

JULIANE RÜHL

ANALISI DEI PROCESSI DI RINATURALIZZAZIONE NEI VIGNETI  
E CAPPERETI ABBANDONATI DEL PAESAGGIO TERRAZZATO  
DI PANTELLERIA (CANALE DI SICILIA)

“The aim of succession research is to describe changes in  
ecosystems in time as well as to understand the causes of change”  
(W. Schmidt, 1988)

RIASSUNTO

Il presente lavoro illustra la dinamica della vegetazione nel paesaggio terrazzato di Pantelleria (Canale di Sicilia). Lo scopo della ricerca effettuata è stato quello di individuare la sequenza delle comunità vegetali nel tempo, e di individuare i fattori ambientali che maggiormente influenzano il percorso e la velocità della successione. In corrispondenza della fascia termomediterranea dell'isola sono stati effettuati dei rilievi della vegetazione presente in cinque distinte fasi di abbandono sia in ex-coltivi a vite e/o a capperi esposti a Sud sia a Nord, indagando tre distinte subunità ecologiche: la superficie delle terrazze, la base dei muretti a secco e i muretti stessi.

I risultati dimostrano che in assenza di disturbo le terrazze abbandonate vengono colonizzate velocemente dalla vegetazione naturale: in campi che sono stati abbandonati 50-80 anni fa si possono trovare dense comunità di macchia. La successione procede più lentamente negli ex-coltivi esposti a Sud che in quelli esposti a Nord, anche se, in ogni caso, le comunità vegetali degli stage più maturi sono simili da un punto di vista sia floristico sia strutturale. La comunità tendente al climax sembra essere la macchia-foresta a *Quercus ilex* in entrambe le esposizioni. Dall'analisi multivariata (DCA, CCA) è emerso che l'età di abbandono del campo, la sua esposizione e la presenza di “safe sites” (= siti di rifugio) sono i fattori più importanti per spiegare la variazione nei dati della vegetazione. I safe sites considerati in questa sede sono gli individui delle piante un tempo coltivate; essi mitigano le temperature estreme e l'intensità del vento nei primi stadi della successione.

La sequenza prevedibile delle comunità vegetali che si alternano nel corso della successione può essere interrotta da alcune specie che sono capaci di formare popolamenti quasi monospecifici. Si tratta di *Cistus* sp. pl., la cui seed-bank del suolo mostra un elevato tasso di germinazione dopo il passaggio del fuoco, o di specie ad elevata performance vegetativa come *Rubus ulmifolius*, *Andropogon distachyos* e *Hyparrhenia hirta*. Per quanto riguarda la diversità delle piante vascolari, il più alto numero di specie per m<sup>2</sup> si ha nei primi stage dopo l'abbandono, in cui si registra anche una forte eterogeneità dei fattori ambientali, mentre una minore ricchezza si riscontra nei vecchi campi abbandonati.

## SUMMARY

*Analysis of renaturation processes on abandoned vine and caper fields in the terraced landscape of Pantelleria Island (Sicilian Channel).* This study analyses the vegetation dynamics in the terrace landscape of Pantelleria Island (Sicilian Channel). The main questions were to determine the sequence of plant communities in time and to find out which environmental factors influence the course and the speed of succession. In the thermomediterranean part of the island were made vegetation relevés in five different fallow age classes, investigating three different ecological sub-units: the terrace surface, the wall base and the wall in North-facing as well as in South-facing vine and caper fallows.

The results show that undisturbed abandoned terraces are subject to rapid renaturation: 50 to 80 years old fallows are covered by dense maquis communities. Succession proceeds more slowly in South-facing fallows than in North-facing ones, but, from a structural and floristic point of view, both arrive at similar final stages and seem to have a *Quercus ilex* wood as the climax community. Ordination techniques (DCA and CCA) revealed that the fallow age, the exposition and the presence of safe sites are the most influential environmental factors. The safe sites, provided by the former crop plants, mitigate temperature extremes and wind intensity during the first stages of succession.

The predictable sequence of plant communities in the course of succession can be interrupted by a few species able to form almost monospecific stands. These are *Cistus* sp. pl., known to show enhanced germination from seed bank after fire, or clonal species such as *Rubus ulmifolius*, *Andropogon distachyos* and *Hyparrhenia hirta*. The highest values of species richness are recorded in the first years after abandonment, when environmental factors are very heterogeneous, while the lowest ones are typical of the oldest fallows.

## INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, l'abbandono di campi agricoli, conseguenza di complessi cambiamenti socio-economici, è diventato un fenomeno comune sia nella regione temperata, sia nella regione mediterranea dell'Europa (RICHTER, 1989; GLAVAC, 1996). I paesaggi caratterizzati da terrazzamenti sono particolarmente esposti al rischio di essere abbandonati, perché l'agricoltura non vi può essere intensificata come nelle pianure (MEEUS, 1993 in BARBERA & LA MANTIA, 1998). Questo vale soprattutto per zone dove la produttività agricola è bassa a causa di fattori ambientali locali. Come conseguenza, questi paesaggi culturali si degradano, perché i muri delle terrazze crollano e la vegetazione naturale invade i campi abbandonati (RICHTER, 1989; TATONI *et al.*, 1994, BRANCUCCI *et al.*, 2001; PAPPALARDO, 2002).

Nel 1989, RICHTER sottolineava la scarsità di bibliografia disponibile sui meccanismi di successione progressiva nel Mediterraneo, evidenziando peraltro che nella maggior parte dei casi la macchia e la gariga vengono descritte come il risultato della successione regressiva (= degradazione). A partire dall'inizio degli anni Novanta, però, maggiore attenzione è stata rivolta all'argomento della successione progressiva (BAR-

BERO *et al.*, 1990; TATONI *et al.*, 1994; SPERANZA *et al.*, 1995; URBINATI *et al.*, 1995; PELLERI & SULLI, 1997; ROUSSET & LEPART, 1999; BLASI *et al.*, 2000). Fino ad oggi, tuttavia, non si disponeva di dati sperimentali sulla successione secondaria in Sicilia. Il presente lavoro è una sintesi dei risultati della tesi di laurea di RÜHL (2003), con cui si è cercato di rispondere alle seguenti domande:

- 1) Quali comunità vegetali rappresentano gli stadi della successione progressiva nei vigneti e cappereti abbandonati?
- 2) Esistono delle specie che assumono un ruolo dominante in queste comunità?
- 3) Quali fattori ambientali influenzano il percorso e la velocità della successione?
- 4) Come cambia la diversità delle piante vascolari nel corso della successione?

## MATERIALI E METODI

### *Area di studio*

L'isola di Pantelleria (83 km<sup>2</sup>; 36°44' N, 11°57' E) si trova nel Canale di Sicilia (Fig. 1). Il clima dell'isola è di tipo mediterraneo, con precipitazioni medie annue di 409 mm e temperature medie mensili comprese tra 11,7 e 25,6 °C (GIANGUZZI, 1999). Le rocce che costituiscono la superficie dell'isola sono per la maggior parte vulcaniti silicee a reazione acida (pantelleriti e trachiti), mentre su superfici minori si trovano basalti della serie alcalina con bassi contenuti di silice (CIVETTA *et al.*, 1988). I suoli sono Litosuoli, Regosuoli o Suoli bruni andici (FIEROTTI, 1988).

L'agricoltura ha fortemente modificato la geomorfologia e le condizioni edafiche del territorio. La costruzione di terrazze, anche su versanti molto ripidi, è servita a creare superfici piane adatte per l'agricoltura. Ancora sino alla metà del XX secolo la viticoltura, in particolare, registrava un forte successo. A partire dal decennio 1950/60, però, il settore è in crisi, mitigata solo in parte dalla scelta innovativa di coltivare il capperi in monocoltura. Così, molti campi sono stati abbandonati negli ultimi decenni, a causa della frammentazione delle aree agricole, dei fattori ambientali sfavorevoli e della disposizione su terrazze spesso piccole e localizzate su versanti molto ripidi. Come conseguenza, la porzione di territorio destinata ad un uso agricolo era pari a 81,6% della superficie totale dell'isola nel 1929, mentre oggi è di appena 16,1% (BARBERA, 1996). Oggi il turismo è la risorsa economica più importante dei Panteschi. Per una descrizione più dettagliata



Fig. 1 — Posizione delle aree di studio a Pantelleria (Canale di Sicilia): i triangoli indicano le aree di studio esposte a Nord ed i quadrati quelle esposte a Sud. I centri abitati sono evidenziati in corsivo.

dell'isola si rimanda ad AGNESI & FEDERICO (1995), BARBERA & LA MANTIA (1998), RÜHL (2003), PASTA & LA MANTIA (2004) e ai lavori già citati in questo paragrafo.

#### *Metodologia applicata nelle indagini di campo*

Per lo studio dei processi di rinaturalizzazione è stato usato l'approccio sincronico (space-for-time substitution; PICKETT, 1989). Sono state scelte quattro aree di studio (= cluster), due su versanti esposti a Sud (cluster 1 e 2) e due su versanti esposti a Nord (cluster 3 e 4). La posizione dei cluster sull'isola è illustrata in Fig. 1. All'interno di ogni cluster sono state scelte 15 aree di saggio (AdS) appartenenti a 5 diversi stadi di successione (cioè 3 AdS per stadio). Lo stadio di successione (SdS) 1 corrisponde ai campi che sono stati abbandonati 1-2 anni fa, lo SdS 2 ai campi abbandonati 3-6 anni fa, lo SdS 3 ai campi abbandonati 7-15 anni fa, lo SdS 4 ai campi abbandonati 16-30 anni fa, e lo SdS 5 ai campi abbandonati più di 30 anni fa. L'età degli ex-coltivi è stata stabilita usando le foto aeree relative ai voli degli anni 1954, 1968, 1979, 1987, 1992 e 2000. Tutte le AdS sono vigneti o cappereti abbandonati, e tutte si trovano nella fascia termomediterranea (che include ca. l'80% dell'isola: GIANGUZZI, 1999) e sullo stesso substrato geologico. Le terrazze dove la vege-

tazione è stata disturbata (pascolo, incendio, calpestio) non sono state prese in considerazione.

Ogni AdS è composta da tre subunità ecologiche distinte (Fig. 2): la superficie della terrazza (SUP), la base del muro (BM) e il muro (M). In ognuna di queste parti relativamente omogenee sotto il profilo ecologico, è stato fatto un rilievo delle piante vascolari: sulla SUP è stato effettuato un rilievo fitosociologico *sensu* BRAUN-BLANQUET (1964), mentre per la BM e il M è stato solo annotata la presenza/assenza delle specie. Per il trattamento nomenclaturale dei taxa citati nel testo si è fatto riferimento a PIGNATTI (1982) e TUTIN *et al.* (1964-1980).

In più, in ogni AdS sono stati rilevati i potenziali *safe sites* (= siti di rifugio) per gli arbusti e alberi della macchia, ipotizzando che potessero giocare un ruolo importante per il percorso e la velocità della successione. Un *safe site* può essere definito come l'insieme delle condizioni ambientali alla scala di un singolo seme che favoriscono la sopravvivenza del seme, la sua germinazione, e l'attecchimento della plantula (SCHUPP, 1995). Nel presente lavoro, come potenziali *safe sites* per gli arbusti e gli alberi della macchia vengono considerati gli individui sopravvissuti di vite e capperò. Siccome tradizionalmente le piante di vite e capperò sono spesso collocate in depressioni artificiali del suolo di ca. 25 cm di profondità e di ca. 1 m di diametro per mitigare l'effetto disseccante dovuto ai venti, sono state differenziate quattro categorie di *safe site*: cat. 1) fusto secco di pianta morta non piantata in una depressione

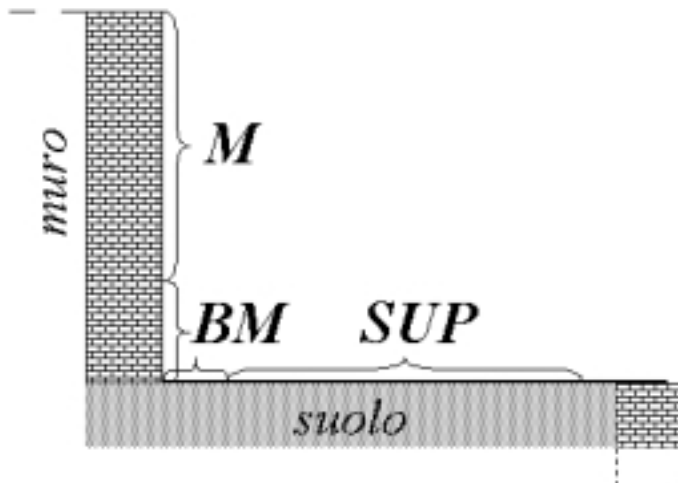


Fig. 2 — Schema di un'area di saggio, composta da tre subunità ecologiche: la superficie della terrazza (SUP), la base del muro (BM) e il muro (M).

del suolo; cat. 2) pianta viva, non piantata in depressione del suolo; cat. 3) fusto secco di pianta morta piantata in una depressione del suolo; cat. 4) pianta viva, piantata in una depressione del suolo.

Ancora, per ogni AdS sono stati rilevati i seguenti fattori ambientali: 1) esposizione; 2) altitudine; 3) pH dell'orizzonte A; 4) presenza/assenza di escrementi di coniglio; 5) intensità della luce (valutata mediante una scala qualitativa secondo 4 classi: "ombroso", "parzialmente ombroso", "soleggiato", "pieno sole"); 6) intensità di vento (valutata mediante una scala qualitativa secondo 4 classi: "riparato", "poco riparato", "poco esposto", "esposto"); 7) presenza/assenza di suolo nudo e 8) presenza/assenza di lettiera e 9) presenza/assenza di roccia affiorante sulla superficie dell'AdS; 10) stato del muretto a secco superiore delle terrazze in cui sono state individuate le singole AdS (valutato mediante una scala qualitativa secondo 3 classi: "buono" se le pietre sono sovrapposte in maniera regolare e non si osservano crolli; "mediocre" se sta per crollare; "pessimo" se parzialmente o interamente crollato.

Nel presente lavoro, il termine "specie della macchia" si riferisce alle entità floristiche più frequenti della macchia del piano termomediterraneo di Pantelleria: *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *E. multiflora*, *Quercus ilex*, *Myrtus communis*, *Phillyrea angustifolia* e *P. latifolia*, *Daphne gnidium*, *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Euphorbia dendroides*, *Teline monspesulana*, *Asparagus acutifolius*, *Lonicera implexa* e *Smilax aspera*.

### *Elaborazione dei dati*

Per evidenziare le specie che dominano la vegetazione delle SUP di uno SdS, è stata elaborata una tabella con le specie dominanti, che coprono cioè più di 50% e 25%, rispettivamente, dell'area della SUP.

Siccome gli spettri biologici (RAUNKIAER, 1905) evidenziano chiaramente la diversa distribuzione delle specie nel corso della successione, essi sono stati calcolati per le SUP, per le BM e per i M delle 6 AdS di ciascuno SdS di entrambe le esposizioni. Nel caso delle SUP è stato preso in considerazione il valore della copertura delle specie trovate; per BM e M ci si è basati invece solo sulla loro presenza/assenza.

Sono stati utilizzati inoltre diversi indici di diversità per confrontare la diversità delle piante vascolari nei diversi stadi della successione. Gli indici di diversità tengono sempre conto di due fattori: la ricchezza, ovvero il numero di specie, e l'*evenness* (MAGURRAN, 1988). Quest'ultima descrive la distribuzione della frequenza delle diverse specie presenti in un determinato rilievo (SMITH & WILSON, 1996). Se tutte le specie di una comunità vegetale sono ugualmente frequenti, l'indice di evenness raggiunge il valore 1, mentre l'indice mostra dei valori bassi quando le frequenze delle specie sono molto diverse tra di loro. Per

le SUP, sono stati calcolati a) il numero delle specie per m<sup>2</sup> e b) l'evenness, calcolata con la formula di CAMARGO (1993) usando il programma di KREBS (1999). Per la BM e il M è stato calcolato solo il numero delle specie, giacché nel rilevare la flora di tali subunità del terrazzamento è stata annotata solo la presenza/assenza delle specie. Per la BM e il M mancano dati per gli SdS 3 e 4 del cluster 4, perché in questa zona non sono stati trovati muri dell'età adeguata.

Per conoscere i fattori che spiegano la maggior parte della varianza nei dati concernenti la vegetazione delle SUP si è fatto ricorso all'analisi multivariata e, più nel dettaglio, alla DCA (Detrended Correspondence Analysis) e alla CCA (Canonical Correspondence Analysis), calcolate con i programmi PCORD 4.01 e CANOCO 4.0. La DCA ordina i rilievi lungo un gradiente, basato solo sulla similarità della loro composizione floristica, mentre la CCA prende in considerazione pure i fattori ambientali associati ai rilievi (KENT & COKER, 1992). I risultati della DCA sono stati interpretati usando i dati dei fattori ambientali, cioè l'età di abbandono, tutti i fattori sopra elencati (1-10), l'area totale di safe site per m<sup>2</sup> di superficie dell'AdS (11 = area safe site totale), l'area di safe site di categoria 1 (12), l'area di safe site di categoria 2 (13), l'area di safe site di categoria 3 (14) e l'area di safe site di categoria 4 (15) per m<sup>2</sup> di superficie dell'AdS.

Prima di effettuare la CCA, con l'analisi parziale di CANOCO sono stati selezionati quei fattori ambientali che spiegavano la maggior parte della varianza e che mostravano una significatività di  $P \leq 0.005$  usando i test di permutazione di Monte Carlo. Usando questo procedimento, le variabili incluse nella CCA sono state l'età di abbandono e i fattori ambientali 1-5 e 11-15.

Infine, prendendo in considerazione tutti i rilievi della SUP, è stato elaborato uno schema del percorso della successione, illustrando le comunità vegetali che si trovano sulle terrazze nei diversi SdS. Questo schema mostra cioè quei gruppi di specie che dominano (copertura media > 20%) la vegetazione di un determinato SdS. Le specie legnose sono state divise in tre gruppi: specie della macchia, *Cistus* sp. pl. e *Rubus ulmifolius*. Tali specie figurano nello schema solo dove la loro copertura media supera il 5%.

## RISULTATI

### *Specie dominanti*

Alcune specie sono capaci di dominare le SUP di alcuni SdS. La Tabella 1 mostra gli esempi più importanti di specie che raggiungono valori di copertura superiori a 50% e 25%, rispettivamente. *Cistus* sp. pl. mostrano valori di copertura > 50% negli SdS 4 di ambedue le esposizioni e nelle AdS

Tabella 1

Numero delle AdS dominate da specie i cui valori di copertura superano 50% e 25%, rispettivamente. Per ogni SdS e per ciascuna esposizione sono state rilevate sei AdS.

SdS		Nr. di AdS con copertura > 50%	Nr. di AdS con copertura > 25%
	<b>Nord</b>		
4	<i>Cistus creticus</i> s.l. & <i>Cistus salvifolius</i>	2	2
	<b>Sud</b>		
3	<i>Andropogon distachyos</i>	1	3
	<i>Hyparrhenia hirta</i> s.l.	2	3
4	<i>Cistus creticus</i> s.l.	1	4
	<i>Rubus ulmifolius</i>	2	3
	<i>Hyparrhenia hirta</i> s.l.	1	2
5	<i>Cistus creticus</i> s.l.	2	2

esposte a Sud dello SdS 5. Le graminacee perenni, come *Hyparrhenia hirta* s.l. (SdS 3 e 4) e *Andropogon distachyos* (SdS 3), coprono più del 50% solo nelle AdS esposte a Sud; lo stesso vale per *Rubus ulmifolius* (SdS 4).

### Spettri biologici

Gli spettri biologici delle AdS delle SUP (Fig. 3) mostrano per entrambe le esposizioni un trend che va dalla dominanza di terofite nei primi SdS verso la dominanza di fanerofite negli SdS più avanzati. Le emicriptofite sono più rappresentate nelle AdS esposte a Sud (Fig. 3 B), dove sono la forma biologica dominante nello SdS 3. Al contrario, le nanofanerofite e le fanerofite, che su ambedue le esposizioni dominano gli SdS 4 e 5, mostrano già alti valori di copertura sulle SUP dello SdS 3 esposte a Nord (Fig. 3 A).

Gli spettri biologici della BM (dati non illustrati) sono simili, cioè mostrano un trend di dominanza delle terofite nei giovani SdS, mentre gli SdS più avanzati sono dominati dalle fanerofite. Nel M (dati non illustrati), le terofite dominano fino allo SdS 2 (Nord) o SdS 4 (Sud), ma negli stadi più avanzati le fanerofite non dominano in modo esclusivo, ma appaiono codominanti ora con le emicriptofite e le geofite (Nord), ora con le geofite e le nanofanerofite (Sud).

### Indici di diversità

Sulle SUP, in tutti i cluster il numero di specie per m<sup>2</sup> raggiunge il minimo nello SdS 5 (Fig. 4 A). Solo il cluster 1 mostra un massimo delle specie nello SdS 2, mentre in tutti gli altri cluster, il massimo coincide con lo SdS 1. Anche sulle BM, in tutti i cluster il massimo delle specie per m<sup>2</sup> si registra nello SdS 1 e il minimo nello SdS 5 (Fig. 5 A). Anche per quanto riguarda i



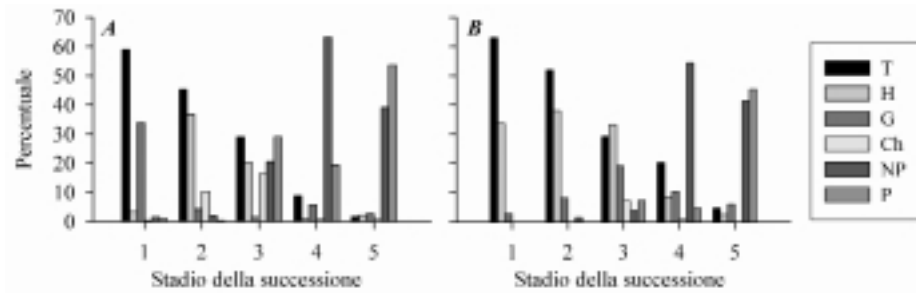


Fig. 3 — Gli spettri biologici delle SUP nei singoli stadi di successione. (A) SUP esposte a Nord, (B) SUP esposte a Sud. T = terofite, H = emicriptofite, G = geofite, Ch = camefite, NP = nanofanerofite, P = fanerofite.

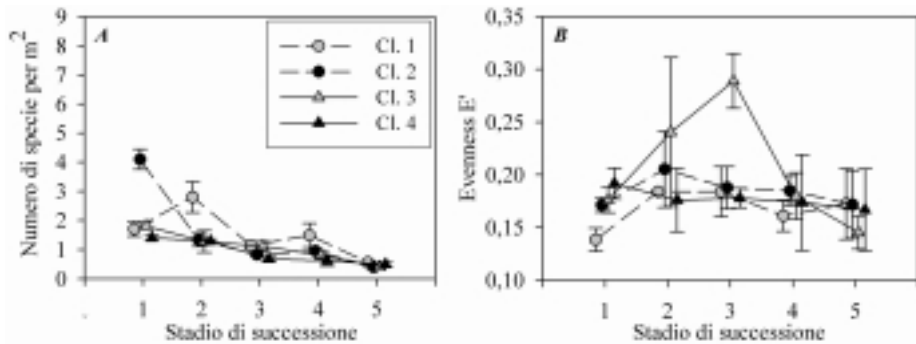


Fig. 4 — Valore medio e deviazione standard (A) del numero delle specie per m<sup>2</sup> delle SUP e (B) dell'evenness (E') delle SUP, calcolati separatamente per ogni cluster e ogni SdS. I valori relativi al medesimo SdS per i diversi cluster sono leggermente spostati per rendere leggibili le deviazioni standard. La legenda vale per A e B con Cl. = cluster.

M, il valore minimo del numero delle specie per m<sup>2</sup> si trova pure nello SdS 5 in tutti i cluster (Fig. 5 B). Il valore massimo del cluster 1 si registra nello SdS 2, mentre nei cluster 1 e 3 corrisponde allo SdS 1.

L'evenness delle SUP rimane bassa per tutti gli SdS (Fig. 4 B). Non è stato possibile osservare un andamento comune per le curve dei cluster nel corso della successione.

### Analisi multivariata

Nel diagramma (Fig. 6), che illustra l'ordinamento dei rilievi effettuato avvalendosi della DCA, l'asse 1 sembra rappresentare l'età dei campi abban-

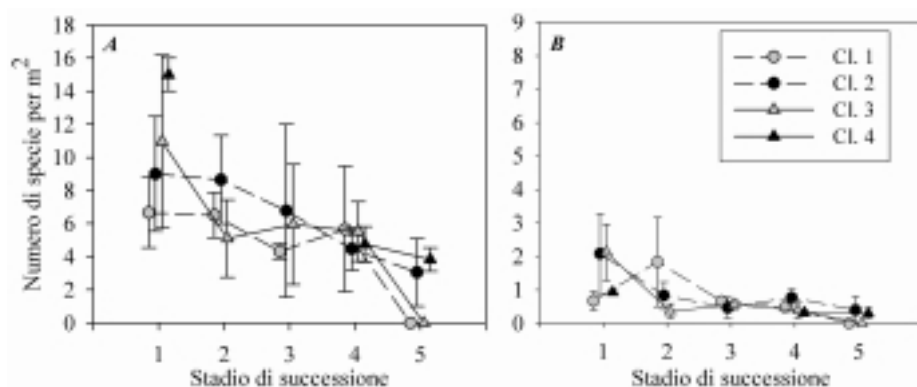


Fig. 5 — Valore medio e deviazione standard del (A) numero delle specie per  $m^2$  nelle BM e (B) numero delle specie per  $m^2$  dei M, calcolato separatamente per ogni cluster e ogni SdS. I valori relativi al medesimo SdS per i diversi cluster leggermente spostati per rendere leggibili le deviazioni standard. La legenda vale per A e B con Cl. = cluster. Per gli SdS 2 e 3 del cluster 4 non ci sono dati a disposizione (vedi Materiali e Metodi).

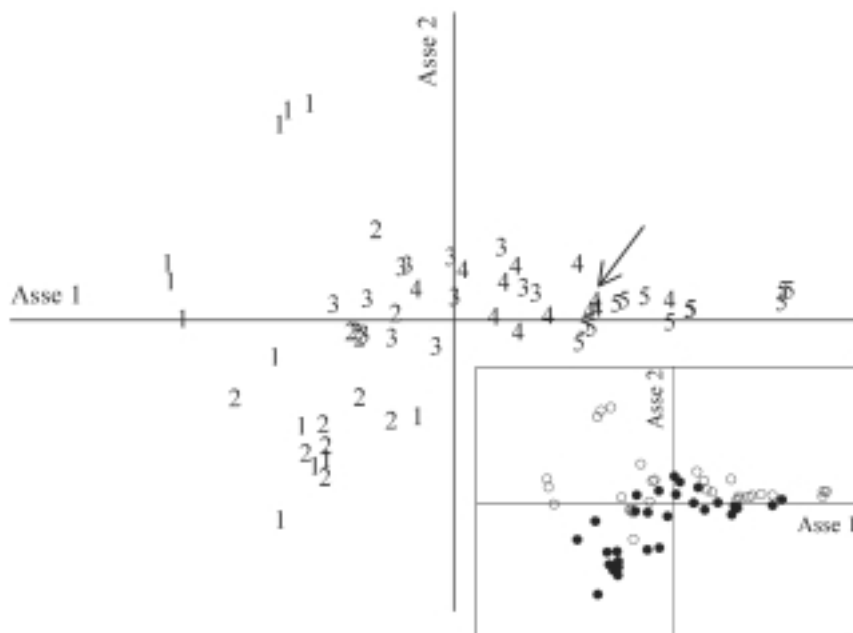


Fig. 6 — DCA dei dati sulla vegetazione delle SUP: ordinamento delle AdS (assi 1 e 2). Ogni rilievo è rappresentato dal numero del suo SdS. La freccia evidenzia l'elevata similarità tra alcune AdS esposte a Sud dello SdS 5 e alcune AdS esposte a Nord dello SdS 4 (vedi Discussione). Finestra: lo stesso ordinamento, però ogni AdS è rappresentata dalla sua esposizione. I cerchi bianchi rappresentano le AdS esposte a Nord mentre i cerchi neri rappresentano le AdS esposte Sud.

donati, mentre l'asse 2 l'esposizione (finestra nella Fig. 6) oppure altri fattori ambientali che sono connessi con l'esposizione, come per esempio la disponibilità d'acqua. La correlazione dei dati ambientali con i risultati della DCA mostra che il parametro "SdS" è fortemente correlato con l'asse 1 (coefficiente di correlazione  $r = 0,95$ ). L'esposizione è correlata invece con l'asse 2 ( $r = -0,60$ ). L'area safe site totale è correlata con l'asse 1 ( $r = -0,61$ ), con l'asse 3 ( $r = -0,65$ ) e con l'età di abbandono ( $r = -0,59$ ). L'area safe site 4 è correlata con l'asse 1 ( $r = -0,56$ ), con l'asse 3 ( $r = -0,71$ ) e con l'età di abbandono ( $r = -0,60$ ).

Sulla base dei risultati emersi dalla CCA (Fig. 7), l'asse 1 appare ancora una volta altamente correlato ( $r = -0,95$ ) con il parametro "SdS", nonché con l'area safe site totale ( $r = 0,60$ ) e con la area safe site 4 ( $r = 0,53$ ). L'asse 2 è correlato con l'area safe site 2 ( $r = -0,80$ ). L'asse 3 è correlato con l'esposizio-

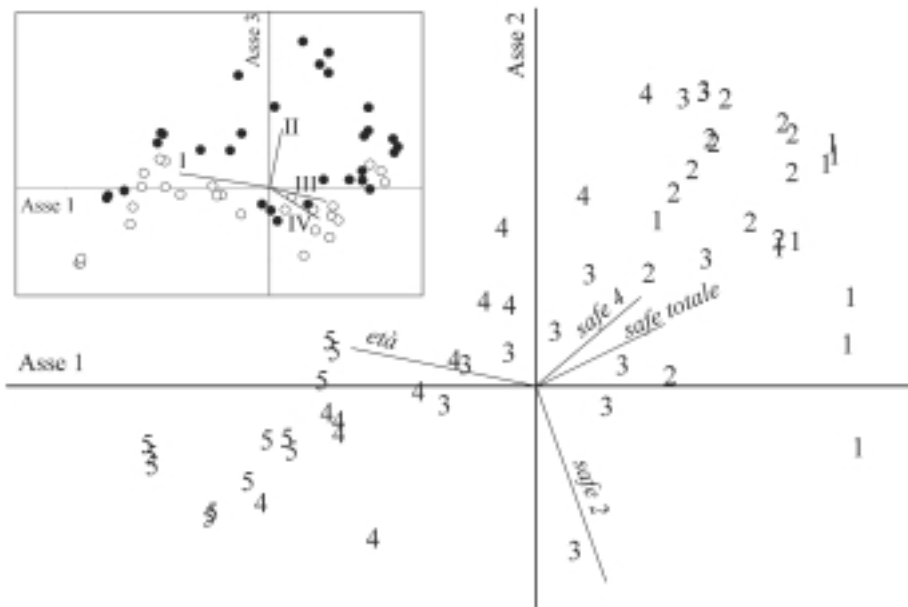


Fig. 7 — CCA dei dati sulla vegetazione e sui fattori ambientali delle SUP (assi 1 e 2). Ogni rilievo è rappresentato dal numero del suo SdS. Gli eigenvalue dei primi tre assi sono 0,78, 0,52 e 0,45. L'asse 1 spiega il 7,5% della varianza totale, l'asse 2 il 5,0% e l'asse 3 il 4,3%. Il valore di cutoff per i fattori ambientali presentati è 0,200. Finestra: assi 1 e 3 dello stesso ordinamento, però ogni AdS è rappresentata dalla sua esposizione. I cerchi bianchi rappresentano le AdS esposte a Nord mentre i cerchi neri rappresentano le AdS esposte Sud. Tre AdS esposte a Nord non vengono riportate in figura perché sono molto distanti dalle altre AdS. Le abbreviazioni dei fattori ambientali sono: "età" e "I" = età di abbandono; "II" = esposizione; "safe totale" e "III" = area totale di safe site per m<sup>2</sup> di superficie dell'AdS; "safe 2" = area safe site di categoria 2 per m<sup>2</sup> di superficie dell'AdS; "safe 4" e "IV" = area safe site di categoria 4 per m<sup>2</sup> di superficie dell'AdS.

ne ( $r = 0,67$ ) e con l'area safe site 4 ( $r = -0,50$ ). Nella finestra della Fig. 7 molte delle SUP esposte a Nord ricadono nella parte inferiore dell'asse 3, mentre le SUP esposte a Sud si trovano raggruppate nella parte superiore.

### *Schema della successione*

I risultati dell'analisi multivariata e degli spettri biologici hanno mostrato che ci sono differenze tra la dinamica della vegetazione nei terrazzamenti esposti a Nord e a Sud. Per questa ragione, vengono proposti due schemi distinti per illustrare la successione per le SUP esposte a Nord (Fig. 8, sinistra) e per le SUP esposte a Sud (Fig. 8, destra). Negli SdS 1 e 2, gli aspetti della vegetazione sono ancora molto simili nelle due esposizioni: dapprima gli incolti appaiono dominati da terofite, in seguito vengono invasi da specie erbacee perenni. Poi, sulle SUP dello SdS 3 esposte a Nord si riscontrano comunità vegetali eterogenee, costituite dalle specie erbacee, che per la maggior parte erano già presenti nello SdS 2, e da quantità variabili di *Cistus* sp. pl. e/o specie della macchia e/o *Rubus ulmifolius*. Nello SdS 4 sono state rilevate comunità dominate o da *Cistus* sp. pl. o da specie della macchia. Queste

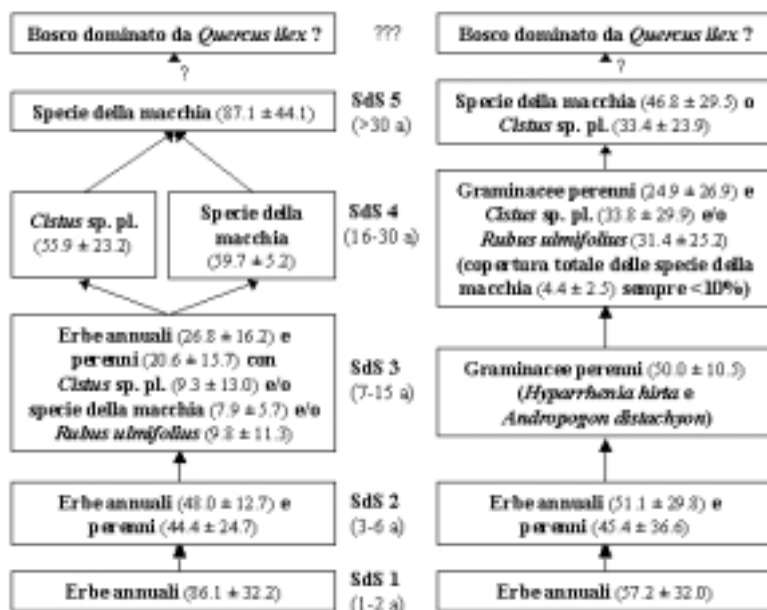


Fig. 8 — Schema della successione progressiva negli ex-coltivi esposti a Nord (sinistra) e a Sud (destra). Sono indicate le specie o i gruppi di specie dominanti (= copertura media > 20%). La loro copertura media e la deviazione standard vengono riportati tra parentesi; a = anni; SdS = stadio di successione.

possono essere accompagnate da *Rubus ulmifolius*, che però in questi casi non copre mai più di 15% dell'area del rilievo. Le SUP dello SdS 5 esposte a Nord sono dominate da specie della macchia.

Nello SdS 3 delle SUP esposte a Sud si trovano praterie di *Hyparrhenia hirta* o *Andropogon distachyos*. Solo nei siti più aridi, nello SdS 4 i campi abbandonati sono ancora dominati da queste graminacee perenni. Nella maggior parte dei casi, invece, gli ex-coltivi di questo stadio sono dominati da *Cistus* sp. pl. e/o *Rubus ulmifolius*, e vi si riscontra solo qualche individuo delle specie della macchia (copertura totale specie della macchia sempre < 10%). Le SUP dello SdS 5 esposte a Sud sono dominate da specie della macchia, oppure da *Cistus* sp. pl., che in questi casi formano sempre delle comunità miste con le specie della macchia.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

### *Specie dominanti*

*Cistus creticus* s.l. e *C. salvifolius*, *Rubus ulmifolius*, *Hyparrhenia hirta* e *Andropogon distachyos* sono le specie che più spesso sono in grado di dominare determinate fasi della successione.

I rappresentanti del genere *Cistus* sono noti per la loro abilità nel colonizzare spazi aperti in assenza di forti competitori (TRABAUD, 1987), in particolare dopo il passaggio del fuoco (ROY & SONIÉ, 1992; TRABAUD & RENARD, 1999; TÁRREGA *et al.*, 2001), che interrompe la dormienza dei semi di *Cistus* presenti nella seed-bank del suolo (THANOS & GEORGHIOU, 1988). Quindi, gli incendi possono spiegare perché alcune SUP degli SdS 4 e 5 sono dominate da *Cistus* sp. pl. Infatti, sebbene ai fini del presente studio siano state escluse le aree bruciate di recente, non è possibile escludere con certezza che alcune delle AdS selezionate non abbiano subito incendi molti anni fa.

In un cisteto maturo è quasi assente la rinnovazione di *Cistus* (TRABAUD & RENARD 1999; ROY & SONIÉ, 1992). Il nostro studio conferma questa constatazione: sono state trovate poche plantule di *Cistus* in condizioni di copertura densa di vegetazione (copertura di *Cistus* sp. pl. > 40% e copertura totale delle specie legnose > 80%), e molte plantule di *Cistus* dove la copertura di *Cistus* sp. pl. era compresa tra 20-50% e la copertura delle specie della macchia < 10%; tuttavia, in nessuno dei due casi sono stati trovati dei giovani adulti di *Cistus creticus* s.l., *C. monspeliensis* e *C. salvifolius* nei popolamenti maturi di *Cistus*. Come conseguenza, formazioni vegetali dominate da *Cistus* decadono dopo ca. 15 anni, che è la durata stimata della vita delle specie di *Cistus* (ARIANOUTSOU-FARAGGITAKI & MARGARIS, 1982; ROY & SONIÉ, 1992).

In questo modo, se non si verifica un nuovo incendio, i popolamenti di *Cistus* vengono invasi dalle specie della macchia.

Tuttavia, *Cistus* è in grado di colonizzare anche gli spazi aperti non bruciati, come i campi abbandonati (KUHNHOLTZ-LORDAT, 1952 e BARRY, 1960 in ROY & SONIÉ, 1992). In questo caso, *Cistus* non si insedia attraverso una germinazione massiccia di semi presenti nella seed-bank del suolo. Questo fatto spiega perché la successione può seguire due percorsi distinti nei terrazzamenti esposti a Nord: la/le specie che invadono un ex-coltivo più rapidamente dai suoi margini negli SdS 2 e 3 domineranno la vegetazione nello SdS 4. I *Cistus* presentano una dispersione balistica dei semi, anche se parte di essi può rimanere nelle capsule anche dopo l'esplosione dei frutti. TROUMBIS & TRABAUD (1986) hanno verificato che *Cistus salvifolius* può lanciare i suoi semi fino ad una distanza di 60 cm dalla proiezione della chioma sul suolo. In più, agenti secondari di dispersione, come l'acqua (TROUMBIS & TRABAUD, 1986), oppure le formiche (MOLINIER & MULLER, 1938 in TROUMBIS & TRABAUD, 1986) possono contribuire alla dislocazione dei semi.

*Rubus ulmifolius* può diventare dominante a causa della sua vigorosa abilità di dispersione vegetativa (RICHTER, 1989). Già nei campi ancora coltivati, *Rubus* viene combattuto dagli agricoltori perché invade i campi sfruttando come "trampolino di lancio" i muri delle terrazze. Non appena il campo viene abbandonato, nell'area intorno alle piante un tempo coltivate si rinvergono spesso anche le plantule di *Rubus*, probabilmente disperse dagli uccelli.

Sembra che le graminacee perenni *Hyparrhenia hirta* e *Andropogon distachyos* siano meglio adattate alle condizioni aride e calde degli ex-coltivi esposti a Sud. Il fitto sistema di rizomi e il ridotto tasso di traspirazione permettono loro di proseguire la propria crescita nel corso dell'estate. Nel periodo di siccità estiva, *Hyparrhenia hirta* è capace di raggiungere l'acqua negli orizzonti più profondi del suolo (MCWILLIAM *et al.*, 1970). Le plantule sono molto sensibili alla competizione (LITAV, 1972); inoltre, mentre la germinazione dei suoi semi è drasticamente ridotta dalle basse temperature (4 °C), non appare affatto ostacolata dalle alte temperature ( $\geq 40$  °C). Queste caratteristiche distinguono *Hyparrhenia hirta* da altre graminacee perenni presenti nel Mediterraneo e spiegano la sua dominanza esclusiva sui versanti esposti a Sud.

*Hyparrhenia hirta* e *Andropogon distachyos* sono piante a metabolismo C4 e mostrano una vigorosa abilità di dispersione vegetativa (GRIME, 1986). Ciò costituisce un importante vantaggio per queste graminacee perenni, la cui sopravvivenza non risulta dipendere strettamente dalla germinazione dei semi o dalla sopravvivenza delle plantule. Anche gli incendi, la cui frequenza è più probabile sui versanti esposti a Sud, potrebbero favorire queste due specie

stimolandone l'attività fisiologica che permette loro di ricacciare velocemente (NAVEH, 1975). *Hyparrhenia hirta*, ad esempio, è capace di rigenerare, anche in piena estate in habitat aridi, dai meristemi intercalari dei culmi bruciati e delle gemme basali (NAVEH, 1973).

### *Spettri biologici*

Il passaggio del ruolo dominante dalle terofite alle fanerofite nel corso della successione è un fenomeno ben conosciuto per gli ex-coltivi dell'Europa meridionale (RICHTER, 1989; LUX, 1991; TATONI *et al.*, 1994; SPERANZA & SIROTTI, 1995; BLASI *et al.*, 2000) e centrale (ELLENBERG, 1982; GLAVAC, 1996). Nei primi anni dopo l'abbandono, le terofite prevalgono perché caratterizzate da un ciclo vitale breve e, per questa ragione, comuni già nei campi coltivati dove i disturbi sono frequenti (SPERANZA & SIROTTI, 1995). Nei campi abbandonati dell'ambiente mediterraneo, le condizioni aride estive favoriscono ancora di più le terofite (RICHTER, 1989). Nel corso della successione, le fanerofite finiscono per prevalere perché crescono sino a raggiungere lo strato superiore della vegetazione, tollerano meglio l'ombreggiamento e sono capaci di sfruttare le risorse idriche degli orizzonti del suolo più profondi. Così, esse si emancipano dalla riserva variabile di acqua presente nell'orizzonte superficiale del suolo (RICHTER, 1989).

Negli SdS 3 esposti a Sud dominano le emicriptofite (per lo più graminacee perenni), mentre negli SdS 3 esposti a Nord le fanerofite e le nano-fanerofite sono già frequenti più o meno quanto le terofite e le emicriptofite. Questo fatto suggerisce che l'invasione delle specie legnose è più lenta sui versanti esposti a Sud rispetto a quelli esposti a Nord, come del resto osservato già in altri studi (SPERANZA *et al.*, 1995; BLASI *et al.*, 2000). Un'ipotesi per spiegare questo fenomeno è che i semi delle specie legnose hanno difficoltà a germinare o che le loro plantule non possono sopravvivere nei giovani campi abbandonati esposti a Sud a causa degli elevati valori di insolazione e della scarsa disponibilità di acqua. Inoltre, una volta che le graminacee perenni hanno assunto un ruolo dominante, può essere difficile per i semi o le plantule delle specie legnose il competere con loro.

La BM mostra lo stesso dinamismo della SUP, perché con il tempo vi si insediano le specie legnose. Sui M, invece, si trovano emicriptofite (per lo più felci), geofite (*Umbilicus* sp. pl.) e fanerofite come *Rubia peregrina*.

### *Indici di diversità*

Il numero di specie per m<sup>2</sup> presenta un minimo negli SdS 5, sia sulle SUP, sia nelle BM e sui M. Il massimo, invece, si trova nella maggior parte dei casi nei giovani SdS. Una spiegazione per questo trend può essere la riduzione del-

l'eterogeneità dei fattori ambientali nel corso della successione, connessa con la competizione. Infatti, i giovani ex-coltivi, per via dell'eterogeneità del microclima, dovuta alla presenza delle piante di vite e di capperò, di depressioni nel suolo o di singole rocce che riducono le escursioni termiche giornaliere e lo stress idrico, si presentano come un autentico mosaico di micrositi diversi (RICHTER, 1989). Lo stesso effetto hanno i singoli individui di arbusti o alberi negli SdS 2, 3 e 4. Maggiore è il numero e la varietà dei micrositi, più alto è il numero di specie che possono essere censite nel rilievo. La ricchezza specifica dei primi SdS appare elevata anche perché le specie sinantropiche dei campi coltivati convivono con le prime specie invadenti (RICHTER, 1989).

Man mano che gli arbusti e gli alberi assumono un ruolo dominante, l'eterogeneità microclimatica si riduce a tal punto che - dentro un denso popolamento di arbusti ed alberi - il microclima è praticamente omogeneo. Come conseguenza della competizione per la luce, nei vecchi SdS permangono solo le specie legnose ed erbacee sciafile.

I valori assoluti del numero delle specie per m<sup>2</sup> sono molto più alti per le BM che per le SUP e i M. Ciò è dovuto al fatto che le BM costituiscono un habitat a carattere ecotonale, cioè di passaggio tra la superficie della terrazza e il muro, per cui possono attecchirvi non solo le specie di entrambi questi due habitat, ma anche specie tipiche dell'ecotono medesimo (VON ARX *et al.*, 2002). Inoltre, se le BM sono state lavorate meno intensamente dagli agricoltori, possono per questa ragione mostrare un più grande pool di specie (EDWARDS *et al.*, 1999 in VON ARX *et al.*, 2002).

Per quanto riguarda l'evenness, l'interpretazione delle curve non dà alcun risultato significativo, mancando un trend comune ai quattro cluster. Già RICHTER (1989) non ha trovato dei trend comuni per l'evenness in vigneti abbandonati mediterranei.

### *Analisi multivariata*

Nella DCA e CCA, l'età di abbandono spiega la maggior parte della varianza all'interno dei dati raccolti. Gli ex-coltivi della stessa età risultano raggruppati nel diagramma (Fig. 6 e 7), il che vuol dire che le comunità vegetali rilevate nelle AdS studiate rappresentano davvero gli elementi di una successione progressiva. Tuttavia, i confini tra i gruppi non sono ben definiti, perché, a causa dell'influenza dell'esposizione, un singolo stadio della successione non corrisponde ad un unico tipo di formazione (vedi Fig. 8). Ad esempio, i campi abbandonati dello SdS 5 nel cluster 2 sono più simili (cioè più vicini) agli ex-coltivi dello SdS 4 esposto a Nord che agli altri campi abbandonati dello SdS 5 (evidenziato con una freccia in Fig. 6). Appare pertanto necessario elaborare due schemi di successione diversi per le due esposizioni.



La distribuzione “a imbuto” delle AdS in Fig. 6 può essere spiegata con l’assenza di alta vegetazione in grado di compensare le differenze microclimatiche nei giovani campi abbandonati. Negli ex-coltivi più vecchi, invece, dove una vegetazione densa e ben sviluppata riduce lo stress idrico e termico, le posizioni delle AdS di entrambe le esposizioni spesso coincidono nel diagramma. Questi risultati rafforzano l’ipotesi che la comunità tendente al climax sia la medesima per entrambe le esposizioni.

Siccome le piante di vite e capperi sono spesso ancora presenti nei giovani campi abbandonati ma sono assenti in quelli vecchi, l’asse 1 non è solo correlato con l’età di abbandono, ma pure con le variabili connesse con i safe sites. La presenza delle piante un tempo coltivate, che agiscono come safe sites, causa un’elevata varianza nei dati concernenti la vegetazione delle AdS. I safe sites giocano un ruolo di maggior rilievo nei campi abbandonati giovani, mentre perdono la loro funzione con l’ingresso delle specie legnose, che mitigano le temperature estreme e la velocità del vento sotto le loro chiome (RICHTER 1989; LUX 1991). Uno studio più dettagliato dell’effetto safe site a Pantelleria (RÜHL, 2003) mostra che sia le piante un tempo coltivate sia le BM agiscono come safe sites per plantule e giovani individui delle specie della macchia almeno nei campi abbandonati esposti a Nord, e quindi ne accelerano l’evoluzione. Ad esempio, nelle AdS dello SdS 1 esposte a Nord sono stati trovati  $2,06 \pm 2,55$  plantule e giovani individui di specie della macchia per m<sup>2</sup> di area safe site, mentre ne sono stati trovati  $0,05 \pm 0,02$  per m<sup>2</sup> di area fuori dei safe sites.

### *Schema della successione*

Negli ex-coltivi esposti a Nord, lo SdS 3 è lo stadio di transizione tra la dominanza di specie erbacee (copertura media  $20,0\% \pm 16,3\%$ ) e la dominanza di specie legnose ( $61,3\% \pm 25,2\%$ ). L’età di abbandono può essere il fattore più importante per aumentare la probabilità di sopravvivenza delle plantule delle specie legnose. Come fattore di disturbo particolare, un incendio può indirizzare (almeno temporaneamente) la successione verso la costituzione di popolamenti dominati da *Cistus* sp. pl. In assenza di incendi, è probabile che il percorso della successione sia determinato semplicemente dalla diversa velocità di invasione di *Cistus* sp. pl. rispetto alle specie della macchia. Negli ex-coltivi esposti a Sud, lo stadio transitorio non è SdS 3, ma SdS 4. Anche in questo caso potrebbe essere solo la velocità e l’efficienza di dispersione che decide se *Cistus* sp. pl. o *Rubus ulmifolius* prevarranno.

Diversi altri autori hanno elaborato degli schemi della successione progressiva per Pantelleria (AGOSTINI, 1973; BRULLO *et al.*, 1977; RICHTER, 1989; LUX, 1991; GIANGUZZI, 1999). Tuttavia, soltanto RICHTER (1989) ha studiato

esclusivamente le terrazze abbandonate, e quindi i suoi risultati sono gli unici con i quali lo schema del presente lavoro può essere confrontato. Come nel presente lavoro, egli ha rilevato un cambio di dominanza delle terofite e delle geofite a favore delle emicriptofite durante la successione, e ha notato che *Rubus ulmifolius* può invadere gli ex-coltivi pochi anni dopo l'abbandono. Di contro, egli ha riscontrato specie legnose diverse da quelle trovate nel presente studio. Tale discrepanza è forse dovuta al fatto che RICHTER (1989) ha effettuato i suoi rilievi in siti più aridi (in effetti, ha rilevato *Hyparrhenia hirta* per lo SdS 3) e su suoli diversi. Tuttavia, lo SdS 5 di RICHTER sembra essere molto simile ai rilievi del SdS 5 del presente studio.

Anche se il corso della successione è diverso nelle due esposizioni, tutte le AdS dello SdS 5 sono simili. Per questa ragione, si può supporre che la vegetazione di tutte due esposizioni tende verso un'unica comunità climax. Siccome il leccio è una delle specie dominanti nelle AdS più vecchie e i suoi individui raggiungono dimensioni arboree, la comunità climax della fascia bioclimatica studiata potrebbe essere una macchia-foresta dominata da *Quercus ilex*. Anche AGOSTINI (1973) e BRULLO *et al.* (1977) concordano con quest'ipotesi.

Secondo GIANGUZZI (1999), invece, la comunità climax dipende dalle condizioni edafiche: è un bosco di *Quercus ilex* sui Litosuoli e un bosco di *Pinus pinaster* subsp. *hamiltonii* sui Regosuoli e Andosuoli. Tale modello trascura la realtà del paesaggio terrazzato dell'isola. Inoltre, esso appare in contrasto con i risultati ottenuti da LUX (1991); sulla base di rilievi effettuati in stazioni caratterizzate da suoli a diverso grado di "copertura" ("continua", "discontinua con suolo nelle fessure" e "discontinua con suolo a mosaico"), la presenza di comunità a *Pinus pinaster* subsp. *hamiltonii* sembrerebbe collegata a siti con "copertura continua", mentre le comunità dominate da *Quercus ilex* non mostrerebbero alcuna preferenza particolare. Nelle 60 SUP rilevate per il presente studio è stata censita un'unica plantula di *Pinus pinaster* subsp. *hamiltonii*, sulla lettiera di un adulto conspecifico in uno SdS 5. Al contrario, plantule di *Quercus ilex* sono state trovate in 19 rilievi, una di esse già in uno SdS 1 e molte negli SdS più evoluti. Quindi, *Pinus* non sembra invadere né le comunità vegetali indisturbate dei vecchi SdS (formate dalle specie della macchia sopra elencate), né riesce a insediarsi nei giovani SdS. Forse la vegetazione erbacea dei giovani ex-coltivi compete in modo troppo forte per le plantule di *Pinus*. Alla luce di queste argomentazioni, dunque, sembra molto improbabile che *Pinus pinaster* subsp. *hamiltonii* faccia parte di una comunità climax.

I risultati del presente lavoro mostrano come la rinaturalizzazione su terrazze abbandonate e indisturbate sia piuttosto rapida. Questo fatto va attribuito all'ottima struttura del suolo e alla notevole disponibilità di nutrienti

negli ex-coltivi, ripetutamente arati e fertilizzati (RICHTER, 1989; BLASI *et al.*, 2000). Le condizioni iniziali sono ancora più favorevoli se l'agricoltore non ha usato dosi elevate di erbicidi e ha piantato le viti o i capperi in depressioni artificiali del suolo che poi possono agire come safe sites. Sebbene sia la buona struttura del suolo sia l'effetto della fertilizzazione scompaiano dopo pochi anni, la vegetazione che si sviluppa sulle terrazze gode di un altro enorme vantaggio, ben più durevole: al contrario dei versanti naturali dei rilievi mediterranei, soggetti ad un'erosione intensa e pressoché continua da migliaia di anni (GODRON *et al.*, 1981), nelle terrazze i suoli possono raggiungere profondità  $\geq 2-3$  m, e quindi potenzialmente costituiscono un considerevole serbatoio d'acqua (RICHTER, 1989). Infine, il pascolo è quasi assente a Pantelleria: il peso trascurabile di questo fattore di disturbo facilita una rapida rinaturalizzazione.

*Ringraziamenti* - Ringrazio Salvatore Pasta e Martin Schnitler dell'Università di Greifswald per l'aiuto prestato durante la raccolta dei dati di campo e nelle fasi di impostazione, elaborazione e commento del presente lavoro. Un sentito grazie va ancora al gruppo di Selvicoltura del Dipartimento di Colture Arboree dell'Università di Palermo, e in particolare Tommaso La Mantia e Giuseppe Barbera, nonché all'Azienda Foreste Demaniali di Trapani, a Domenico Costantino (Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia dell'Università di Palermo) e Franco Parello (Dipartimento di Vulcanologia dell'Università di Palermo), e agli agricoltori panteschi per avere facilitato la raccolta dei dati. Lo studio è stato finanziato in parte dal "Progetto RI.SELV.ITALIA - Sottoprogetto 4.1: Inventario e monitoraggio delle risorse e degli ambienti forestali".

#### BIBLIOGRAFIA

- AGNESI V. & FEDERICO C., 1995 — Aspetti geografico-fisici e geologici di Pantelleria e delle isole Pelagie (Canale di Sicilia). — *Naturalista sicil.*, s. IV, XIX (Suppl.): 1-22.
- AGOSTINI R., 1973 — Interesse fitogeografico e fitosociologico del Pino marittimo (*Pinus pinaster* Ait.) e del Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.) a Pantelleria. — *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, Forlì, n.s., 3: 1-127.
- ARIANOUTSOU-FARAGGITAKI M. & MARGARIS M.S., 1982 — Phryganic (East Mediterranean) ecosystems and fire. — *Ecol. Medit.*, 8: 473-480.
- BARBERA G., 1996 — Il sistema agricolo dell'isola di Pantelleria — In: Assessorato per i Beni Culturali ed Ambientali (ed.), Piano territoriale Paesistico dell'isola di Pantelleria, 58 pp.
- BARBERA G. & LA MANTIA T., 1998 — Sistema agricolo e paesaggio nell'isola di Pantelleria. — *Italus Hortus*, V (1-2): 23-28.
- BARBERO M., BONIN G., LOISEL R. & QUÉZEL P., 1990 — Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. — *Vegetatio*, 87: 151-173.
- BARRY J. P., 1960 — Contribution à l'étude de la végétation de la région de Nîmes. III. Les stades préforestiers. — *Ann. Biol.*, 3<sup>e</sup> sér., 36: 311-540.
- BLASI C., DI PIETRO R. & FORTINI P., 2000 — A phytosociological analysis of abandoned terraced olive grove shrublands in the Tyrrhenian district of Central Italy. — *Plant Biosystems*, 134 (3): 305-331, 2000.

- BRANCUCCI G., GHERSI A. & RUGGIERO M. E., 2001 — Il paesaggio terrazzato ligure: da valore ambientale e culturale a elemento di rischio. — *Geologia dell'Ambiente*, IX (2): 2-11.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964 — Pflanzensoziologie. — Springer Verlag, Wien, 865 pp.
- BRULLO S., DI MARTINO A. & MARCENÒ C., 1977 — La vegetazione di Pantelleria (studio fitosociologico). — *Pubbl. Ist. Bot. Univ. Catania*, 111 pp.
- CAMARGO J. A., 1993 — Must dominance increase with the number of subordinate species in competitive interactions? — *J. Theor. Biol.*, 161: 537-542.
- CIVETTA L., CORNETTE Y., GILLOT P. Y. & ORSI G., 1988 — The eruptive history of Pantelleria (Sicily Channel) in the last 50 Ka. — *Bull. Vulcanol.*, 50: 47-57.
- EDWARDS P. J., KOLLMANN J. & WOOD D., 1999 — Determinants of agrobiodiversity in the agricultural landscape: Pp. 183-210 — In: D. Wood & J.M. Lenné (eds.), *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management*, CABI Publishing, Wallingford, UK.
- ELLENBERG H., 1982 — Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. — Ulmer Verlag, Stuttgart, 989 pp.
- FIEROTTI G., 1988 — Carta dei Suoli della Sicilia (scala 1:250.000). — Palermo, Regione Siciliana, Ass. Territorio e Ambiente — Università degli Studi di Palermo, Facoltà di Agraria, Istituto di Agronomia Generale.
- GIANGUZZI L., 1999 — Il paesaggio vegetale dell'isola di Pantelleria. — Palermo, AFDRS, Collana "Sicilia Foreste", 6, 192 pp. + 1 carta (scala 1:20.000).
- GLAVAC V., 1996 — Vegetationsökologie. — Jena, 358 pp.
- GODRON M., GUILLERM J. L., POISSONET J., POISSONET P., THIAULT M. & TRABAUD L., 1981 — Dynamics and Management of vegetation: Pp. 317-344. — In: Di Castri F., Goodall D. W., Specht R. L. (Eds.), *Mediterranean-type shrublands (Ecosystems of the World 11)*. Elsevier — Amsterdam, Oxford, New York.
- GRIME J., 1986 — Plant strategies and vegetation processes. — Wiley, Chichester, UK, 222 pp.
- KENT M. & COKER P., 1992 — Vegetation description and analysis. — London, Wiley & sons, New York, 363 pp.
- KREBS C. J., 1999 — Ecological Methodology. — 2nd ed., Benjamin/Cummings, Menlo Park, CA, USA, 620 pp.
- KUHNHOLTZ-LORDAT G., 1952 — Le tapis végétal dans ses rapports avec les phénomènes actuels de surface en Basse-Provence. — Lechevalier, Paris, 208 pp.
- LITAV M., 1972 — Factors determining the distribution pattern of *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf on different expositions and slopes in the Judean hills. — *Isr. J. Bot.*, 21: 76-89.
- LUX A., 1991 — Macchia und Wald der Insel Pantelleria, Sizilien (Verbreitung der Gesellschaften und Struktureinheiten mit Untersuchungen zum Bestandsklima). — Diplomarbeit, Institut für Botanik und Pharmazeutische Biologie, Universität Erlangen Nürnberg, 141 pp.
- MAGURRAN A. E., 1988 — Ecological diversity and its measurement. — Princeton University Press, Princeton, 179 pp.
- MCWILLIAM J. R., SHANKER K. & KNOX R. B., 1970 — Effects of temperature and photoperiod on growth and reproductive development in *Hyparrhenia hirta*. — *Aust. J. agric. Res.*, 21: 557-569.
- MEEUS J. H. A., 1993 — The transformation of agricultural landscapes in Western Europe. — *The Science of the Total Environment*, 129: 171-190.
- MOLINIER R. & MULLER P., 1938 — La dissémination des espèces végétales. — *Rév. Gén. Bot.*, 50: 53-72; *ibidem*, 152-169; *ibidem*, 201-221; *ibidem*, 541-546.
- NAVEH Z., 1973 — The ecology of fire in Israel. — Proc. Tall Timber Fire Ecology Conf., Tallahassee, Florida, 13, 130-170.
- NAVEH Z., 1975 — The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. — *Vegetatio*, 29 (3): 199-208.

- PAPPALARDO M., 2002 — Il terrazzamento antropico in Liguria. — *Boll. Soc. Geogr. Ital.*, s. XII, VII: 267-306.
- PASTA S. & LA MANTIA T., 2004 — Note sul paesaggio vegetale delle isole minori circumsiciliane II: La vegetazione pre-forestale e forestale nelle isole del Canale di Sicilia. — *Ann. Accad. Ital. Sci. For.*, LII [2003]: 77-124.
- PELLERI F. & SULLI M., 1997 — Campi abbandonati e avanzamento del bosco. Un caso di studio nelle Prealpi lombarde (Comune di Brinzio, Provincia di Varese). — *Ann. Ist. Sperim. Selvic.*, 28: 89-115.
- PICKETT S. T. A., 1989 — Space for time substitution as an alternative to long-term studies: Pp. 71-88. — In: Likens G.E. (ed.), Long-term studies in ecology, Wiley, Chichester.
- PIGNATTI, S., 1982 — Flora d'Italia — Edagricole, Bologna, 3 voll.
- RAUNKIAER C., 1905 — Types biologiques pour la géographie botanique. — *Bull. Acad. Roy. Sci. Lettr. Danemark*, 5: 347-437.
- RICHTER M., 1989 — Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung und zum Standortwandel auf mediterranen Rebbrachen. — *Braun-Blanquetia*, 4: 1-196.
- ROUSSET O. & LEPART J., 1999 — Shrub facilitation of *Quercus humilis* regeneration in succession on calcareous grasslands. — *J. Veg. Sci.*, 10: 493-502.
- ROY J. & SONIÉ L., 1992 — Germination and population dynamics of *Cistus* species in relation to fire. — *J. Appl. Ecol.*, 29: 647-655.
- RÜHL J., 2003 — Vascular plant diversity in abandoned vine and caper cultures of Pantelleria Island (Sicily) and conclusions for landscape conservation. — Tesi di Laurea, 97 pp. + 2 appendici.
- SCHMIDT W., 1988 — An experimental study of old-field succession in relation to different environmental factors. — *Vegetatio*, 77: 103-114.
- SCHUPP E. W., 1995 — Seed-seedling conflicts, habitat choice, and patterns of plant recruitment. — *Amer. J. Bot.*, 82 (3): 399-409.
- SMITH B. & WILSON J. B., 1996 — A consumer's guide to evenness indices. — *Oikos*, 76: 70-82.
- SPERANZA M. & SIROTTI M., 1995 — Il dinamismo della vegetazione nei terreni agricoli abbandonati. — Atti Conv. "Ambiente e foreste nell'Appennino romagnolo, le ricerche in atto" (Santa Sofia, 10 novembre 1995): 13-21.
- SPERANZA M., SIROTTI M., BAGNARESI U. & BEVITORI M., 1995 — An integrated study of secondary succession. — *Colloq. Phytosoc.*, XXIV: 223-239.
- TÁRREGA R., LUIS-CALABUIG E. & VALBUENA L., 2001 — Eleven years of recovery dynamic after experimental burning and cutting in two *Cistus* communities — *Acta Oecol.*, 22: 277-283.
- TATONI T., MAGNIN F., BONIN G. & VAUDOUR J., 1994 — Secondary succession on abandoned cultivation terraces in calcareous Provence. I: Vegetation and soil. — *Acta Oecologica* 15 (4): 431-447.
- THANOS C. A. & GEORGHIOU K., 1988 — Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) and *C. salvifolius* (L.). — *Plant Cell & Envir.*, 11: 841-849.
- TRABAUD L., 1987 — Fire and survival traits of plants: Pp. 65-90. — In: Trabaud L. (ed.), The role of fire in ecological systems, SPB Academic Publishing, The Hague.
- TRABAUD L. & RENARD P., 1999 — Do light and litter influence the recruitment of *Cistus* spp. stands? — *Isr. J. Plant Sci.*, 47:1-9.
- TROUMBIS A. & TRABAUD L., 1986 — Comparison of reproductive biological attributes of two *Cistus* species. — *Acta Oecol.*, 21 (3): 235-250.
- TUTIN, T. G., HEYWOOD, V. H., BURGESS, N. A., VALENTINE, D. H., WALTERS, S. M. & WEBB, D. A. (eds.), 1964-1980 — *Flora Europaea* — Cambridge University Press, Cambridge, UK, 5 voll.

- URBINATI C., CARRER M. & ROSA F., 1995 — Dinamismo spaziale e cronologico di *Juniperus communis* L. in campi abbandonati nelle prealpi orientali. — *Linea Ecologica/ Economia Montana*, XXVII (2): 13-19.
- VON ARX G., BOSSHARD A. & DIETZ A., 2002 — Land-use intensity and border structures as determinants of vegetation diversity in an agricultural area. — *Bull. Geobot. Inst. ETH*, 68: 3-15.

*Indirizzo dell'Autore.* — JULIANE RÜHL, Via Salvatore Bertini n. 9 - I-90129 Palermo; email [imua@libero.it](mailto:imua@libero.it).