

## FLORA ESOTICA E PAESAGGIO: *CARPOBROTUS* SP. NELLE DUNE COSTIERE DELL'ITALIA CENTRALE

M.Laura CARRANZA(\*), Silverio FEOLA (\*), Marta CARBONI (\*\*), Alicia Acosta (\*\*)

(\*) Dip STAT, Univ. degli studi del Molise, Contrada Fonte Lappone, Pesche 86090 (IS) ITALIA.

(\*\*)Dipartimento di Biologia, Università di Roma Tre, V.le Marconi 446 – 00146 Roma, Italy.

### Riassunto

L'invasione degli habitat da parte di specie esotiche risulta una delle più gravi minacce alla biodiversità a livello mondiale. Negli ecosistemi mediterranei costieri uno dei *taxa* vegetali più invasivi è rappresentato da *Carpobrotus* sp.

Il presente lavoro si propone di fornire un contributo alla conoscenza della distribuzione spaziale delle macchie di paesaggio a *Carpobrotus* sp. nei sistemi di duna costiera.

Per alcuni tratti di duna costiera tirrenica (Italia Centrale) è stata elaborata in ambito GIS la cartografia CORINE *land cover* IV livello in scala 1:5000. Le caratteristiche ecologiche e fenologiche del *Carpobrotus* sp. hanno permesso una sua chiara identificazione cartografica.

A partire da questa cartografia è stata analizzata la struttura spaziale delle macchie di paesaggio a *Carpobrotus* sp. numero di macchie, dimensione e sagoma medie (Riitters et al., 1995), distribuzione dei loro contatti attraverso matrici di adiacenza (Turner, 1990) ed analisi della Electivity (Pastor & Broschart. 1990).

Le macchie a *Carpobrotus* sp. si distribuiscono preferenzialmente nell' avanduna. Nelle coste più antropizzate, le macchie sono estese, con forme allungate tipiche della vegetazione naturale e sono confinanti soprattutto con superfici artificiali. Nelle aree più naturali le macchie a *Carpobrotus* sp. sono meno abbondanti e si distribuiscono in piccole macchie isodiametriche immerse nelle tipologie naturali.

Nelle aree indagate le macchie di paesaggio dominate dall'esotica *Carpobrotus* sp. presentano una distribuzione che può essere associata ad uno stadio di colonizzazione-invasione iniziale.

### Introduzione )

L'invasione degli habitat da parte di specie esotiche risulta una delle più gravi minacce alla biodiversità a livello mondiale, seconda solo alla distruzione e/o frammentazione degli habitat naturali. (Rejmanek, 1995; Sala, 2000). Il continuo sviluppo delle attività antropiche (es. il cambiamento di uso del suolo, la frammentazione degli ecosistemi naturali) promuovono la diffusione delle specie aliene. Data l'importanza delle conoscenze riguardanti la distribuzione spaziale e l'intensità dei fenomeni di invasione da parte di specie aliene per la gestione del territorio, di recente, alcune ricerche teoriche ed empiriche sono state indirizzate allo studio delle relazioni fra struttura del paesaggio e la diffusione delle specie aliene (With, 2002).

Negli ecosistemi mediterranei costieri uno dei *taxon* vegetali più invasivo è il *Carpobrotus* sp. (Suehs et al., 2001, Vilà et al., 2006). Il *Carpobrotus* sp., proviene dalla Regione del Capo in Sud Africa ed è stato introdotto nel Mediterraneo ed in California all'inizio del XIX secolo come pianta ornamentale e per la stabilizzazione delle dune e delle scarpate.

Si tratta di camefite, entomogame a portamento prostrato, con foglie succulente che formano macchie estese e continue. Un singolo individuo può arrivare a 20 metri quadri di ampiezza e 50 cm di altezza (D'Antonio, 1993). L'ampia variabilità genetica garantisce a questo complesso notevoli possibilità di sopravvivenza in ambienti su cui agiscono differenti pressioni selettive (Suehs et al., 2004). La vigorosa riproduzione vegetativa gli permette di ricoprire con densi tappeti aree estese in tempi brevi. In questo modo, compete con le altre specie native per luce, nutrienti, acqua e spazio e modifica le condizioni dei suoli e può mettere in pericolo dunque le specie vegetali autoctone e modificare il paesaggio (Celesti-Grapow, 2005)

Per la minaccia che questo *taxon* rappresenta per la biodiversità naturale degli ecosistemi costieri in ambiente mediterraneo, sono stati realizzati numerosi studi autoecologici (morfologia, genetica e modalità riproduttive e di dispersione) ed alcuni sull'impatto di questo *taxon* sulle comunità vegetali e sui suoli.

Data la invasività di *Carpobrotus* sp, sono stati realizzati di recente alcuni lavori di cartografia di dettaglio di questa specie (Underwood et al., 2003), ma studi che analizzino la sua distribuzione spaziale a scala di paesaggio sono ancora necessari.

In questo contesto, il presente lavoro si propone di fornire un contributo alla conoscenza della distribuzione spaziale del *taxon* sul paesaggio di dune costiere. In particolare si prefigge di rispondere alle seguenti domande: 1) le macchie dominate da *Carpobrotus* sp. sono presenti in modo diffuso su tutta la duna costiera o invece tendono a concentrarsi soltanto nell'ambito di alcune tipologie di uso del suolo? e 2) Con quali categorie di copertura del suolo tendono a essere a contatto? 3) Esiste una preferenza di associazione con alcune categorie particolari?

### Area di studio

L'area di studio fa parte della costa tirrenica Laziale. Sono state scelte due aree campione, rappresentative delle caratteristiche ecologiche delle dune laziali all'interno delle quali, il censimento della flora vascolare (Acosta et al. 2005; Izzi et al., 2007) ha messo in evidenza la presenza di *Carpobrotus* sp. Le aree indagate riguardano la costa di Palidoro, che chiameremo Roma Nord e quella di Lido dei Gigli, che chiameremo Roma Sud. (Fig. 1). Le coste laziali in buona parte costituite da sabbie e dune recenti che occupano strette fasce lungo la costa, sono caratterizzate da clima mesomediterraneo subumido (Blasi 2003). In condizioni naturali la vegetazione naturale si distribuisce seguendo la zonizzazione ecologica che va dalle comunità terofitiche dell'avanduna alla macchia mediterranea nel retroduna (Stanisci et al., 2004). Nelle ultime decadi forti pressioni antropiche hanno portato ad una riduzione delle dune naturali fino al 24 % della sua estensione originaria (Pietrobelli & Bardi, 1997). Nella costa laziale ancora si possono osservare dei lembi di vegetazione naturale motivo per il quale ben 9 tratti di costa sabbiosa fanno parte della rete Natura2000 come pSIC (CE 43/92).

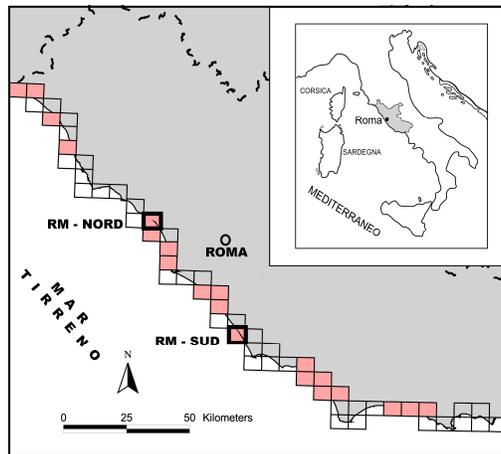


Figura 1 – Localizzazione dell'area di studio (RM-NORD e RM-SUD) sulla distribuzione di *Carpobrotus* sp nei quadranti della flora delle dune costiere del Lazio (Izzi et al., 2007)

## Materiali e metodi

### Cartografia della copertura del suolo (scala 1:5000)

E' stata elaborata in ambito GIS la cartografia della copertura del suolo di dettaglio (scala 1:5000) per una fascia che include spiagge e dune recenti. La legenda, per i territori boscati e seminaturali, segue lo schema CORINE land cover al IV livello di dettaglio (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio -AA.VV., 2006). E' stato sviluppato a 4° livello di dettaglio anche per le "Spiagge, dune e sabbie" seguendo l'approccio di Izzi et al. (2006). Le caratteristiche ecologiche e fenologiche di *Carpobrotus* sp. hanno permesso una sua chiara identificazione cartografica. E' stato quindi possibile inserire nella legenda (del IV livello) un' apposita tipologia di copertura del suolo: "Vegetazione psammofila esotica con *Carpobrotus* sp." (Tab.1)

### Analisi della struttura

La composizione e il pattern spaziale delle macchie a *Carpobrotus* sp. nel paesaggio di duna costiera delle due aree è stato indagato attraverso due approcci complementari.

**I)** Sono stati calcolati alcuni indici classici di composizione e struttura come, Numero di macchie (NUMPc); Dimensione medie delle macchie (MPSc) (ha); Estensione totale dei contatti (TEc) (m); Estensione media dei contatti per macchia (MPEc) (m); Indice medio di sagoma (MSIc) (esprime la misura nella quale la sagoma si allontana dalla forma più isodiametrica possibile (cerchio o quadrato) (McGarigal eMarks, 1995).

**II)** Data l'importanza della zonizzazione (serie di contatti tra tipologie diverse) in ambienti come le dune costiere sono state calcolate il numero e l'estensione dei contatti tra le macchie di *Carpobrotus* sp. ed il resto delle categorie del mosaico attraverso le matrici di adiacenza (Turner, 1990).

E' stato inoltre calcolato un indice di *electivity* (Jacobs, 1974, Pastor, Broshart 1990) che indica la tendenza nel nostro caso delle macchie di *Carpobrotus* sp. ad essere adiacenti alle altre categorie cartografiche. La *Electivity* misura la forza di associazione tra due categorie cartografiche all'interno di una porzione di territorio. In questo caso viene misurata in base alla estensione del contatto tra due categorie in relazione alla estensione totale dei contatti tra categorie presenti in quella porzione di territorio.

$$E_{ij} = \ln[r_{ij}(1-p_{in})/(p_{in})(1-r_{ij})]$$

$r_{ij}$  proporzione del perimetro totale della categoria  $j$  rappresentata da contatti con la categoria  $i$  (nel nostro caso *Carpobrotus* sp.);

$p_{in}$  proporzione dei contatti presenti nel paesaggio, rappresentati da contatti tra la categoria  $i$  (*Carpobrotus* sp.) e tutte le altre categorie, esclusa la categoria  $j$ .

I valori di *electivity* variano tra -inf (categorie che non sono mai a contatto) e + inf (categorie solo a contatto fra di loro). Anche solo il segno negativo o positivo dell'indice da quindi un'indicazione del grado di affinità tra le categorie.

**Risultati e discussioni**

Sono stati individuate e cartografate 27 categorie di copertura del suolo (CORINE IV livello) 15 delle quali relative a territori boscati e seminaturali (Tab. 1). Entrambe le finestre sono dominate da tipologie dei territori boscati e seminaturali ma si differenziano per la distribuzione delle categorie artificiali (Fig. 2). Roma Sud presenta un 37% dell'area coperta da superfici artificiali che si distribuiscono in due centri principali ed in un tessuto di strade ed edificato discontinuo sparso. Roma Nord invece presenta un 18% del territorio coperto da aree artificiali che si concentrano in zone urbane ben delimitate.

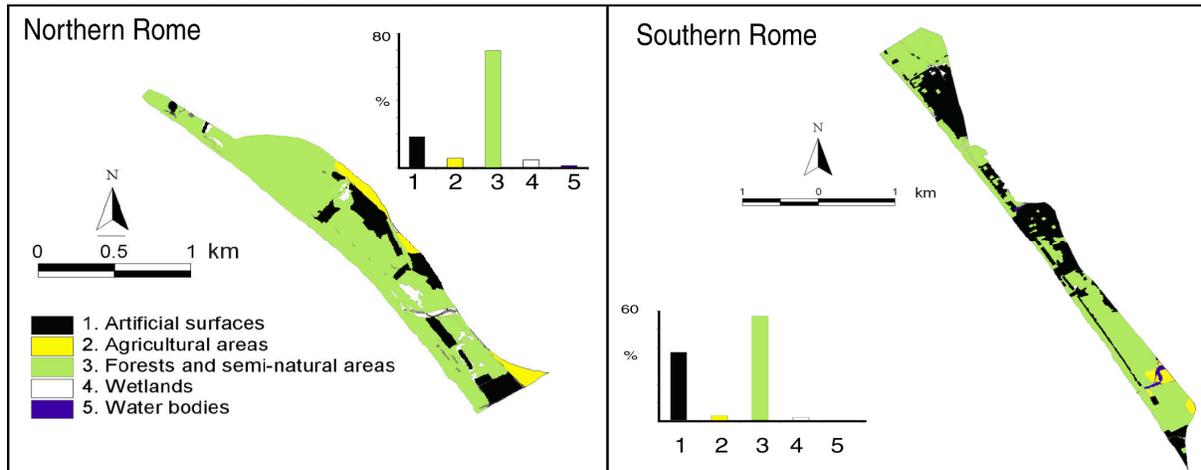


Figura 2 – Carte della copertura del suolo dell'area di studio indicando il primo livello della legenda CORINE e le loro abbondanze relative percentuali.

7 delle 15 categorie forestali e seminaturali rappresentano delle tipologie della classe 3.3.1. (spiagge dune) e coprono un 37% circa di entrambe le finestre indagate.

Un'analisi più dettagliata mette in evidenza che Roma sud e' caratterizzata da un mosaico molto frammentato ma che contiene ancora tutti gli elementi della zonizzazione naturale delle dune.

Roma nord invece e' caratterizzata da un'avanduna e da dune embrionali e fisse ben sviluppate con una copertura dominata da categorie naturali; mentre mancano alcune tipologie naturali del retroduna (sostituite soprattutto da agricoltura) (Fig. 3). In entrambi i settori, la sabbia nuda e la vegetazione annua dell'avanduna (3.3.1.1. Spiagge con lembi di vegetazione erbacea annuale a *Cakile maritima* e *Salsola kali*) è seguita dalle categorie di vegetazione aperta e di vegetazione chiusa sulle dune embrionali e mobili (3.3.1.2. Vegetazione psammofila erbacea aperta delle dune embrionali ad *Elymus farctus*; 3.3.1.3. Vegetazione psammofila erbacea chiusa delle dune mobili ad *Ammophila arenaria*); seguita dalla vegetazione dei prati annuali interdunali (3.3.1.5) a mosaico con la vegetazione camefitica delle dune semistabili a *Crucianella maritima* (3.3.1.4.). A Roma sud l'ultima tipologia verso l'entroterra è rappresentata dalla macchia mediterranea retrodunale (3.2.3.1. Macchia mediterranea), categoria quasi assente a Roma nord.

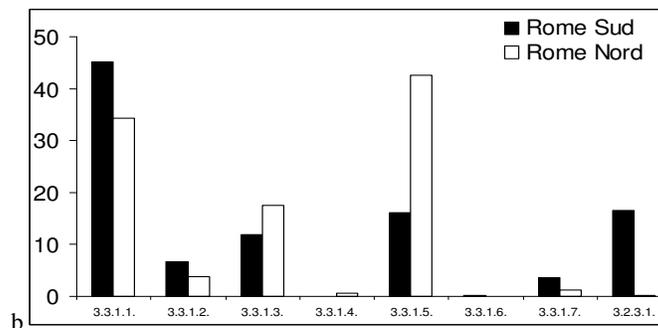


Figura 3 - Abbondanze percentuali, relative al totale di coperture naturali delle dune, delle differenti tipologie CORINE (IV livello per i codici vedi tab 1)

Le macchie di paesaggio dominate da *Carpobrotus* sp, (3.3.1.7.) interessano un 3,69% delle aree a copertura naturale delle dune nella finestra SUD ed un 1,2% dell'area a NORD (Fig. 3). Valori relativamente modesti, anche se non trascurabili, di copertura che indicano che si tratta di un fenomeno d'invasione già avviato.

### Analisi della struttura

D) I parametri di distribuzione spaziale delle macchie a *Carpobrotus* sp mettono in evidenza alcune piccole differenze tra i due settori indagati. Nell'area SUD le macchie più estese (MPSc) e più numerose (NUMPc), l'estensione totale (TEc) e l'estensione media del margine per macchia (MPEc) superiori, assieme alla forma più irregolare delle macchie a *Carpobrotus* sp. (MSIc) possono associarsi a due aspetti del paesaggio. 1) maggiore estensione della categoria e 2) la elevata frammentazione delle categorie naturali dovuta in buona parte all'alternanza di categorie naturali ed artificiali. A Roma SUD infatti le macchie a *Carpobrotus* sp, come quelle delle altre categorie seminaturali, sono controllate nella distribuzione spaziale da una rete diffusa di strade e di edificato urbano discontinuo.

Nell'area NORD i valori inferiori nel numero di macchie (NUMPc), la loro dimensione media (MPSc), l'estensione totale del margine (TEc) e l'estensione media del margine per macchia, assieme ad un indice di sagoma più basso (MSIc), si possono associare a due fattori: 1) estensione minore della categoria sul territorio, 2) assetto paesaggistico caratterizzato da una pressione antropica ed urbanistica minore.

Tab. 1. - Legenda della cartografia CORINE land cover. In neretto le categorie di copertura del suolo cartografate

I	II	III	IV
Liv.	Liv.	Liv.	Liv.
<b>1. SUPERFICI ARTIFICIALI</b>			
1.1. Zone urbanizzate di tipo residenziale			
1.1.1. <b>Zone residenziali a tessuto continuo</b>			
1.1.2. <b>Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado</b>			
1.2. Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali			
1.2.1. <b>Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati</b>			
1.2.2. <b>Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche</b>			
1.3. Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati			
1.3.2. <b>Discariche</b>			
1.4. Zone verdi artificiali non agricole			
1.4.1. <b>Aree verdi urbane</b>			
1.4.2. <b>Aree ricreative e sportive</b>			
<b>2. AREE AGRICOLE UTILIZZATE</b>			
2.1. Seminativi			
2.1.1. <b>Seminativi in aree non irrigue</b>			
2.3. Prati stabili (foraggiere permanenti)			
2.3.1. <b>Prati stabili (foraggiere permanenti)</b>			
<b>3. TERRITORI BOSCATI E SEMI-NATURALI</b>			
3.1. Zone boscate			
3.1.1. Boschi di latifoglie			
3.1.1.1. <b>Boschi a prevalenza di leccio e/o sughera</b>			
3.1.1.3. <b>Boschi misti a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermofile (acero-frassino, carpino nero-orniello)</b>			
3.1.1.6. <b>Boschi a prevalenza di specie igrofile (boschi a prevalenza di salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)</b>			
3.1.1.7. <b>Boschi e piantagioni a prevalenza di latifoglie non native (robinia, eucalipti, ailanto, ecc)</b>			
3.1.2. Boschi di conifere			
3.1.2.1. <b>Boschi a prevalenza di pini mediterranei (pino domestico, pino marittimo) e cipressete</b>			
3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea			
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie			
3.2.1.1. <b>Praterie continue</b>			
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla			
3.2.3.1. <b>Macchia alta</b>			
3.2.4. Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione			
3.2.4.1. <b>Aree a vegetazione arbustiva in evoluzione</b>			
3.3. Zone aperte con vegetazione rada o assente			
3.3.1. Spiagge, dune e sabbie			
3.3.1.1. <b>Sabbia nuda con lembi di vegetazione erbacea annuale delle spiagge a <i>Cakile maritima</i> e <i>Salsola Kali</i></b>			
3.3.1.2. <b>Vegetazione psammofila erbacea aperta delle dune embrionali ad <i>Elymus farctus</i></b>			
3.3.1.3. <b>Vegetazione psammofila erbacea chiusa delle dune mobili ad <i>Ammophila arenaria</i></b>			
3.3.1.4. <b>Vegetazione camefitica delle dune semistabili a <i>Crucianella maritima</i></b>			
3.3.1.5. <b>Pratelli annuali interdunali</b>			
3.3.1.6. <b>Vegetazione elofitica delle depressioni interdunali a <i>Schoenus nigricans</i> ed <i>Erianthus ravennae</i></b>			
3.3.1.7. <b>Vegetazione psammofila esotica a <i>Carpobrotus</i> sp.</b>			
<b>4. ZONE UMIDE</b>			
4.1. Zone umide interne			
4.1.1. Paludi interne			
4.1.1.1. <b>Canneti ripariali</b>			
<b>5. CORPI IDRICI</b>			
5.1. Acque continentali			
5.1.1. <b>Corsi d'acqua, canali e idrovie</b>			
5.1.2. <b>Bacini d'acqua</b>			

Tabella 2 – Parametri di struttura delle macchie a *Carpobrotus* sp nell'area indagata.

	RM NORD	RM SUD
NUMPc	13	43
MPSc (Ha)	0.03	0.05
PSSDc (Ha)	0.04	0.10
TEc (m)	1223.47	6229.99
MPEc (m)	94.11	144.88
MSIc	1.45	1.87

II) Da una prima analisi della distribuzione dei contatti (Fig 4), emerge che, delle 27 tipologie CORINE cartografate, le macchie a *Carpobrotus* sp sono a contatto con 11 a Roma SUD e con 7 a Roma NORD.

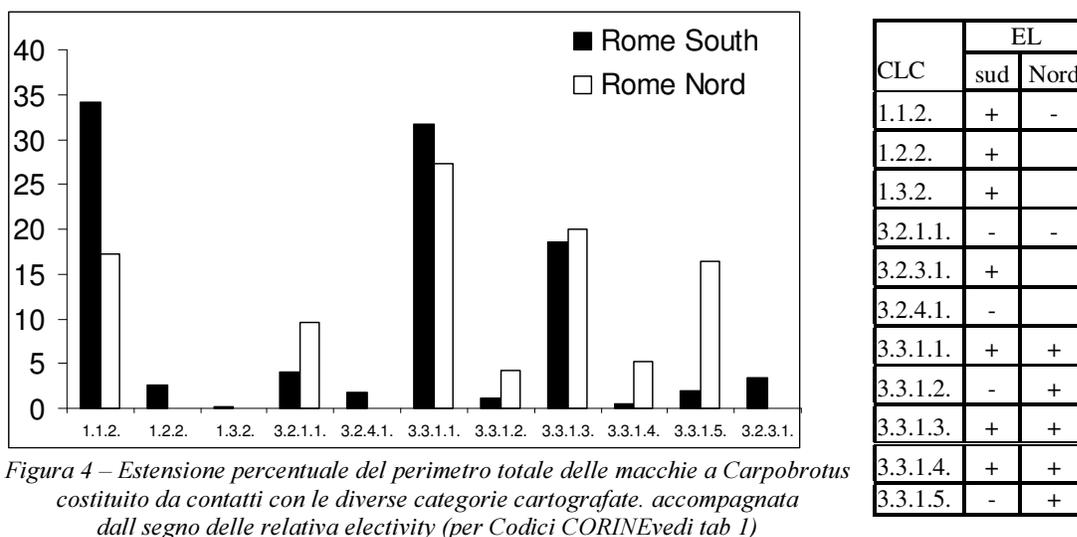


Figura 4 – Estensione percentuale del perimetro totale delle macchie a *Carpobrotus* costituito da contatti con le diverse categorie cartografate, accompagnata dall segno delle relativa electivity (per Codici CORINEvedi tab 1)

Le macchie di paesaggio dominate da *Carpobrotus* sp. sono a contatto in modo consistente con due categorie naturali caratteristiche dell'avanduna quali la vegetazione annuale delle spiagge a *Cakile maritima* e *Salsola Kali* e le macchie di “vegetazione psammofila erbacea chiusa delle dune mobili ad *Ammophila arenaria*”, categorie per le quali presentano anche valori di *electivity* positivi. L'insediamento ed espansione della specie in questo settore è probabilmente legato alla sua ecologia specifica (D'Antonio, 1993) che le permette di colonizzare e stabilirsi sulla duna embrionale e mobile dove le condizioni di siccità e l'aerosol marino permettono la sopravvivenza di vegetazione autoctona solamente erbacea.

A RM SUD, il tipo di contatto più abbondante delle macchie di “vegetazione psammofila dominate da *Carpobrotus* sp.” è quello con le zone residenziali a tessuto discontinuo per la quale presenta una *Electivity* positiva. Infatti, in questo settore, le macchie a *Carpobrotus* sp., tendono a concentrarsi nelle vicinanze delle aree residenziali riducendo ulteriormente la superficie degli ecosistemi naturali di avanduna. E' da sottolineare che il *Carpobrotus* sp., utilizzato a scopo ornamentale, è frequente nei giardini delle aree residenziali e da questi tende a colonizzare la duna tramite i suoi stoloni, propaguli e semi. In questo settore, la considerevole estensione dei contatti e la *electivity* positiva per le aree artificiali in particolare per la categoria 112 (edificato urbano discontinuo, nel nostro caso villini sul mare) indicano che oltre alle strade come suggerito da Trombulack e Frissell (2000), il tessuto urbano discontinuo può costituire una importante fonte e vettore per la diffusione di propaguli delle specie aliene.

### Discussioni

Possiamo considerare che per le caratteristiche ecologiche di *Carpobrotus* sp, a scala di paesaggio, la specie coprono una estensione non trascurabile, probabilmente dovuto ad uno stato di colonizzazione avviato. L'analisi del pattern spaziale della categoria ci ha permesso di proporre delle ipotesi riguardo la fase e modalità di insediamento-colonizzazione della specie, che nell'area indagata avviene principalmente nei settori di avanduna.

In aree relativamente ben conservate caratterizzate da macchie piccole, di forme isodiametriche (rotonde) e prevalentemente a contatto con categorie naturali, per le quali presenta *electivity* positiva, si verifica il fenomeno di colonizzazione naturale per nucleazione. Probabilmente, come descritto da Suehs et al. (2001) per questa specie, la dispersione e l'insediamento dei propaguli e/o semi avviene attraverso uccelli e mammiferi.

In aree con una maggior pressione antropica caratterizzate da macchie a *Carpobrotus* sp più estese, di forme irregolari e molto a contatto con le superfici artificiali, per le quali presenta una *electivity* positiva; la dispersione avviene soprattutto

attraverso la diffusione dai giardini. Probabilmente, la colonizzazione avviene, come descritto da Trombulack e Frissell (2000) per altre specie aliene, attraverso dispersione dei propaguli e/o riproduzione vegetativa da parte di individui presenti nelle aree artificiali, nel nostro caso i giardini. Nel settore Sud, i parametri di struttura analizzati evidenziano processi d'invasione-colonizzazione ben avviati e in una fase più avanzata che nel settore NORD.

La metodologia proposta si è dimostrata efficace nell'individuazione delle principali tendenze di colonizzazione-insediamento della specie. Sviluppata su strumenti cartografici standard (CORINE Land Cover) è una proposta di facile applicazione ad altre realtà territoriali. I parametri di struttura scelti, si sono dimostrati molto spiegativi della realtà descritta e quindi si presentano come strumenti efficaci di monitoraggio e pianificazione dei processi invasivi sulle dune costiere.

**Ringraziamenti:** Lavoro finanziato dal MIUR (PRIN-COFIN 2005-2007)

**Riferimenti bibliografici**

AA.VV. (2006), *Gis Natura – il Gis delle conoscenze naturalistiche in Italia*. Direzione per la Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

Acosta A., Carranza M.L., Conti F., De Marco G., D'Orazio G., Frattaroli A.R., Izzi C.F., Pirone G., Stanisci A., (2005), "Banca dati della flora costiera psammofila dell'Italia Centrale". *Informatore Botanico Italiano*, 37: 110-111.

Blasi C. (2003), "Bioclimate of Italy", In: BLASI, C. (ed.), *Ecological information in Italy*, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio - Società Botanica Italiana, Roma: 11-12, 23

Celesti Grapow L. (2005), "Perdita della biodiversità-Specie esotiche- Flora". In Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F., Marchetti M. (a cura di), (eds.), *Stato della Biodiversità in Italia. Contributo alla strategia nazionale per la biodiversità*. Palombi Editori, Roma. Pp 140-147.

D'Antonio, C. (1993), "Mechanisms controlling invasion of coastal plant communities by the alien succulent *Carpobrotus edulis*", *Ecology*, 74(1), 83-95.

caso di *Carpobrotus* sp. in Italia centrale". *Rivista Italiana di Telerilevamento* In revisione

Izzi C. F., Acosta A., Carranza M. L. (2006), "Applicazione della cartografia della copertura del suolo nell'analisi del paesaggio vegetale costiero del Molise". *Rivista Italiana di Telerilevamento* 37: 5-13.

Izzi F., Acosta A., Carranza M.L., Ciaschetti G., Di Martino L., D'Orazio G., Frattaroli A., Pirone G., Stanisci A. (2007), "Il censimento della flora vascolare degli ambienti dunali costieri dell'Italia centrale" *Fitosociologia* vol. 44 (1): 129-137

Jacobs J. (1974), Quantitative Measurement of Food Selection. *Oecologia* 14:413-417.

McGarigal K. and Marks B.J. (1995), FRAGSTATS: *Spatial Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*, USDA Forest Service General Technical Report PNW-GTR-351

Pastor J., and M. Broschart. (1990), "The spatial pattern of a northern conifer-hardwood landscape" *Landscape Ecology*, 1:55-68.

Pietrobelli M. and Bardi S. (1997), "Environmental design and coastal zone improvement", *Journal of the International Association of Environmental Design*, 1: 59-64

Rejmanek M. (1995), "What makes a species invasive?", In: Pyšek P., Prach K., Rejmanek M., Wade M. (1995), *Plant invasions- General Aspects and Special Problems*, SPB Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands. pp.3-13.

Riitters K.H., R.V. O'Neill, C.T. Hunsaker, J.D. Wickham, D.H. Yankee, S.P. Timmins, K.B. Jones, and B.L. Jackson. (1995), "A factor analysis of landscape pattern and structure metrics", *Landscape Ecology*, 1:23-39.

Sala O.E., Chapin III F.S., Armesto J. J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., Poff N.L., Sykes M.T., Walker H.B., Walker M., Wall D.H. (2000), "Global Biodiversity Scenarios for the year 2100", *Science's Compass*, 287: 1770-1774

Stanisci A., Acosta A., Ercole S., Blasi C. (2004), "Plant communities on coastal dunes in Lazio (Italy)", *Annali di Botanica nuova serie*, IV:115-128

Suehs C.M., Affre L., Médail F. (2004), "Invasion dynamics of two alien *Carpobrotus* (Aizoaceae) taxa on Mediterranean island: I. Genetic diversity and introgression", *Heredity*, 92: 31-40.

Suehs C.M., Médail F., Affre L. (2001), "Ecological and genetic features of the invasion by the alien *Carpobrotus* plants in Mediterranean island habitats" In: Brundu G., Brock J., Camarda I., Child L., Wade M. (eds), *Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management*, Backhuys Publishers: Leiden. pp 145-158.

Troumbulak S.C., Frissell C.A. (2000), "Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities", *Conservation Biology*, 14: 18-30

Turner M.G. (1990), "Spatial and temporal analysis of landscape patterns" *Landscape Ecology*, 1:21-30.

Underwood E., Ustin S. DiPietro D. (2003), "Mapping nonnative plants using hyperspectral imagery". *Remote Sensing of Environment*, 86(6): 150-161(12)

Vilà M., Tessier M., Suehs C.M., Brundu G., Carta L., Galanidis A., Lambdon P., Manca M., Médail F., Moragues E., Traveset A., Troumbis A.Y., Hulme E. (2006), "Local and regional assessments of the impacts of plant invaders on vegetation structure and soil properties of Mediterranean islands" *Journal of Biogeography*, 33: 853-861.

With K.A. (2002), "The Landscape Ecology of Invasive Spread", *Conservation Biology* 16, vol. 5, pp. 1192-1203.