 – *Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia-Romagna. Manuale tecnico-pratico*. Regione Emilia-Romagna.
- NOLA P., MOTTA R. e MAGNETTO M., 2000 – *Dendrocronologia dell'abete bianco (Abies alba Mill.) nel Piemonte meridionale (Cuneo, Alpi occidentali, Italia)*. Dendrochronologia 18: 63-72.
- NIMIS P.L., SEAWARD M.R.D., ARIÑO X. e BARRENO E., 1998 – *Lichen-induced chromatic changes on monuments: a case-study on the Roman amphitheater of Italica (S. Spain)*. Plant Biosystems 132 (1): 53-62.

- PAULI H., GOTTFRIED M., HOHENWALLNER D., REITER K., CASALE R. e GRABHERR G., 2004 – *The GLORIA field manual – multi-summit approach*. European Commission, Directorate General for Research, EUR 21213.
- PIGNATTI S., 1980 – *Raccolta e trattamento dei dati sulla flora e vegetazione per la costituzione di una banca dati*. In: atti del convegno “La banca dati sulla flora e vegetazione d’Italia e sue applicazioni ai problemi del territorio”, C.N.R., AC/5/10-6, Roma.
- PIGNATTI S., 1982 – *Flora d’Italia*. Edagricole, Bologna.
- PIGNATTI S. (Ed.), 1995 – *Ecologia vegetale*. UTET, Torino.
- PIROLA A., 1959 – *Flora e vegetazione periglaciale sul versante meridionale del Bernina*. Flora et Vegetatio Italica, 1. Milano.
- PIROLA A., 1968 – *Appunti sulla vegetazione dei meandri del Ticino*. Notiz. Soc. Ital. Fitosoc. 5: 1-23. Roma.
- PUPPI G., 1997 – *Fenologia*. In: Ubaldi, Geobotanica e Fitosociologia: 281-289. CLUEB, Bologna.
- POLDINI L., 1991 – *Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli-Venezia-Giulia. Inventario floristico regionale*. Regione autonoma Friuli-Venezia Giulia, Università di Trieste.
- RINALDI G. e ROSSI G., 2005 – *Orti botanici, conservazione e reintroduzione della flora spontanea in Lombardia*. Quaderni della Biodiversità, 2. Scuola Regionale di Ingegneria Naturalistica, Centro Regionale per la flora autoctona, Regione Lombardia, pp. 127 (www.unipv.it/labecove).
- ROSSI G. e BONAFEDE F., 1995 – *Nuovi dati sulla distribuzione ed ecologia di Cheilanthes persica (Bory) Mett. ex Kuhn nel preappennino romagnolo (Italia settentrionale)*. Arch. Geobot. 1(2): 177-184.
- ROSSI G., FOGGI B. e SIGNORINI M.A., 1996 – *A new species of Festuca L. (Poaceae) from Liguria (Italy)*. Webbia 51 (1): 21-29.
- ROSSI G., PAROLO G. e DELLAVEDOVA R., 2004 - *Gli organismi vegetali come bioindicatori di cambiamenti climatici: il progetto GLORIA*. In Acque a Cremona, Atti della giornata di studi 25 Ottobre 2003: 81-94. Museo Civico di Storia Naturale di Cremona, Rotary Club Cremona, Dip. di Ecologia del Territorio dell’Università di Pavia (www.unipv.it/labecove).
- SALLEO S., NARDINI A. e LO GULLO M.A., 1997 – *Is sclerophylly of Mediterranean evergreens an adaptation to drought?* New Phytol. 135: 603-612.
- SARTORI F. (Ed.), 1998 – *Bioindicatori ambientali*. Ricerche e risultati, Fondazione Lombardia per l’Ambiente.
- SATO T., GRABHERR G. e WASHIO, 1989 – *Quantitative comparison of fern-leaf development and fertility with respect to altitude in the Tirol, Central European Alps, Austria*. Journal of Biogeography 16: 449-455.
- S.I.S.S. (Società Italiana di Scienza del Suolo), 1985 – *Metodi normalizzati di analisi del suolo*. Edagricole, Bologna.
- SMITH R.D., DICKIE J.B., LININGTON S.H., PRITCHARD H.W. e PROBERT R.J., 2004 – *Seed conservation. Turning science into practice*. Royal Botanic Gardens, Kew (U.K.).
- TAFFETANI F. e RICCI E., 2001 – *Dinamismo vegetazionale ed ecologia di Juniperus communis L. nell’area del Bosco di Tecchie (Appennino Centrale)*. Atti del convegno “Gestione delle risorse agro-forestali in aree protette”. Inform. Bot. Ital. 33 (1): 234-237.
- TOMASELLI M., PETRAGLIA A., GUALMINI M., ROSSI G. e ADORNI M., 2005 – *Contribution to the ecology of Cryptogramma crispa (L.) R. Br. ex Hooker in the Alps*. Flora 200.
- UBALDI D., 1997 – *Geobotanica e Fitosociologia*. Clueb, Bologna.
- VIRZO DE SANTO A. e ONNIS A., 1988. *L’Ecologia vegetale in Italia (1888-1988)*. In: 100 anni di ricerche botaniche in Italia (1888-1988): 763-807. Società Botanica Italiana, Firenze.
- WELTEN M. e SUTTER H.C.R., 1982 – *Atlante della distribuzione delle Pteridofite e fanerogame della Svizzera*. Birkhäuser Verlag, Basel. 2 Voll.
- ZUCCARELLO V., ALLEGREZZA M., BIONDI E. e CALANDRA R., 1999 – *Valenza ecologica di specie di associazioni prative e modelli di distribuzione lungo gradienti sulla base della teoria degli insiemi sfocati (Fuzzy set theory)*. Braun-Blanquetia 6: 121-226.

WALLOSSEK C., 1999 – *The acidophilous taxa of the Festuca varia group in the Alps: new studies on taxonomy and phytosociology*. Folia Geobotanica 34: 47-75.

Significativi indirizzi web: per notizie sull'erbario PAV dell'Università di Pavia
www.et.unipv.it/erbario

www.unipv.it/labecove per esempi di ricerche ecologiche su specie vegetali

www.gloria.ac.at per il progetto internazionale di monitoraggio del clima GLORIA

Glossario:

GIS

GPS