

## Studi di biologia della conservazione di specie vegetali endemiche della Sardegna nell'ambito del progetto "GENMEDOC"

G. BACCHETTA, G. FENU, E. MATTANA

Centro Conservazione Biodiversità (CCB)  
Dipartimento di Scienze Botaniche dell' Università  
Viale Sant'Ignazio da Laconi 13, I-09123 Cagliari

Accettato il 18 Settembre 2008

*Conservation biology studies on the endemic species from Sardinia within the "GENMEDOC" Project* – The achieved results of the Interreg IIIB "Genmedoc" project (2004-2006) are here reported. Data focused on the conservation biology studies of Sardinian endemic species are showed in this work. During the project 26 populations of 16 species were investigated and the *ex situ* conservation for these species was guaranteed by storage of 65 seed lots in the seedbank. Furthermore 8 species were analysed by *in situ* characterization of 17 populations: for each population ecological studies were carried out. Real and possible threats that affect these populations were detected. For 6 species effective germination protocols were identified and also valied by other two project partners. These protocols allow evaluating seed quality for the stored lots and their longevity during next years; moreover the knowledge of the best germination conditions will be able to schedule a possible cultivation or an *in situ* re-introduction for these species. These results were obtained by sistematic conservation biology studies of threatened endemic species of Sardinia by a tested and internationally acknowledged methodology.

**Key words:** Conservation, Endemic flora, Germination, Population studies, Sardinia, Seed banking

Numerose specie rischiano l'estinzione poiché si trovano in habitat soggetti a frammentazione o in aree sottoposte a disturbo antropico, oppure presentano un numero ridotto di popolazioni o di individui riproduttori (Griggs, 1940; Stebbins, 1942; Drury, 1974; Rabinowitz, 1981; Snogerup, 1985; Lavergne *et al.*, 2004). Alcune tra queste sono naturalmente rare, altre lo stanno diventando, soprattutto nel bacino del Mediterraneo, a causa, diretta o indiretta, del disturbo antropico o ancora per cause naturali (Montmollin de & Strahm, 2005). Gli studi di biologia della conservazione, che comprendono analisi popolazionali, indagini demografiche e relative alla biologia riproduttiva, consentono di valutare lo stato di conservazione delle specie e la possibilità di sopravvivenza a lungo termine delle popolazioni, agevolando l'individuazione di strategie per la loro gestione e protezione.

Attualmente, in Sardegna e più in generale in Italia, esistono pochi studi approfonditi di biologia della conservazione finalizzati alla conoscenza, alla conservazione e alla gestione di specie a rischio di estinzione. Solo di recente infatti sono stati avviati studi di questo tipo riguardanti unità tassonomiche endemiche o d'interesse fitogeografico della Sardegna (Quilichini & Debussche, 2000; Quilichini 2001; Quilichini *et al.*, 2004; Bacchetta *et al.*, 2007a; Gargano *et al.*, 2007).

Un primo approccio a tali indagini, anche dal punto di vista metodologico, si è avuto per la Sardegna con il progetto Interreg III B "Genmedoc" (2004-2006) che ha consentito di avviare le indagini su 16 *taxa* endemici presenti all'interno di aree di interesse comunitario della Sardegna. Lo scopo del progetto, infatti, è stato quello di avviare studi specifici mirati alla implementazione di strategie di conservazione, sia *in situ* che

*ex situ*, per unità tassonomiche considerate a rischio di estinzione. Sono stati inoltre avviati studi sulla biologia riproduttiva per diversi *taxa*, mai o poco indagati in precedenza e di notevole interesse conservazionistico.

Il progetto Genmedoc, “*Création d’un réseau de centres de conservation du matériel génétique de la flore des régions méditerranéennes de l’espace MEDOCC*” (2003-03-4.1-E-060), rientra nelle azioni in materia ambientale dell’Unione Europea per la salvaguardia della biodiversità e la conservazione delle specie e degli habitat. Il progetto, finanziato con fondi Interreg IIIB Medoc, ha avuto l’obiettivo prioritario di favorire lo scambio di informazioni tecniche e l’adozione di strategie e protocolli di lavoro comuni per la conservazione delle risorse genetiche di *taxa* mediterranei e, principalmente, di quelli prioritari presenti nei SIC (Siti d’Importanza Comunitaria) della Rete Natura 2000.

Genmedoc ha consentito la costituzione di una rete di centri di conservazione del germoplasma del Mediterraneo occidentale; alla rete hanno partecipato diversi partner europei, consentendo la copertura di gran parte del Mediterraneo occidentale, comprese le più grandi isole (Baleari, Corsica, Sardegna, Sicilia e Creta), oltre ad un partner tunisino per la costa nordafricana.

Le azioni principali realizzate nel progetto sono state: l’elaborazione di modelli comuni di gestione di *taxa* combinando la conservazione *ex situ* (raccolta e conservazione del germoplasma) con quella *in situ* (tutela, recupero e implementazione delle popolazioni naturali); lo scambio di conoscenze sulla conservazione del germoplasma (raccolta, trattamento, conservazione e moltiplicazione); la duplicazione delle collezioni tra i partner, in modo da garantire la loro effettiva conservazione e infine lo studio dei *taxa* strutturali degli habitat e di quelli endemici o minacciati. Per le specie particolarmente interessanti sono stati inoltre elaborati i protocolli di germinazione efficaci, finalizzati a garantire la possibilità di moltiplicazione del germoplasma da utilizzare in azioni di rinforzo di popolazioni o reintroduzioni in ambiente naturale.

Tali attività sono state finalizzate allo sviluppo della rete europea Natura 2000, all’interno della quale sono state complessivamente studiate 338 unità tassonomiche, presenti in 40 habitat inclusi nei SIC della rete Natura 2000 (Direttiva 92/43/CEE) e 5 habitat peculiari della Tunisia.

In questo lavoro vengono presentati i risultati ottenuti a livello regionale, che rappresentano un primo importante passo per l’implementazione di strategie di conservazione.

## Materiali e metodi

### Selezione delle unità tassonomiche

Nell’ambito del progetto sono stati individuati criteri comuni per la scelta dei *taxa* che si sono basati su due punti principali: 1) unità tassonomiche di interesse conservazionistico in quanto minacciate o endemiche esclusive di un territorio, 2) unità tassonomiche caratterizzanti da un punto di vista fisionomico e funzionale gli habitat.

Alla prima categoria appartengono le specie inserite nei cataloghi di protezione (Convenzione di Berna, CITES, Direttiva Habitat 92/43) presenti nei territori relativi allo spazio Medoc, quelle considerate a rischio di estinzione e infine quelle aventi un elevato interesse da un punto di vista scientifico, in quanto appartenenti a gruppi tassonomici critici e/o poco indagati. Al secondo gruppo vengono invece riferite le specie strutturali degli habitat prioritari secondo DIR. 92/43/CEE, in quanto importanti dal punto di vista funzionale, sistemico e fisionomico-strutturale, presenti con elevati indici di copertura, come caratteristiche e/o differenziali dei *syntaxa*.

In Sardegna la selezione dei *taxa* è stata fatta principalmente sulla base del loro interesse conservazionistico, dell’endemicità e del rischio di estinzione.

Per la nomenclatura delle specie studiate si è seguito quanto recentemente proposto da Conti *et al.* (2005, 2007).

Per lo studio dei 16 *taxa* selezionati (tab. 1) è stata realizzata una indagine bibliografica preliminare e l’analisi dei campioni d’erbario depositati presso *Herbarium CAG*. Tutte le informazioni raccolte sono state verificate direttamente in campo e integrate con nuovi dati derivanti da numerose escursioni realizzate durante tutta la durata del progetto. I dati riferiti alle singole accessioni di ogni popolazione per tutte le specie campionate, sono reperibili in internet sul sito ufficiale del progetto GENMEDOC, all’indirizzo <http://seedbank.genmedoc.org/public/presentazione.htm>.

### Studi in situ

Gli studi *in situ* delle popolazioni sono stati realizzati sulla base di un protocollo metodologico elaborato e condiviso tra tutti i partner del progetto che recepisce, tra l’altro, quanto già elaborato per il progetto AFA (*Atlas Flora Amenazada*) in Spagna (Albert *et al.*, 2003). Tale protocollo prevede, attraverso la compilazione di

Tabella 1 – Analisi realizzate sulle unità tassonomiche indagate durante il progetto.

Unità Tassonomica	Popolazione	CODICE	Studi <i>in situ</i>			Studi <i>ex situ</i>	
			Caratterizzazione delle popolazioni (ta. 2)	Individuazione delle minacce (tab. 3)	Monitoraggi	Raccolta, e conservazione del germoplasma	Caratterizzazione del germoplasma (tab. 6) e elaborazione protocolli di germinazione (tab. 7)
<i>Anchusa capellii</i> Moris	Monte S. Vittoria – Esterzili	SA01	X	X	X	X	
<i>Anchusa formosa</i> Selvi, Bigazzi et Bacch.	Monte Lattias - Uta	SA01	X	X	X	X	
	Monte Arcosu - Siliqua	SA02	X	X	X	X	
<i>Armeria sulcitana</i> Arrigoni	Su Scavoni- Siliqua	SA01		X		X	
<i>Astragalus maritimus</i> Moris	Lo Spalmatore - Carloforte	SA01	X	X		X	X
<i>Astragalus verrucosus</i> Moris	Case Puxeddu - Arbus	SA01	X	X		X	X
<i>Borago morisiana</i> Bigazzi et Ricceri	Cala Vinagra - Carloforte	SA01	X	X	X	X	
	Tanca di Cuccuru - Laconi	SA02	X	X	X	X	
<i>Borago pygmaea</i> (DC.) Chater et Greuter	Funtanamela - Laconi	SA01	X	X		X	
	Niu Crobu - Sinnai	SA02	X	X			
	Foresta di Arroli - Seulo	SA03	X	X			
	Rio sa Ceraxa - Sinnai	SA04	X	X			
<i>Brassica insularis</i> Moris	Isola dei Cavoli - Villasimius	SA01				X	X
<i>Centranthus amazonum</i> Fridl. et A. Raynal	Su Thuttureli - Oliena	SA01	X	X			
<i>Dianthus mossanus</i> Bacch. et Brullo	Rio Monti Nieddu - Villa S. Pietro	SA01				X	
<i>Digitalis purpurea</i> L. var. <i>gyspergerae</i> (Rouy) Fiori	Brunco Spina - Fonni	SA01				X	X
<i>Helichrysum montinasanum</i> Em. Schmid	Su Scavoni - Siliqua	SA01				X	
<i>Hypericum hircinum</i> L. subsp. <i>hircinum</i>	Monte Lattias - Uta	SA01				X	
	Monte Lattias - Uta	SA01	X	X	X	X	X
	Arco dell'Angelo - Burcei	SA02	X	X	X		
<i>Linaria arcusangeli</i> Atzei et Camarda	Su Scavoni - Siliqua	SA03	X	X	X		
	Riu Perda Melas - Villa S. Pietro	SA04	X	X	X		
	Rocca Arricelli - Villasalto	SA05	X	X	X		
	Is Lisandrus - Buggerru	SA01				X	
<i>Seseli praecox</i> (Gamisans) Gamisans	Punta Perda Bianca - Nebida	SA02				X	
	Rio Perda Melas - Villa S. Pietro	SA01				X	X

specifiche schede di campo, la realizzazione di indagini di tipo ecologico, floristico-sociologico e censimenti popolazionali, oltre che studi di biologia riproduttiva secondo quanto proposto da Bacchetta *et al.* (2006).

Gli studi delle popolazioni, relativi alla consistenza e struttura, sono stati condotti attraverso la compilazione di una apposita scheda nella quale vengono riportati parametri relativi alla delimitazione della superficie attraverso il rilevamento delle coordinate perimetrali, al censimento del numero di individui suddivisi in classi d'età (plantule, giovani e riproduttori), all'ambiente nel quale le diverse specie si trovano attraverso il rilevamento quali-quantitativo dei dati stazio-

nali. Una sezione della scheda è stata inoltre dedicata all'individuazione delle minacce, attuali o potenziali, che agiscono sulle popolazioni e alla presenza o meno di misure di protezione.

Lo studio della vegetazione è stato realizzato attraverso rilievi fitosociologici, eseguiti secondo il metodo della scuola sigmatista di Zurich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1965), su tutte le stazioni delle popolazioni selezionate. Le popolazioni sono state inoltre caratterizzate dal punto di vista bioclimatico secondo quanto proposto da Rivas-Martínez (2007).

Per l'identificazione degli habitat di interesse comunitario relativi alle popolazioni dei *taxa* indagati, si

è fatto riferimento al manuale di interpretazione degli habitat ed ai successivi aggiornamenti (European Commission, 2003, 2007).

### Studi ex situ

Le campagne di raccolta sono state pianificate sulla base della fenologia delle unità tassonomiche selezionate, a partire dagli studi esistenti e dalle conoscenze dirette acquisite negli anni. Il momento ideale per la raccolta, la quantità del materiale ed i metodi di campionamento sono stati realizzati seguendo criteri etico-scientifici che garantiscono una elevata qualità del materiale prelevato, evitando il depauperamento delle risorse genetiche *in situ* (Guarino *et al.*, 1995). Per la gestione *ex situ* del germoplasma, realizzata presso la Banca del Germoplasma della Sardegna (Mattana *et al.*, 2005), sono state seguite le procedure e i protocolli riconosciuti a livello internazionale e in particolare quelli dell'ISTA (2006), recepiti in Bacchetta *et al.* (2006).

All'ingresso in banca il germoplasma è stato stoccato in un locale a parametri ambientali controllati ( $T < 20^{\circ}\text{C}$  e u.r.  $< 40\%$ ) che ha consentito una lenta e graduale postmaturazione. Raggiunti i requisiti adeguati il materiale è stato pulito con metodi manuali e meccanici, mediante l'utilizzo di setacci ad intermaglia variabile o separatori gravimetrici. Una volta selezionato, il germoplasma è stato stoccato in una camera di deidratazione ( $T 15^{\circ}\text{C}$  e  $15\%$  di u.r.). L'umidità interna dei semi è stata quindi monitorata per valutare il loro grado di deidratazione e il raggiungimento dei parametri ottimali per la conservazione a lungo termine a  $-25^{\circ}\text{C}$  in cella frigorifera (collezione di base). Un campione di semi è stato inoltre conservato ad una temperatura compresa tra  $0$  e  $5^{\circ}\text{C}$  (collezione attiva), per l'esecuzione di studi e test quali le prove di germinazione.

I protocolli di germinazione, per le 6 unità tassonomiche di cui si disponeva di un quantitativo sufficiente di semi, sono stati individuati, mediante l'implementazione di uno schema decisionale (Bacchetta *et al.*, 2006) che prevede una analisi bibliografica preliminare, la consultazione di algoritmi e protocolli di germinazione già sperimentati per unità tassonomiche affini (IBPGR, 1985), l'applicazione di eventuali pretrattamenti (ISTA, *op. cit.*) e l'esecuzione delle prove di germinazione con parametri ambientali variabili. Per tutte le prove eseguite sono stati determinati i seguenti parametri: capacità germinativa, espressa come valore percentuale degli individui germinati, ritardo di germinazione che rappresenta il tempo necessario (in

giorni) per avere la prima germinazione, T50, ovvero tempo necessario per il raggiungimento del 50% della capacità germinativa finale (Côme, 1970), giorno dell'ultima germinazione e durata totale del test.

### Risultati

Complessivamente, al termine delle due annualità del progetto, in Sardegna sono state studiate 26 popolazioni di 16 unità tassonomiche tra quelle maggiormente minacciate di estinzione, presenti all'interno dei SIC selezionati (tab. 1). Per 8 specie sono stati realizzati studi *in situ* finalizzati alla caratterizzazione delle popolazioni anche dal punto di vista ecologico e fitosociologico (tab. 2 e 3); per 4 specie, inoltre, sono stati realizzati monitoraggi periodici del numero di individui.

Per tutte le 16 specie vengono riportate le categorie di protezione individuate in base ai cataloghi di protezione internazionali o proposte in lavori precedenti (tab. 4). Allo stesso tempo si è provveduto alla raccolta, caratterizzazione e testaggio del germoplasma e alla conservazione dello stesso a lungo periodo presso la Banca del Germoplasma della Sardegna.

### Studi in situ

In totale, per 7 delle 8 unità tassonomiche indagate (tab. 1 e tab. 2), sono state caratterizzate tutte le popolazioni conosciute, mentre per *Borago pygmaea* (DC.) Chater & Greuter tutte quelle presenti nella Sardegna centro-meridionale; in totale sono state raccolte informazioni per un totale di 17 popolazioni (tab. 2).

Per ogni singola popolazione studiata, particolare attenzione è stata posta nel rilevare tutte le minacce, in atto o potenziali, che influiscono negativamente sullo stato di conservazione delle popolazioni (tab. 3). Si è potuto osservare così che le principali sono riconducibili alle minacce di natura antropica e tra queste il disturbo causato dalle attività turistiche, l'apertura di nuove strade e alcune attività sportive quali l'arrampicata, risultano essere quelle più impattanti. Altrettanto importanti appaiono le minacce naturali e in particolare i fenomeni quali le alluvioni, i prolungati periodi di aridità o le frane; anche l'alta specificità ecologica e la ridotta dimensione delle popolazioni, aventi generalmente un basso numero di individui riproduttori, determinano il rischio di una ridotta adattabilità ai cambiamenti ambientali.

Tabella 2 - Popolazioni indagate; parametri acquisiti secondo le procedure riportate in Bacchetta *et al.*, 2006.

Taxon	Popolazione		Inclinazione (°)	Esposizione	Litologia	Roccosità (%)	Pietrosità (%)	Coerenza	Drenaggio	Termotipo	Ombrotipo	Tipo di vegetazione	Habitat Natura 2000	Habitat CORINE
<i>Anchusa capellii</i>	Monte Vitoria - Esterzili	Santa Esterzili	0-70	SW	Metamorfiti	0-30	0-40	Insufficiente	Insufficiente/Debole	Supramediterraneo	Subumido	<i>Poetea bulbosae</i>	8130/8210	3.2.1
<i>Anchusa formosa</i>	Monte Lattias - Uta	Uta	5-50	NE-ENE	Graniti	20	60	Insufficiente/Debole	Debole	Mesomediterraneo	Subumido	<i>Poetea bulbosae</i>	61	3.2.1
<i>Astragalus maritimus</i>	Monte Arcosu - Siliqua	Arcosu	20-30	N-NNW	Scisti	30	60	Insufficiente/Debole	Debole	Mesomediterraneo	Umido	<i>Poetea bulbosae</i>	61	3.2.1
<i>Astragalus verrucosus</i>	Lo Spalmatore - Carloforte	Spalmatore	0-30	ENE-SW	Vulcaniti	25	10	Debole	Debole	Termomediterraneo	Secco	<i>Lygeo-Stipetea</i>	5210	3.2
<i>Borago morisiana</i>	Case Arbus - Carloforte	Puxeddu	0-25	E-WNW	Scisti	0	20-90	Sufficiente	Debole	Termomediterraneo	Secco	<i>Lygeo-Stipetea</i>	6220	3.2.1
	Cala Vinagra - Carloforte	Vinagra	5	N-NW	Vulcaniti	20	30	Debole	Insufficiente	Termomediterraneo	Secco	<i>Phragmito-Magnocaricetea</i>	3130	5.1.1
	Tanca di Cuccuru - Laconi	Cuccuru	20-50	WNW-WSW	Calcarei	90	0	Sufficiente	Nulla	Mesotemperato	Umido	<i>Asplenietea trichomanis</i>	7220	5.1.1
<i>Borago pygmaea</i>	Funtanamela - Laconi	Funtanamela	5	NW	Calcarei	0	10	Insufficiente	Debole	Mesomediterraneo	Umido	<i>Phragmito-Magnocaricetea</i>	3130	5.1.1
	Niu Crobu - Sinnai	Crobu	10-55	ENE	Graniti	20	10	Insufficiente	Debole	Mesomediterraneo	Subumido	<i>Phragmito-Magnocaricetea</i>	3130	4.1
	Foresta di Arroli - Seulo	Arroli	10-45°	WSW	Calcarei	2	40	Sufficiente	Buono	Mesomediterraneo	Umido	<i>Phragmito-Magnocaricetea</i>	3130	4.1
	Rio sa Ceraxa - Sinnai	Ceraxa	15	ENE	Metamorfiti	5	20	Sufficiente	Debole	Mesomediterraneo	Subumido	<i>Isoeto-Nanojuncetea</i>	3130	4.1
<i>Centranthus amazonum</i>	Su Thuttureli - Oliena	Thuttureli	30-90	E-W	Calcarei	100	0	Buona	Nulla	Supramediterraneo	Umido	<i>Asplenietea trichomanis</i>	8210	3.3.2
<i>Linaria arcusangeli</i>	Monte Lattias - Uta	Lattias	90	S	Graniti	100	0	Insufficiente	Nulla	Mesomediterraneo	Subumido	<i>Asplenietea trichomanis</i>	8220	3.3.2
	Arco dell'Angelo - Bucei	Angelo	90	WSW-NW	Graniti	90	0	Insufficiente	Nulla	Termomediterraneo	Secco	<i>Asplenietea trichomanis</i>	8220	3.3.2
	Su Scavoni - Siliqua	Scavoni	70-90	ESE-SSE	Scisti	100	0	Sufficiente	Nulla	Mesomediterraneo	Subumido	<i>Asplenietea trichomanis</i>	8220	3.3.2
	Riu Perda Melas - Villa S. Pietro	Perda Melas	90-100	WNW	Scisti	100	0	Nulla	Nulla	Termomediterraneo	Subumido	<i>Asplenietea trichomanis</i>	8220	3.3.2
	Rocca Arricelli - Villasalto	Arricelli	70-100	NNE(N-E)	Graniti	100	0	Buona	Nulla	Mesomediterraneo	Subumido	<i>Asplenietea trichomanis</i>	8220	3.3.2

Tabella 3 - Minacce individuate sulle singole popolazioni (A: minaccia attuale, P: potenziale).

Popolazione	<i>Anchusa capellii</i>	<i>Anchusa formosa</i>	<i>Astragalus maritimus</i>	<i>Astragalus verrucosus</i>	<i>Borago morisiana</i>	<i>Borago pygmaea</i>	<i>Centranthus amazonum</i>	<i>Linaria arcusangeli</i>									
	Monte S. Vittoria - Esterzili	Monte Lattias - Uta	Monte Arcosu - Siliqua	Lo Spalmatore - Cariaforte	Casa Puxeddu - Arbus	Cala Vinagra Carloforte	Tanca di Cucuru - Laconi	Funtanamela - Laconi	Niu Crobu Simai	Foresta di Aroli - Seulo	Rio sa Ceraxa - Simai	Su Thuttureli - Oliena	Monte Lattias - Uta	Arco dell'Angelo - Burcei	Su Scavoni - Siliqua	Rio Perda Melas - Villa S. Pietro	Rocca Arricelli - Villasalto
Nessuna minaccia																	
Minacce potenziali (Incendio)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P					
Minacce potenziali (Alluvioni)		P				P											
Minacce potenziali (Siccità)	P	P	P	A	P	P		P	P	P	P	P					
Minacce potenziali (Frane)			P										A	A	A	A	A
Attività antropiche (Rimboschimenti)	A				P			P	P	P							
Attività antropiche (Collezionismo)												A	A	A			
Attività antropiche (Transformazione d'uso del territorio)				A	A	A		P									A
Attività antropiche (Calpestio)				A		A			A								
Attività antropiche (Abbandono delle colture)					P												
Minacce di natura biotica (Predazione di semi, frutti, fiori e foglie)	A								A			A					
Minacce di natura biotica (Evoluzione naturale della vegetazione)	P	P		A	A	A		P	P	P	P						
Minacce di natura biotica (Debole plasticità ecologica)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Minacce di natura biotica (Basso numero di individui riproduttori)				A		A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A
Urbanizzazione				A	A	P											
Creazione di nuove infrastrutture stradali e/o ferroviarie				A	A	P		P				P					
Sviluppo (Lavori di sistemazione)					A	P		A		A	P			A			P
Modificazione dei corsi d'acqua						A	A	P	P	P							
Minacce indirette (Miglioramento dell'accessibilità ai veicoli)				A	A	P		P			P				P		
Minacce indirette (Miglioramento dell'accessibilità ai terreni vicini)				A	A			P									

Gli studi popolazionali sono stati maggiormente approfonditi per 4 *taxa* endemici, la cui biologia risulta ancora oggi poco indagata. In particolare, i censimenti realizzati sulla popolazione di *Anchusa capellii* Moris (fig. 1) hanno evidenziato che la popolazione risulta costituita da un numero di individui che oscilla tra 500 e 600 unità, distribuiti sulla cima del Monte Santa Vittoria di Esterzili, in una superficie di circa 3,5 ha. Il grafico in fig. 1 mostra un generale equilibrio, nei due censimenti consecutivi, tra il numero di individui morti e quello delle plantule che porta a ipotizzare una generale stabilità della popolazione ed un basso livello di disturbo.

Le due popolazioni conosciute di *A. formosa* Selvi, Bigazzi & Bacch. (Bacchetta *et al.*, 2008a), specie endemica recentemente descritta (Selvi *et al.*, 1997; Selvi & Bigazzi, 1998) ed esclusiva del sottosettore bio-

geografico Sulcitano, sono state censite per due anni consecutivi. La popolazione di Monte Lattias è stata monitorata con cadenza semestrale, consentendo di verificare una generale stabilità relativamente al numero di individui presenti (fig. 2), nonostante nel secondo semestre del 2005 siano stati censiti un elevato numero di individui morti, dato che sembra confermare il fatto che la popolazione sia soggetta a fluttuazioni numeriche legate principalmente a fattori naturali e ambientali, come ipotizzato da Bacchetta *et al.* (2008a).

Per la popolazione di Monte Arcosu (fig. 3) sono stati censiti, sia nel 2004 che nel 2005, circa 1200 individui, dato significativamente superiore rispetto a quanto riportato da Bacchetta *et al.* (2008a); anche in questo caso però, nel censimento del 2005, sono stati rinvenuti numerosi individui morti analogamente a

Tabella 4 - Cataloghi di protezione. Per quanto riguarda la Direttiva Habitat vengono indicati i *taxa* prioritari (P) e non prioritari (NP).

TAXON	Convenzione di Berna	Direttiva Habitat	IUCN 1992 (Conti et al., 1992)	IUCN 1997 (Conti et al., 1997)	IUCN 2000 (Pignatti et al., 2001)	IUCN (Scoppola et Spampinato, 2005)	IUCN proposta (Bacchetta et Pontecorvo, 2005)	IUCN proposta (Bacchetta et al., 2007b)
<i>Anchusa capellii</i>				CR		CR		
<i>Anchusa formosa</i>								CR B1ac(i,ii,iii,iv) + 2ac(i,ii,iii,iv)
<i>Armeria sulcitana</i>				LR		LR	NT	NT
<i>Astragalus maritimus</i>	*	P	VU	LR	CR C	CR		
<i>Astragalus verrucosus</i>	*	P	VU	CR	CR C	CR	CR B1ab(i,ii,iii)	
<i>Borago morisiana</i>				EN		EN		
<i>Borago pygmaea</i>			R	LR		VU		
<i>Brassica insularis</i>	*	NP			EN			
<i>Centranthus amazonum</i>	*	NP	R	LR	CR	LR		
<i>Dianthus mossanus</i>							LC	LC
<i>Digitalis purpurea</i> var. <i>gyspergerae</i>								
<i>Helichrysum montelinasanum</i>			R	LR		LR	VU D2	VU D2
<i>Hypericum hircinum</i> subsp. <i>hircinum</i>								
<i>Linaria arcusangeli</i>			R	VU		VU		
<i>Seseli praecox</i>								
<i>Verbascum plantagineum</i>							NT	NT

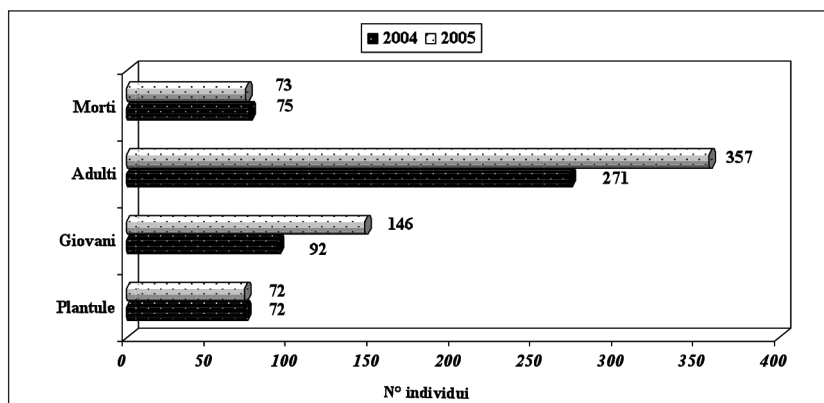


Fig. 1 - Monitoraggio della popolazione di *Anchusa capellii* per il biennio 2004-2005.

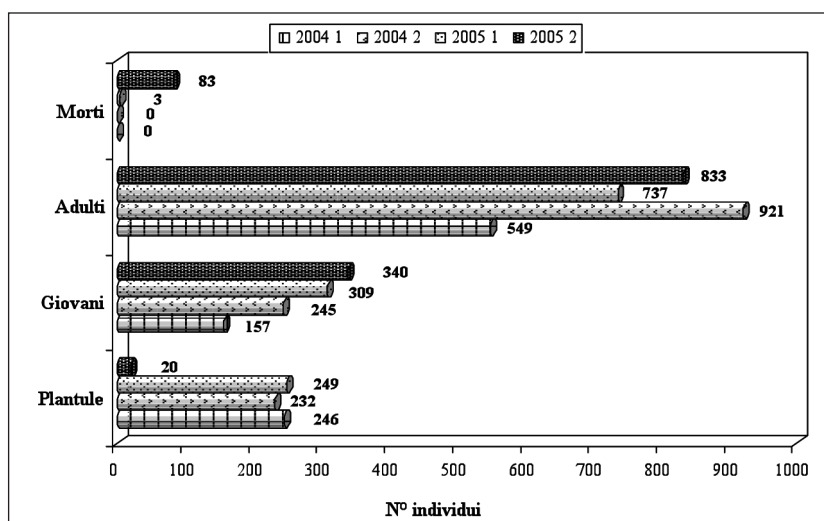


Fig. 2 - Monitoraggio semestrale per la popolazione di *Anchusa formosa* di Monte Latias per il biennio 2004-2005.

quanto registrato per l'altra popolazione della specie. Per tale specie sembrano avere una importanza le modificazioni ambientali determinate da eventi quali le frane e i prolungati periodi siccitosi, attualmente però l'unica minaccia reale constatata si riferisce al basso grado di plasticità ecologica della specie (Tab. 3).

Censimenti annuali sono stati realizzati anche per le due popolazioni conosciute di *Borago morisiana* (fig. 4), specie recentemente descritta da Bigazzi & Ricceri (1992) per l'Isola di San Pietro e successivamente rinvenuta in una piccola popolazione a Laconi nella Sardegna centrale (Bigazzi *et al.*, 2005). La popolazione di Cala Vinagra risulta distribuita su una superficie di circa 5800 m<sup>2</sup> ed era costituita nel 2004 da 126 unità che si sono ridotte a sole 87 nel censimento del 2005. La riduzione più significativa, come si osserva in fig. 4, è stata quella relativa agli individui non riproduttori con le plantule che si sono ridotte da 17 a 5 e i giovani da 48 a 28, mentre risulta meno significativa per quanto riguarda gli individui riproduttori. I censimenti relativi alla stazione di Laconi mostrano una generale stabi-

lità della popolazione con una superficie occupata di circa 70 m<sup>2</sup>, ma anche in questo caso si è osservata una riduzione del numero di individui presenti a carico dei giovani non riproduttori, mentre rimane pressoché stabile il numero di quelli riproduttori.

Un altro *taxon* per il quale sono stati realizzati censimenti popolazionali è *Linaria arcusangeli* (fig. 5), endemismo esclusivo della Sardegna meridionale, del quale sono state monitorate 5 popolazioni. Tutte risultano estremamente ridotte, con un numero totale di individui oscillante tra le 19 unità di Monte Lattias (Uta) e 100 dell'Arco dell'Angelo (Burcei), *locus classicus* della specie, distribuite su superfici variabili da 140 a 2000 m<sup>2</sup>. I dati evidenziano che in due delle popolazioni censite non sono stati rilevati individui giovani (Rocca Arricelli - Villasalto e Su Scavoni - Siliqua). Le principali minacce per questo *taxon* appaiono quelle di natura antropica e sono determinate dalla modificazione degli habitat, specie per le popolazioni del *locus classicus* e del Rio Perda Melas (Tab. 3).

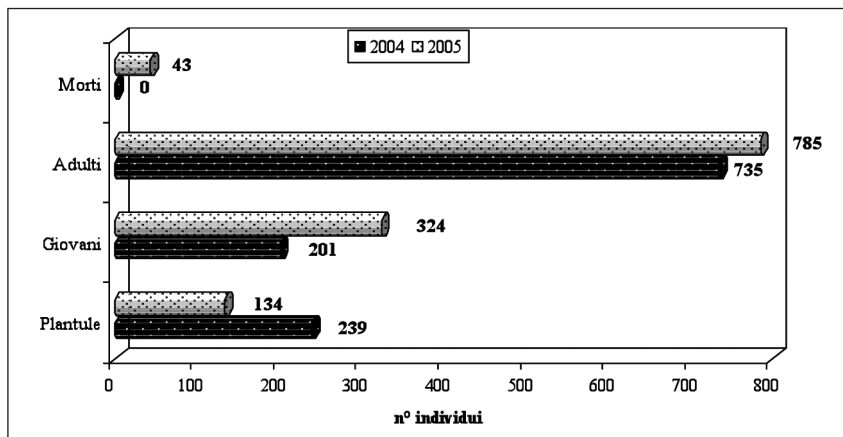


Fig. 3 - Monitoraggio della popolazione di *Anchusa formosa* di Monte Arcosu per il biennio 2004-2005.

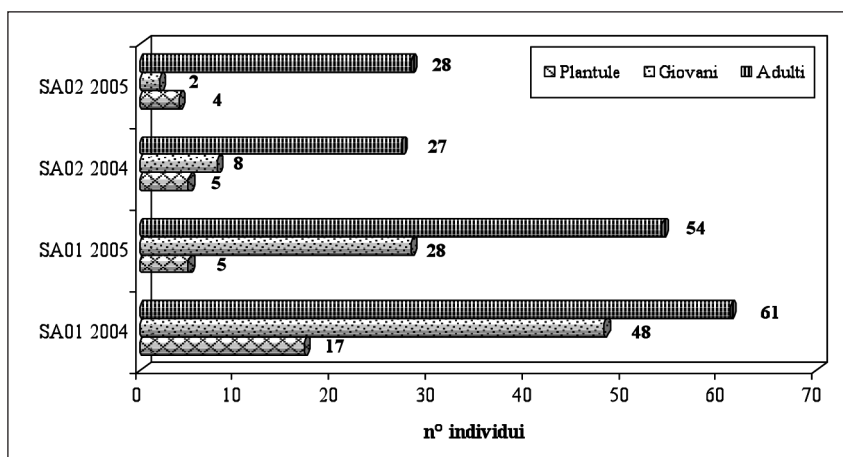


Fig. 4 - Comparazione tra la popolazione di *Borago morisiana* di Carloforte (SA01) e quella di Laconi (SA02) per il biennio 2004-2005.

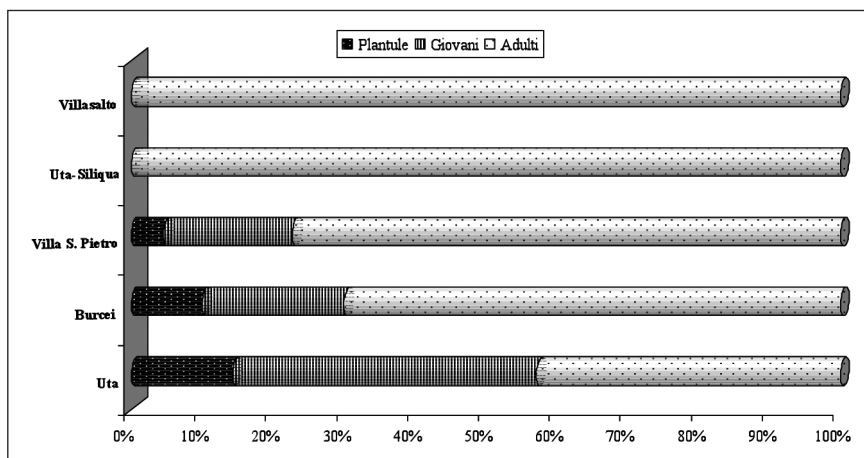


Fig. 5 - Struttura delle popolazioni di *Linaria arcusangeli* conosciute al 2006.

### Studi ex situ

Le attività di raccolta hanno consentito di conservare *ex situ*, presso la Banca del Germoplasma della Sardegna, un totale di 65 accessioni rappresentative di 16 *taxa* (Tab. 1).

Per sei *taxa* sono stati inoltre realizzati dei *duplicata* conservati presso le strutture di altri due partner del progetto al fine di garantire un'effettiva conservazione *ex situ* (Tab. 5).

Il materiale raccolto ha permesso di realizzare studi e analisi sul germoplasma (Tab. 6) di piante endemiche della Sardegna fino ad ora poco o per niente indagate, fornendo dati inediti circa la biologia della riproduzione (Tab. 7).

Di seguito vengono riassunti in maniera schematica i dati relativi alle 6 specie indagate.

### *Astragalus maritimus* Moris

Fenologia: la fioritura va da marzo a maggio e la fruttificazione da maggio fino a luglio.

Raccolta: può essere realizzata a partire dalla seconda metà del mese di giugno, quando i legumi sono maturi e pronti ad aprirsi naturalmente. I frutti si raccolgono principalmente dal suolo, ma possono essere raccolti anche dalla pianta.

Germinazione: l'ostacolo alla germinazione è una inibizione tegumentaria determinata dall'impermeabilità all'acqua dei tegumenti (*sensu* Côme, 1970).

Oltre al protocollo che viene qui presentato (Tab. 7; fig. 6), che ha dato una percentuale di germinazione del  $95,0 \pm 6,6\%$ , si ottengono risultati simili a  $20^{\circ}\text{C}$  con un fotoperiodo di 12/12.

Tabella 5 - Lista dei *duplicata* realizzati presso altre banche del germoplasma aderenti al progetto (JBS = Jardí Botànic de Sóller; DBUC = Dipartimento di Botanica dell'Università di Catania; JBUV = Jardí Botànic Universitat de València; CBNMP = Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles; IJBB = Institut Botànic de Barcelona/Jardí Botànic de Barcelona).

Taxon	Istituzione	Stato	N di lotti	N di semi
<i>Astragalus maritimus</i>	JBS	Spagna	1	430
	DBUC	Italia	1	430
<i>Astragalus verrucosus</i>	JBS	Spagna	1	1.270
	DBUC	Italia	1	1.270
<i>Brassica insularis</i>	JBUV	Spagna	1	1.000
	CBNMP	Francia	1	1.000
<i>Digitalis purpurea var. gyspergerae</i>	CBNMP	Francia	1	20.000
	JBUV	Spagna	1	20.000
<i>Linaria arcusangeli</i>	JBS	Spagna	1	460
	IJBB	Spagna	1	460
<i>Verbascum plantagineum</i>	CBNMP	Francia	1	20.000
	JBUV	Spagna	1	20.000

Tabella 6 - Caratterizzazione del germoplasma.

	<i>Astragalus maritimus</i>	<i>Astragalus verrucosus</i>	<i>Brassica insularis</i>	<i>Linaria arcusangeli</i>	<i>Digitalis purpurea gyspergerae</i>	<i>Verbascum plantagineum</i>
<b>Grandezza (mm x mm)</b>	2,8 x 2,15	3,8 x 3,0	2.42 x 2.06	1.00 x 0.68	2.15 x 1.35	0.083 x 0.67
<b>N° cotiledoni</b>	Dicotiledone	Dicotiledone	Dicotiledone	Dicotiledone	Dicotiledone	Dicotiledone
<b>Contorno</b>	Reniforme	Reniforme	Circolare	Rettangolare	Irregolare	Rettangolare
<b>Sezione</b>	Piana (1:3)	Piana (1:3)	Circolare (1:1)	Compressa (1:2)	Compressa (1:2)	Compressa (1:2)
<b>Colore</b>	Crema	Crema	Nero	Marrone	Nero	Marrone
<b>Strutture esteriori</b>	Nessuna	Nessuna	Nessuna	Nessuna	Nessuna	Nessuna
<b>Ornamentazione</b>	Non determinata	Non determinata	Non determinata	Non determinata	Non determinata	Ruminata
<b>Tipo di seme</b>	Cotilospermico	Cotilospermico	Cotilospermico	Endospermico o albuminoso	Endospermico o albuminoso	Endospermico o albuminoso
<b>Tipo di embrione (Martin, 1946)</b>	Bent	Bent	Folded	Dwarf	Dwarf	Dwarf

Tabella 7 - Protocolli di germinazione elaborati.

Taxon	Pretrattamento	Substrato	Temperatura e fotoperiodo	% di germinazione	Durata totale (giorni)	Ritardo di germinazione (giorni)	T50 (giorni)
<i>A. maritimus</i>	1. Abrasione con carta vetrata 2. Imbibizione per 24h 3. Se dopo le 24h d'imbibizione alcuni semi risultano essere ancora non imbibiti, ripetere la scarificazione.	Capsula Petri con carta da germinazione umidificata	20°C, senza fotoperiodo	95.0 ± 6.6	20	1	3.0
<i>A. verrucosus</i>	1. Abrasione con carta vetrata 2. Imbibizione per 24h 3. Se dopo le 24h d'imbibizione alcuni semi risultano essere ancora non imbibiti, ripetere la scarificazione.	Capsula Petri con carta da germinazione umidificata	20°C, senza fotoperiodo	95.0 ± 5.19	5	2	3.4
<i>B. insularis</i>		Capsula Petri con carta da germinazione umidificata	15°C, senza fotoperiodo	97.0 ± 1.7	5	1	3.7
<i>D. purpurea</i> var. <i>gyspergerae</i>		Capsula Petri con carta da germinazione umidificata	15°C, senza fotoperiodo	89.0 ± 1.7	17	6	6.0
<i>L. arcusangeli</i>		Capsula Petri con carta da germinazione umidificata con una soluzione di 120 ppm di GA <sub>3</sub>	20°C, senza fotoperiodo	93.0 ± 5.2	16	7	9.8
<i>V. plantagineum</i>		Capsula Petri con carta da germinazione umidificata	15°C, senza fotoperiodo	89.0 ± 3.3	19	8	9.3

*Astragalus verrucosus* Moris

Fenologia: la fioritura va dal mese di marzo fino a giugno, mentre la fruttificazione da aprile a luglio.

Raccolta: può essere realizzata dalla prima metà del mese di luglio, quando i legumi sono maturi e pronti ad aprirsi naturalmente. I frutti si raccolgono principalmente dalla pianta, ma possono essere raccolti anche dal suolo.

Germinazione: come per *A. maritimus* anche per questa specie l'ostacolo alla germinazione è determinato da una inibizione tegumentaria dovuta all'impermeabilità all'acqua dei tegumenti. Oltre al protocollo qui presentato (Tab. 7; fig. 6) che raggiunge una percentuale finale di germinazione del  $95,0 \pm 5,19 \%$ , sono stati testati anche  $20^\circ\text{C}$  con fotoperiodo di 12/12, ottenendo risultati comparabili.

*Brassica insularis* Moris

Fenologia: la fioritura della pianta va dal mese di aprile fino a giugno e la sua fruttificazione da giugno a luglio.

Raccolta: le silique, infatti, possono essere raccolte direttamente dalla pianta prima della loro naturale deiscenza durante la seconda metà del mese di luglio. La pulizia dei semi si può facilmente realizzare per selezione manuale, nel caso di lotti di piccole dimensioni, o meccanicamente (separazione per gravitazione) nel caso di grosse quantità di semi da lavorare.

Germinazione: così come quelli di altre specie del genere *Brassica* (Côme, 1992; Flynn *et al.*, 2004), non necessitano di pretrattamenti o di particolari condizioni di termoperiodo o fotoperiodo. I risultati migliori ( $97,0 \pm 1,7 \%$ ) sono stati ottenuti a  $15^\circ\text{C}$  senza fotoperiodo (tab. 7, fig. 6), ma risultati simili si ottengono a  $20^\circ\text{C}$  senza fotoperiodo e con un fotoperiodo di 12/12.

*Digitalis purpurea* L. var. *gyspergerae* (Rouy) Fiori

Fenologia: la fioritura della pianta va dal mese di marzo a quello di giugno e la sua fruttificazione da giugno fino ad agosto.

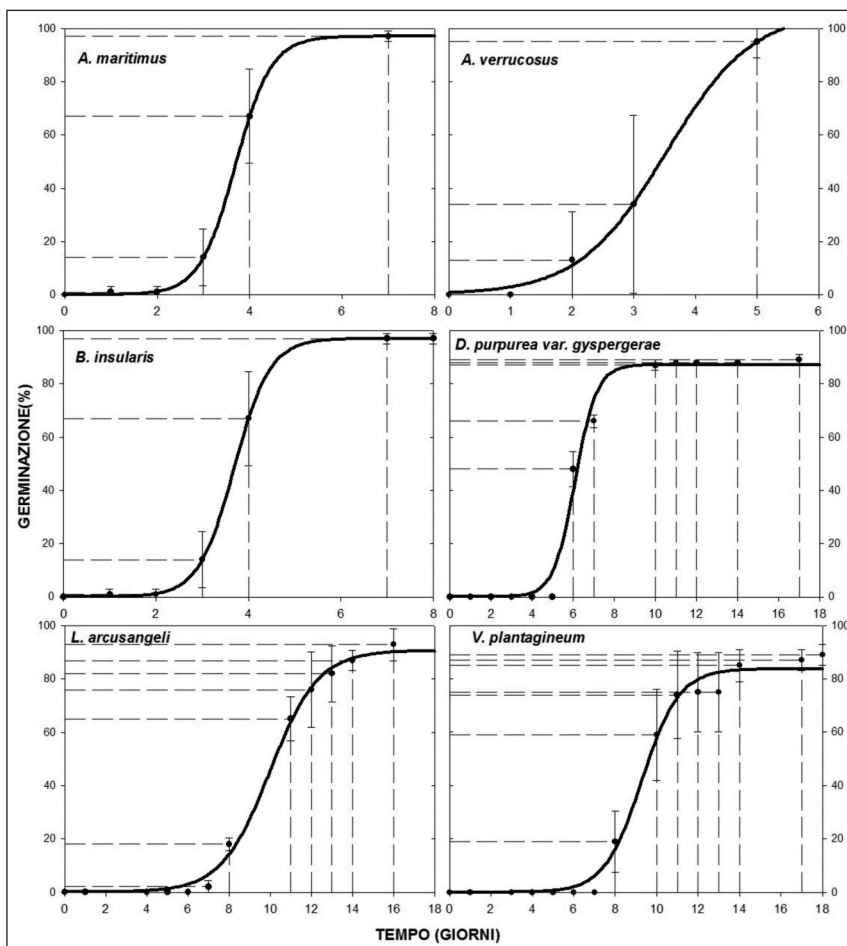


Fig. 6 - Curve di germinazione dei taxa esaminati. I punti rappresentano la media delle percentuali di germinazione osservate ( $\pm$  standard error), la linea continua il modello sigmoideale dell'andamento della germinazione nel tempo. Condizioni di germinazione:  $20^\circ\text{C}$  senza fotoperiodo per *A. maritimus* e *A. verrucosus*;  $15^\circ\text{C}$  senza fotoperiodo per *B. insularis*, *D. purpurea* var. *gyspergerae* e *V. plantagineum*;  $20^\circ\text{C}$  senza fotoperiodo,  $\text{GA}_3$  120 ppm per *L. arcusangeli*.

Raccolta: la produzione di semi è molto elevata; la raccolta può essere effettuata dalla fine del mese di giugno prelevando l'intero scapo florale per evitare di disperdere ingenti quantità di semi; la pulizia in laboratorio può essere facilmente realizzata per selezione mediante l'impiego di setacci.

Germinazione: questi semi non necessitano di alcun pretrattamento o di particolari condizioni di fotoperiodo o termoperiodo (Flynn *et al.*, 2004; IPBGR, 1985); è stata rilevata una preferenza per temperature non estremamente calde (tra 15 e 20°C) e le migliori condizioni di germinazione (89,0 ± 1,7 %), per le popolazioni sarde testate, sono 15°C senza fotoperiodo (tab. 7, fig. 6). La frequenza dei controlli a condizioni ambiente (quindi con esposizione alla luce per brevi periodi) è stata di ogni due giorni. Sono stati realizzati inoltre dei test a 20°C senza fotoperiodo e con un fotoperiodo di 12/12 ottenendo percentuali di germinazione più basse.

#### *Linaria arcusangeli* Atzei & Camarda

Fenologia: la fioritura va dal mese di febbraio fino ad agosto e la sua fruttificazione da maggio a novembre.

Raccolta: la produzione di semi per individuo non è elevata, pertanto è necessario realizzare diverse raccolte per poter disporre di un numero di semi rappresentativo della popolazione. I semi devono essere raccolti prima della loro dispersione naturale che è estremamente scaglionata nel tempo.

Germinazione: l'utilizzo di una soluzione di 120 ppm di GA<sub>3</sub> (93,0 ± 5,2 %) (tab. 7, fig. 6), determina una germinazione più veloce (considerando i valori della prima germinazione e del T50) rispetto alle prove realizzate alle stesse condizioni, ma con sola acqua distillata. La frequenza dei controlli a condizioni ambiente non influisce sui risultati finali del test. È stato testato inoltre l'impiego di una soluzione di KNO<sub>3</sub> (0,20%) e di differenti concentrazioni di GA<sub>3</sub> a differenti condizioni (temperatura alternata di 10/20°C, con e senza fotoperiodo e temperature costanti di 20 e 25°C, con e senza fotoperiodo) (IPBGR, 1985; Mossa & Bacchetta, 1999), ottenendo risultati confrontabili.

#### *Verbascum plantagineum* Moris

Fenologia: la fioritura va dal mese di maggio a quello di giugno, mentre la fruttificazione da giugno a luglio.

Raccolta: la produzione di semi è estremamente elevata; i semi possono essere raccolti a partire dalla fi-

ne del mese di giugno prelevando l'intero scapo florale per evitare di disperdere una elevata quantità di semi in campo; la pulizia in laboratorio può facilmente essere realizzata per selezione mediante l'uso di setacci.

Germinazione: i semi, come quelli di altre specie del genere *Verbascum* (Flynn *et al.*, 2004; IPBGR, 1985), non necessitano di pretrattamenti per germinare (Tab. 7, fig. 6) e raggiungere elevate percentuali di germinazione (89,0 ± 3,3 %). La frequenza dei controlli a condizioni ambiente (quindi con esposizione alla luce per brevi periodi) è stata realizzata ogni due giorni. All'interno di un range di temperature compreso tra 5 e 20°C si è rilevata una preferenza per i 10 e 15°C.

### Discussione e conclusioni

Gli studi realizzati *in situ* nell'ambito del progetto hanno consentito di acquisire una serie di informazioni distributive, ecologiche e popolazionali su *taxa* endemici minacciati o poco conosciuti dal punto di vista biologico riproduttivo (Tab. 2 e 4). Per tali *taxa* è stato possibile aggiornare le conoscenze distributive e acquisire dati in merito alla localizzazione delle popolazioni, alla loro consistenza numerica e alla loro struttura; sono stati inoltre raccolti dati relativi alle principali minacce che insistono sulle diverse popolazioni (Tab. 3). Relativamente ai *taxa* per i quali sono stati realizzati i censimenti annuali vengono, inoltre, forniti i primi dati che indicano una generale criticità per tali specie legata al basso numero di individui presenti, alle ridotte superfici occupate dalle popolazioni e alla presenza di evidenti minacce antropiche e naturali, sia attuali che potenziali. Inoltre vengono evidenziate le variabilità interannuali relativamente alla consistenza delle popolazioni (fig. 1-5) che meritano sicuramente di essere adeguatamente approfondite al fine di identificare e implementare corrette misure di conservazione *in situ*.

Gli studi relativi alle specie endemiche montane del genere *Anchusa* hanno consentito di migliorare le conoscenze dei due *taxa* relativamente allo stato di rischio. Dalle indagini risulta che per *A. formosa* non esistono minacce di natura antropica ma solo legate alla naturale evoluzione dei versanti dove si rinvergono le popolazioni, mentre per *A. capellii* i dati indicano la necessità di attivare misure di conservazione *in situ* volte principalmente a limitare il pascolo sulle vette del Monte Santa Vittoria (Bacchetta *et al.*, 2008a); in considerazione del fatto che tale sito non gode di alcune

misura legale di tutela, presente invece nelle aree in cui si rinvenivano le popolazioni di *A. formosa*, localizzate all'interno della Riserva Naturale di Monte Arcosu e del SIC Foresta di Monte Arcosu (ITB041105), si propone l'istituzione di un'area di protezione per l'unica popolazione di *A. capellii* ad oggi conosciuta.

Gli studi realizzati su *Borago morisiana* confermano l'elevato rischio di estinzione per la specie, già evidenziato da Bigazzi & Ricceri (1992); la popolazione di Carloforte presenta una significativa riduzione nel numero di individui presenti e una costante evoluzione dell'habitat in cui vegeta, legata al naturale dinamismo della vegetazione ripariale nella quale la specie non risulta competitiva. Un discorso a parte va fatto per Laconi dove la popolazione monitorata nel corso del progetto è risultata essere solo una parte della popolazione presente in tali territori; nel corso degli studi *in situ* finalizzati a verificare la presenza della specie in situazioni ecologiche simili, infatti, è stato possibile rinvenire un nuovo popolamento di *B. morisiana* che si estende per diverse migliaia di m<sup>2</sup> e conta un numero di individui stimato nell'ordine delle migliaia. Gli studi finalizzati alla caratterizzazione di questa nuova stazione, che costituisce insieme al nucleo monitorato nel biennio 2004-2005, un'unica popolazione, sono tuttora in corso.

Le indagini realizzate su *Linaria arcusangeli* mostrano che le popolazioni sono sempre costituite da un esiguo numero di individui e spesso isolate tra loro, il che determina una progressiva deriva genetica. Al fine della conservazione *in situ* della specie andrebbero regolamentati sia il prelievo a fini di collezionismo o a fini scientifici, che attualmente rappresentano una dei principali fattori di minaccia, e allo stesso tempo le attività sportive di arrampicata.

*Astragalus maritimus* e *Centranthus amazonum*, specie incluse nella Direttiva Habitat, sono state oggetto di studi più approfonditi che hanno portato all'*assessment* per *C. amazonum* (Bacchetta *et al.*, 2008b) mentre i dati relativi ad *A. maritimus* sono ancora in corso di elaborazione.

Tali informazioni, unitamente alla identificazione puntuale delle principali minacce presenti e potenziali, costituiscono una importante base conoscitiva al fine di intraprendere misure di conservazione *in situ* efficaci e scientificamente corrette. I dati raccolti costi-

tuiscono comunque un primo passo che evidenzia la necessità per tutte le specie indagate di proseguire e approfondire gli studi *in situ* sulla autecologia, la demografia di popolazione e la individuazione delle correlazioni tra minacce presenti e loro interazione con le popolazioni e le modificazioni ambientali.

Gli studi realizzati nell'ambito del progetto hanno consentito una reale conservazione *ex situ* dei *taxa* selezionati attraverso la creazione di collezioni di semi conservate presso banche del germoplasma (tab. 5), anche grazie alla duplicazione dei lotti che garantiscono il mantenimento della diversità genetica delle popolazioni analizzate in caso di guasti o incidenti che possano occorrere alla banca di pertinenza (BG-SAR). Il materiale raccolto ha consentito di caratterizzare i semi di unità tassonomiche endemiche e ad areale di distribuzione puntiforme da un punto di vista morfologico (Mattana *et al.*, 2008), approfondendo la conoscenza tassonomica di specie quali *A. maritimus*, a lungo confuso con *A. verrucosus* e rivalutato nel 1978 (Corrias, 1978; De Marco *et al.*, 1978), *Verbascum plantagineum* descritto da Moris (1858-59) e solo recentemente rivalutato (Bacchetta & Pontecorvo, 2005; Arrigoni, 2006) o di recente descrizione come *Linaria arcusangeli* (Atzei & Camarda, 1984; Mossa & Bacchetta, *op. cit.*).

Gli studi sull'ecofisiologia della germinazione realizzati (Tab. 6, fig. 7), seppur non esaustivi, costituiscono un primo contributo per l'individuazione delle condizioni ottimali di germinazione e i protocolli elaborati rappresentano uno strumento estremamente importante per poter valutare la vitalità nel tempo delle accessioni conservate in banca e per avviare eventuali azioni di moltiplicazione finalizzate a successivi interventi *in situ*.

## Ringraziamenti

Studio cofinanziato dall'Unione Europea attraverso il Programma Interreg IIIB Medocc, Asse 4, Misura 4.1 (2003-03-4.1-E-060). Si ringrazia la Provincia di Cagliari per il cofinanziamento del progetto e per il costante supporto alle attività del Centro Conservazione Biodiversità e della Banca del Germoplasma della Sardegna. Si ringraziano il Prof. P.V. Arrigoni ed il revisore anonimo per le preziose osservazioni e i suggerimenti.

## BIBLIOGRAFIA

- ATZEI A. D. & CAMARDA I., 1984 – *Linaria arcusangeli Atzei et Camarda species nova de l'île de Sardaigne*. *Webbia* 38: 591-599.
- ALBERT M.J., BAÑARES Á., DE LA CRUZ M., DOMÍNGUEZ F., ESCUDERO A., IRIONDO J.M., GARCÍA M.B., GUZMÁN D., MARRERO M., MORENO J.C., SAINZ H., TAPIA F. & TORRES E., 2003 – *Manual de Metodología de Trabajo Corológico y Demográfico. Versión 4.2*. - In: BAÑARES Á., BLANCA G., GÜEMES J., MORENO J.C. & ORTIZ S. (eds.), – *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- ARRIGONI P.V., 2006 – *Taxonomical and chorological contribution to the Sardinian flora*. *Bocconea* 19: 33-48.
- BACCHETTA G. & PONTECORVO C., 2005 – *Contribution to the knowledge of the endemic vascular flora of Iglesiente (SW Sardinia - Italy)*. *Candollea* 60(2): 481-501.
- BACCHETTA G., FENU G., MATTANA E., PIOTTO B. & VIREVAIRE M. (eds.), 2006 – *Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione ex situ del germoplasma*. APAT - Manuali e Linee guida 37: 1-244.
- BACCHETTA G., FENU G., MATTANA E. & ULIAN T., 2007a – *Preliminary results on the conservation of Lamyropsis microcephala (Moris) Dittrich & Greuter (Asteraceae), a threatened endemic species of the Gennargentu massif, Sardinia (Italy)*. *Flora Montib.* 36: 6-15.
- BACCHETTA G., MANDIS G. & PONTECORVO, C., 2007b – *Contribution to the knowledge of the endemic vascular flora of Sulcis (SW Sardinia - Italy)*. *Bocconea*, 21: 155-166.
- BACCHETTA G., COPPI A., PONTECORVO C. & SELVI F., 2008a – *Systematics, phylogenetic relationships and conservation of the taxa of Anchusa (Boraginaceae) endemic to Sardinia (Italy)*. *Systematics & Biodiversity* 6(2): 161-174.
- BACCHETTA G., CONGIU A., FENU G. & MATTANA E., 2008b – *Centranthus amazonum Fridl. et A Raynal*. - In: ROSSI G., GENTILI R., ABELI T., GARGANO D., FOGGI B., RAIMONDO F.M. & BLASI C. (eds.), 2008 – *Flora da Conservare. Iniziativa per l'implementazione in Italia delle categorie e dei criteri IUCN (2001) per la redazione di nuove Liste Rosse*. *Inform. Bot. Ital.* 40: 67-69 (Suppl 1).
- BIGAZZI M. & RICCIERI C., 1992 – *Borago morisiana Bigazzi et Ricceri (Boraginaceae), a new species from Sardinia*. *Webbia* 46: 191-202.
- BIGAZZI M., SELVI F., COPPI A. & BACCHETTA G., 2005 – *Variatione citogeografica ed evoluzione del cariotipo di Borago, con particolare riferimento al subgen. Buglossites (Boraginaceae)*. *Inform. Bot. Ital.* 37 (1, parte A): 14-15.
- BRAUN-BLANQUET J., 1965 – *Plant sociology. The study of plant community*. Hafner Publishing Company, New York and London.
- EUROPEAN COMMISSION, DG ENVIRONMENT, 2003 – *Interpretation Manual of European Union Habitats*. EUR 25.
- EUROPEAN COMMISSION, DG ENVIRONMENT, 2007 – *Interpretation Manual of European Union Habitats*. EUR 27.
- CÔME D., 1970 – *Les obstacles à la germination*. Masson & CIE, Paris.
- CÔME D., 1992 – *Les végétaux et le froid*. Hermann Editeur des sciences et des arts, Paris.
- CONTI F., MANZI A. & PEDROTTI F., 1992 – *Libro rosso delle piante d'Italia*. WWF Italia, Roma.
- CONTI F., MANZI A. & PEDROTTI F., 1997 – *Liste Rosse regionali delle Piante d'Italia*. WWF Italia, Società Botanica Italiana, Camerino.
- CONTI F., ABBATE G., ALESSANDRINI A. & BLASI C. (eds.), 2005 – *An Annotated Checklist of the Italian Vascular Flora*. Palombi Editori, Roma.
- CONTI F., ALESSANDRINI A., BACCHETTA G., BANFI E., BARBERIS G., BARTOLUCCI F., BERNARDO L., BONACQUISTI S., BOUVET D., BOVIO M., BRUSA G., DEL GUACCHIO E., FOGGI B., FRATTINI S., GALASSO G., GALLO L., GANGALE C., GOTTSCHLICH G., GRÜNANGER P., GUBELLINI L., IIRITI G., LUCARINI D., MARCHETTI D., MORALDO B., PERUZZI L., POLDINI L., PROSSER F., RAFFAELLI M., SANTANGELO A., SCASSELLATI E., SCORTEGAGNA S., SELVI F., SOLDANO A., TINTI D., UBALDI D., UZUNOV D. & VIDALI M., 2007 – *Integrazioni alla checklist della flora vascolare italiana*. *Natura Vicentina* 10: 5-74.
- CORRIAS B., 1978 – *Le piante endemiche della Sardegna: 24-28*. *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.* 17: 243-266.
- DE MARCO G., DINELLI A. & MOSSA L., 1978 – *Sull'Astragalus maritimus Moris*. *Annali di Botanica (Roma)* 35-36: 353-364.
- DRURY W.H., 1974 – *Rare species*. *Biol. Conserv.* 6: 162-169.
- FLYNN S., TURNER R. M. & DICKIE J. B., 2004 – *Seed information Database (release 6.0, October 2004)*.
- GARGANO D., FENU G., MEDAGLI P., SCIANDRELLO S. & BERNARDO L., 2007 – *The status of Sarcopoterium spinosum (Rosaceae) at the western periphery of its range: ecological constraints led to conservation concerns*. *Isr. J. Plant Sci.* 55(1): 1-13.
- GRIGGS R.F., 1940 – *The ecology of rare plants*. *Bull. Torrey Bot. Club* 67: 575-594.
- GUARINO L., RAMANANTHA RAO V. & REID R. (eds.), 1995 – *Collecting Plant Genetic Diversity - Technical guidelines*. CABI, Wallingford, Oxon, UK. 1-748.
- IPBGR, 1985 – *Handbook of seed technology for genebanks*, 2. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations Handbooks for genebanks:

- n. 3. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- ISTA, 2006 – *International rules for seed testing*. Edition 2006. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf.
- LAVERGNE S., THOMPSON J.D., GARNIER E. & DEBUSSCHE M., 2004 – *The biology and ecology of narrow endemic and widespread plants: a comparative study of trait variations in 20 congeneric pairs*. *Oikos* 107: 505-518.
- MARTIN A.C., 1946 – *The comparative internal morphology of seeds*. *American Midland Naturalist* 36: 513-660.
- MATTANA E., FENU G. & BACCHETTA G., 2005 – *La Banca del Germoplasma della Sardegna (BG-SAR): uno strumento per la conservazione del germoplasma autoctono sardo*. *Inform. Bot. Ital.* 37(1): 144-145.
- MATTANA E., GRILLO O., VENORA G. & BACCHETTA G., 2008 – *Germplasm image analysis of *Astragalus maritimus* and *A. verrucosus* (subgen. *Trimeniaeus*)*. *Anales Jard. Bot. Madrid* 65(1): 149-155.
- MONTMOLLIN B. DE & STRAHM W. (eds.), 2005. – *The Top 50 Mediterranean Island Plants: Wild plants at the brink of extinction, and what is needed to save them*. IUCN, Gland and Cambridge.
- MORIS G.G., 1858-1859 – *Flora Sardoia* 1-3. Ex Regio Typ., Taurini.
- MOSSA L. & BACCHETTA G., 1999 – *Nuovi dati morfologici, ecologici, distributivi e comportamento fitosociologico di *Linaria arcusangeli* Atzei & Camarda*. *Doc. Phytosoc.* 19: 455-466.
- PIGNATTI S., MENEGONI P., GIACANELLI V. (ed.), 2001 – *Liste rosse e blu della flora italiana*. ANPA, Roma.
- QUILICHINI A. & DEBUSSCHE M., 2000 – *Seed dispersal and germination patterns in a rare Mediterranean island endemic (*Anchusa crispa* Viv., *Boraginaceae*)*. *Acta Oecologica* 21: 303-313.
- QUILICHINI A., 2001 – *Biologie et estimation des menaces pesant sur les populations de l'endémique corso-sarde *Anchusa crispa* Viv. (*Boraginaceae*) en Corse*. *Acta Botanica Gallica* 148: 319-331.
- QUILICHINI A., DEBUSSCHE M. & THOMPSON J.D., 2004 – *Geographic differentiation of morphological traits and isozymes in the Mediterranean island endemic *Anchusa crispa*: implications for the conservation of a protected species*. *Biol. Conserv.* 118: 651-660.
- RABINOWITZ D., 1981 – *Seven forms of rarity*. - In: SYNGE H. (ed.), 1981 – *The ecological aspects of rare plants conservation*: 205-217. John Wiley and Sons Ltd., London.
- RIVAS-MARTÍNEZ S., 2007 – *Mapa de Series, geoserries y geopermaseries de vegetación de España (Memoria del Mapa de Vegetación Potencial de España. Parte I)*. *Itin. Geobot.* 17: 5-435.
- SCOPPOLA A. & SPAMPINATO G. (eds.), 2005 – *Atlante delle specie a rischio di estinzione*. - In: SCOPPOLA A. & BLASI C. (eds.), 2005 – *Stato delle conoscenze sulla flora vascolare d'Italia*. Palombi Editore, Roma.
- SELVI F., BIGAZZI M. & BACCHETTA G., 1997 – **Anchusa formosa* (*Boraginaceae*), a new species from southern Sardinia (Italy)*. *Plant Biosystems* 131(2): 103-111.
- SELVI F. & BIGAZZI M., 1998 – **Anchusa* L. and allied genera (*Boraginaceae*) in Italy*. *Plant Biosystems* 132(2): 113-142.
- SNOGERUP S., 1985 – *The Mediterranean islands*. - In: GOMEZ-CAMPO C. (ed.). – *Plant Conservation in the Mediterranean area*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- STEBBINS G.L.J., 1942 – *The genetic approach to the problems of rare and endemic species*. *Madroño* 6: 241-272.

**Riassunto:** Vengono illustrati i risultati ottenuti nell'ambito del progetto Interreg IIIB "Genmedoc" (2004-2006), relativi agli studi di biologia della conservazione di unità tassonomiche endemiche della Sardegna. Nel corso del progetto sono state indagate 26 popolazioni di 16 unità tassonomiche per le quali si è provveduto alla conservazione *ex situ* a lungo periodo mediante la raccolta, studio e stoccaggio in banca del germoplasma di 65 accessioni. Per 8 unità tassonomiche sono stati condotti studi *in situ* e sono state caratterizzate 17 popolazioni attraverso studi di carattere ecologico. Particolare attenzione è stata posta nel rilevare le minacce, attuali e potenziali, che insistono su tali popolazioni. Per 6 unità tassonomiche sono stati inoltre elaborati protocolli efficaci di germinazione, validati da altri due partner partecipanti al progetto. Tali protocolli consentono, sia di valutare la qualità del lotto conservato e la sua longevità nel tempo, sia di disporre delle condizioni ottimali per un eventuale coltivazione o reintroduzione *in situ* della specie. I risultati ottenuti hanno permesso altresì di implementare, con una metodologia testata e riconosciuta a livello internazionale, uno studio sistematico sulla biologia della conservazione di *taxa* endemici della Sardegna a rischio di estinzione.

